

# Willkommen beim ProAudio College!

Die Messe Frankfurt und der VDT e.V.  
präsentieren das ProAudio College.

Eine Reihe von Vorträgen und Workshops für erfahrene  
Audio-Profis und Einsteiger\*innen.

Der Eintritt ist frei.

**Denken Sie nach dem Vortrag an Ihre Teilnahmebescheinigung.**

**Im Anschluss an die Vorträge würden wir gern ein paar kurze  
Statements von Ihnen erhalten. Vielen Dank dafür!**

BiW/vdt



## Nutzen und künstlerische Perspektiven

Ziele | Raumakustik-Parameter | Grenzen | Verfahren

Nutzen für:

Künstler\*innen | Tonmeister\*innen | Programmplanung | Publikum

**Jörn Nettingsmeier**

freischaffender Meister für  
Veranstaltungstechnik  
Mitglied im VDT-Vorstand

freier Tuning-Tonmeister  
Amadeus Acoustics GmbH

Tuinbouwstraat 180  
1097 ZB Amsterdam  
[nettings@luchtbeweging.nl](mailto:nettings@luchtbeweging.nl)

BiW/vdt

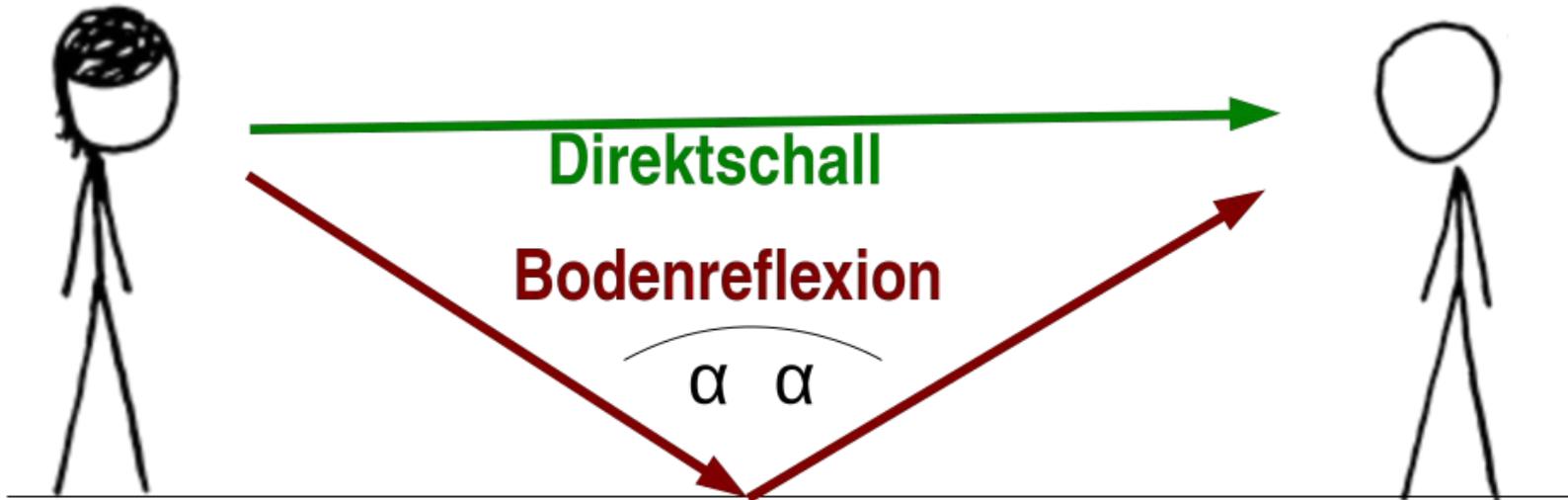


- Nachhallverlängerung
- Anpassung an verschiedene Darbietungen und Situationen
  - jeweils optimaler Raumklang für Sprache, Kammermusik, Sinfonie, Oper, Rock, ...
  - konsistenter Klang trotz variabler Raumgeometrie
- Aufhellung der Klangfarbe
- Hinzufügen von Reflexionen aus gewünschten Richtungen, z.B.
  - mehr Fokus auf die Bühne
  - mehr seitliche Energie
  - klare Rückwand-Antwort für Musiker\*innen
- Korrektur ortsspezifischer Defizite (Balkon, Logen, Graben etc.)

BiW/vdt



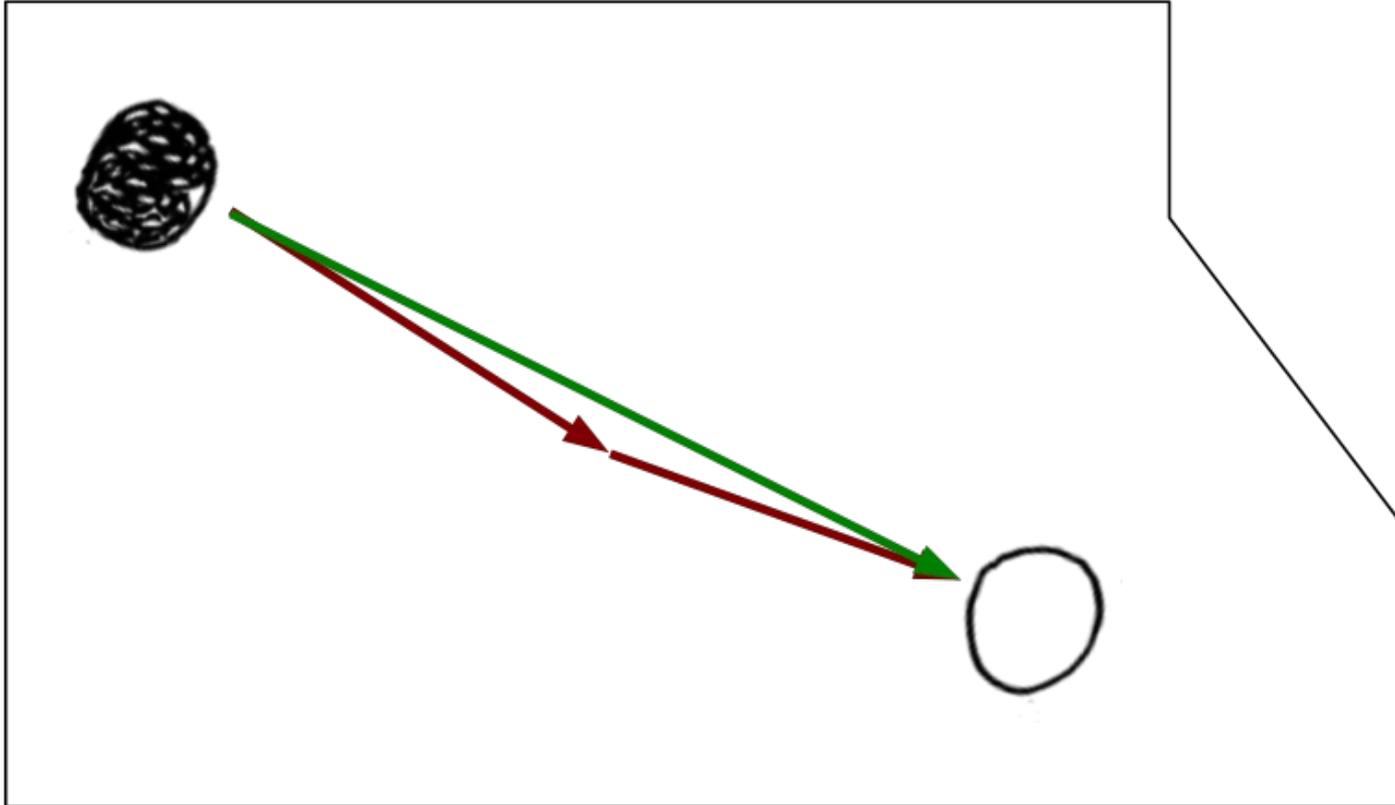
## Exkurs: Hall



BiW/vdt



## Exkurs: Hall

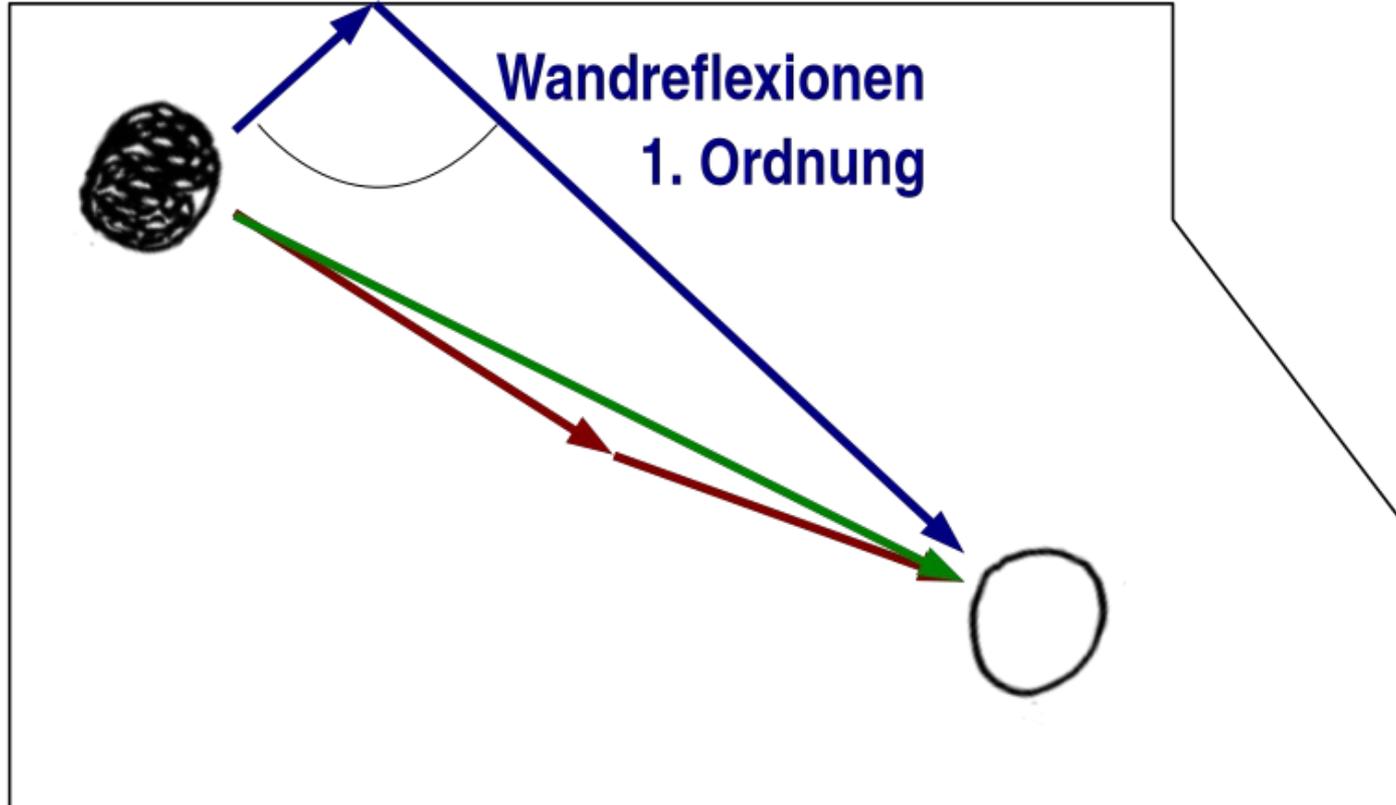


Figuren: xkcd.com

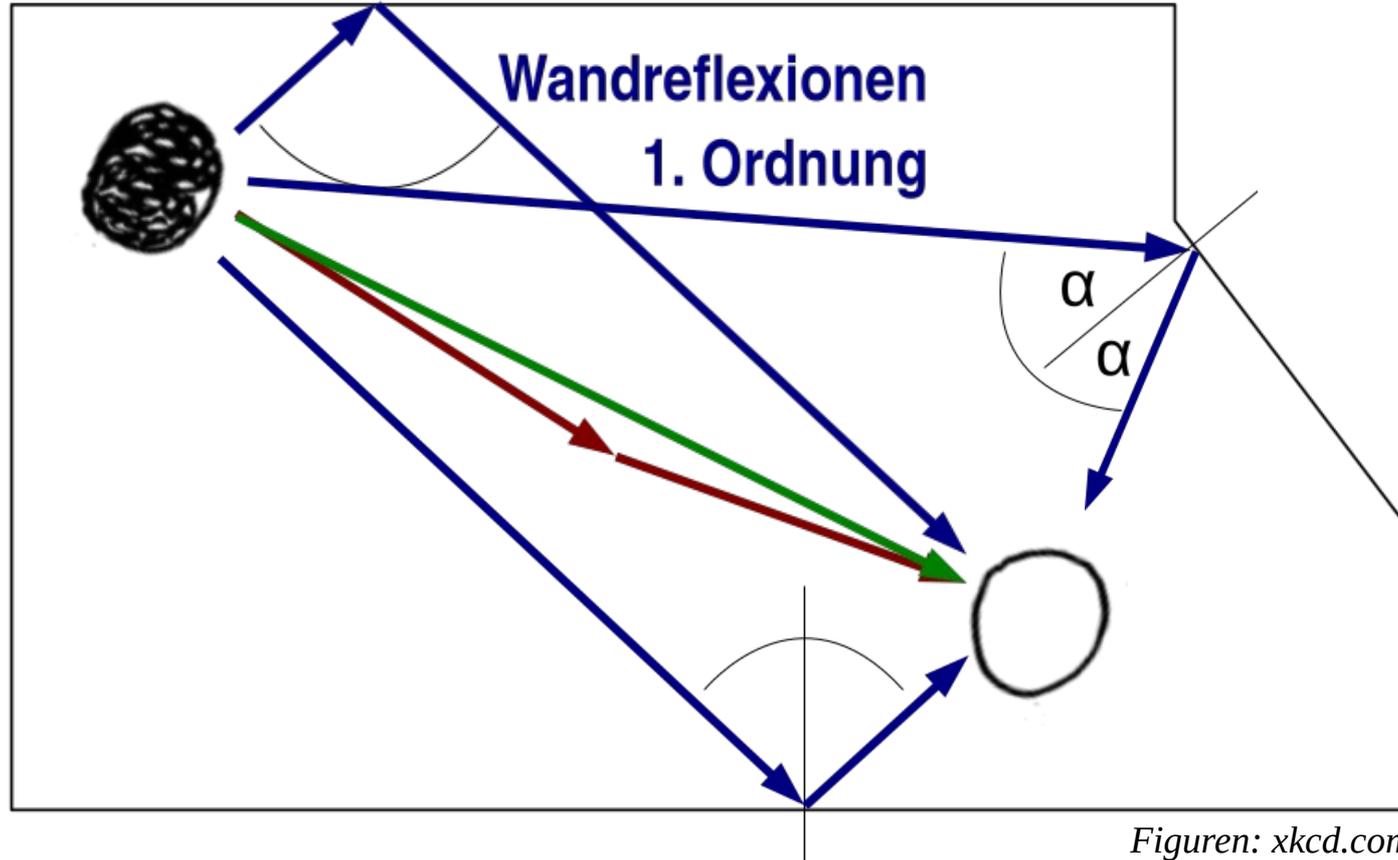
BiW/vdt

**vdt** Verband Deutscher  
Tonmeister e.V.

## Exkurs: Hall



## Exkurs: Hall

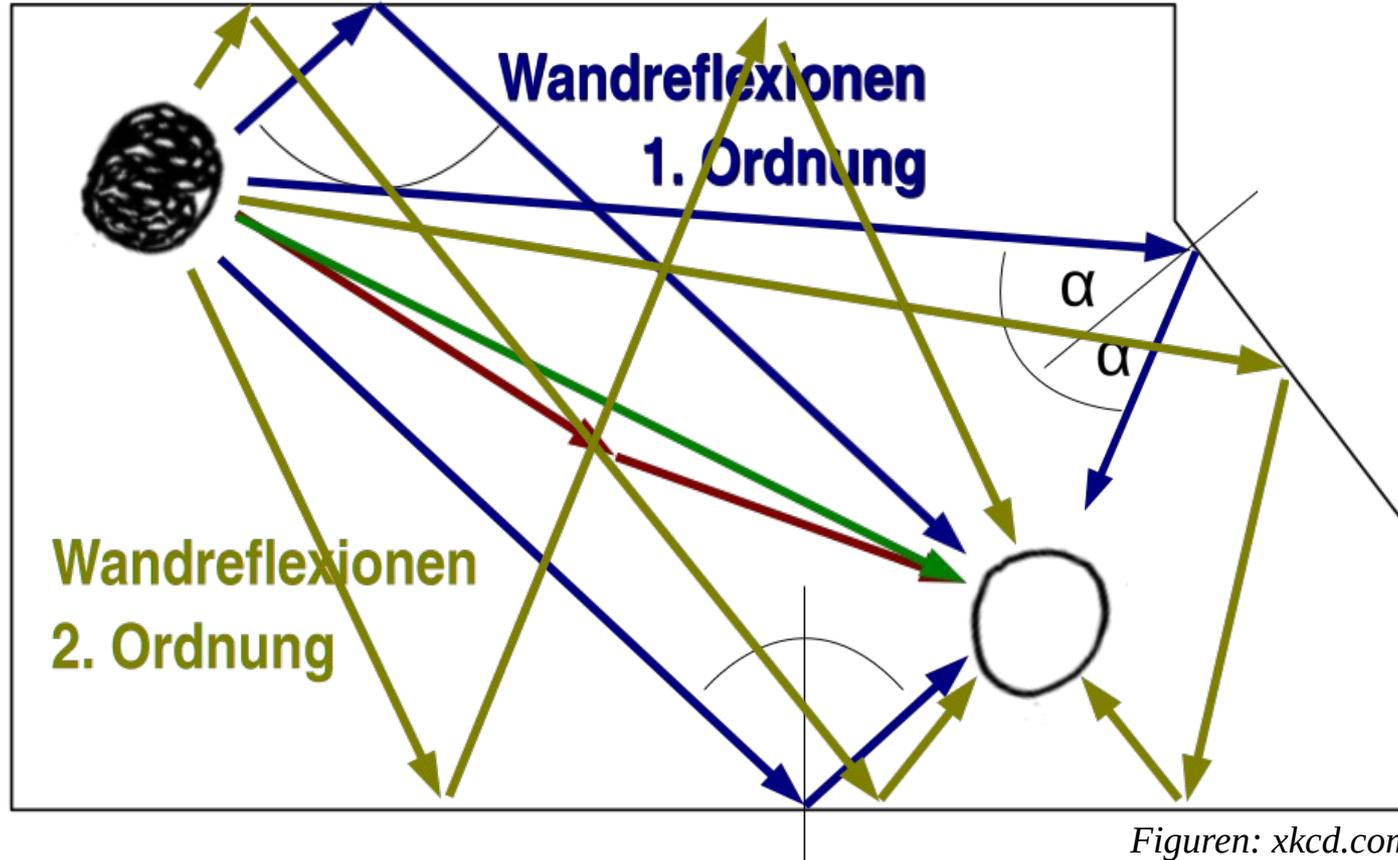


Figuren: xkcd.com

BiW/vdt



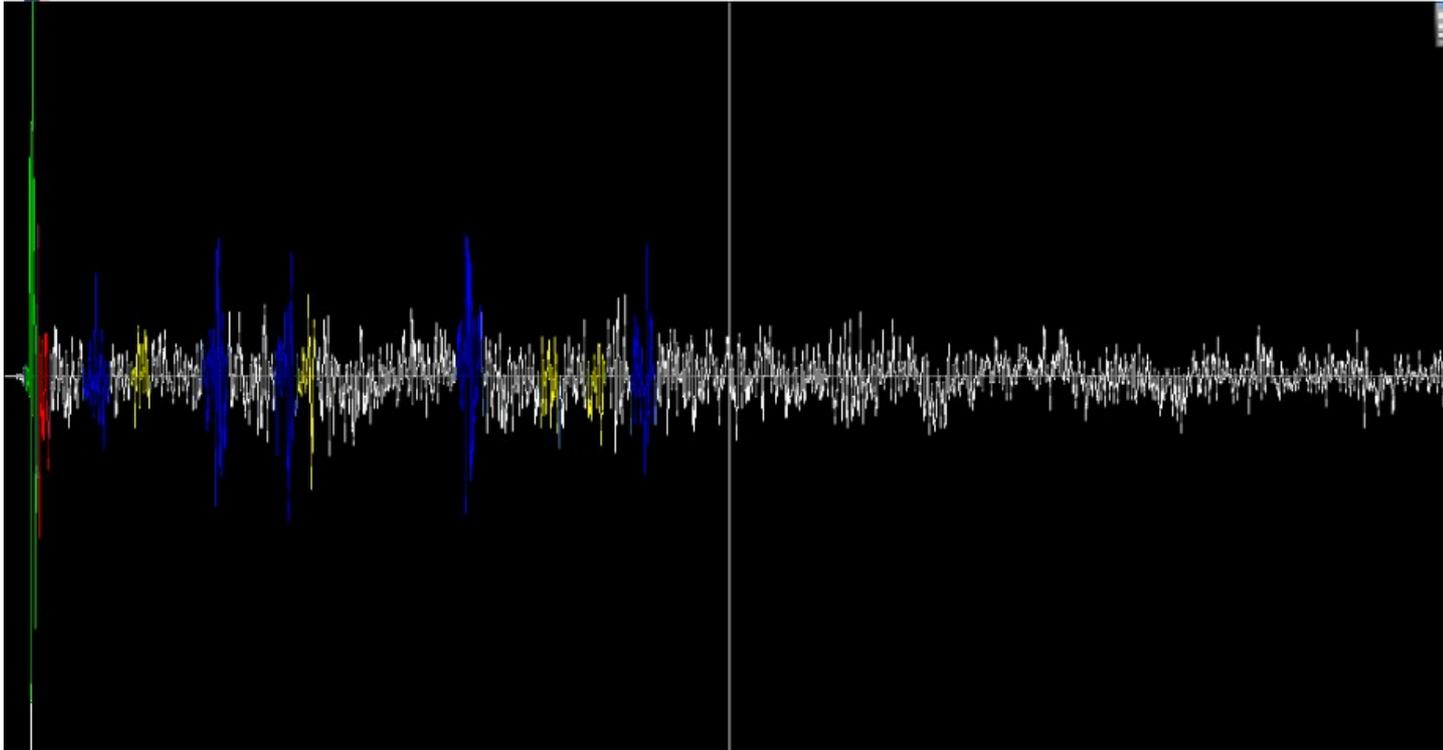
## Exkurs: Hall



BiW/vdt

**vdt** Verband Deutscher  
Tonmeister e.V.

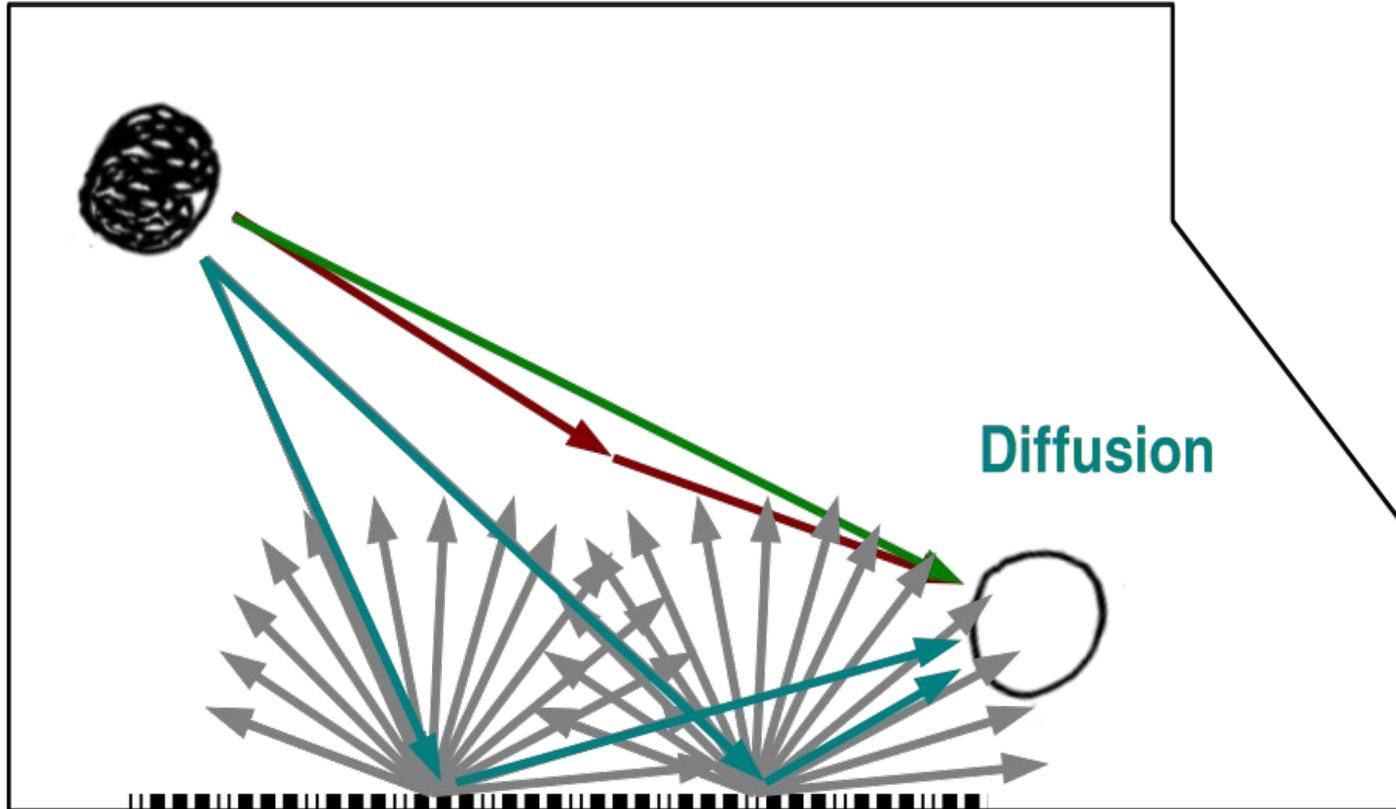
## Exkurs: Hall



BiW/vdt



## Exkurs: Hall

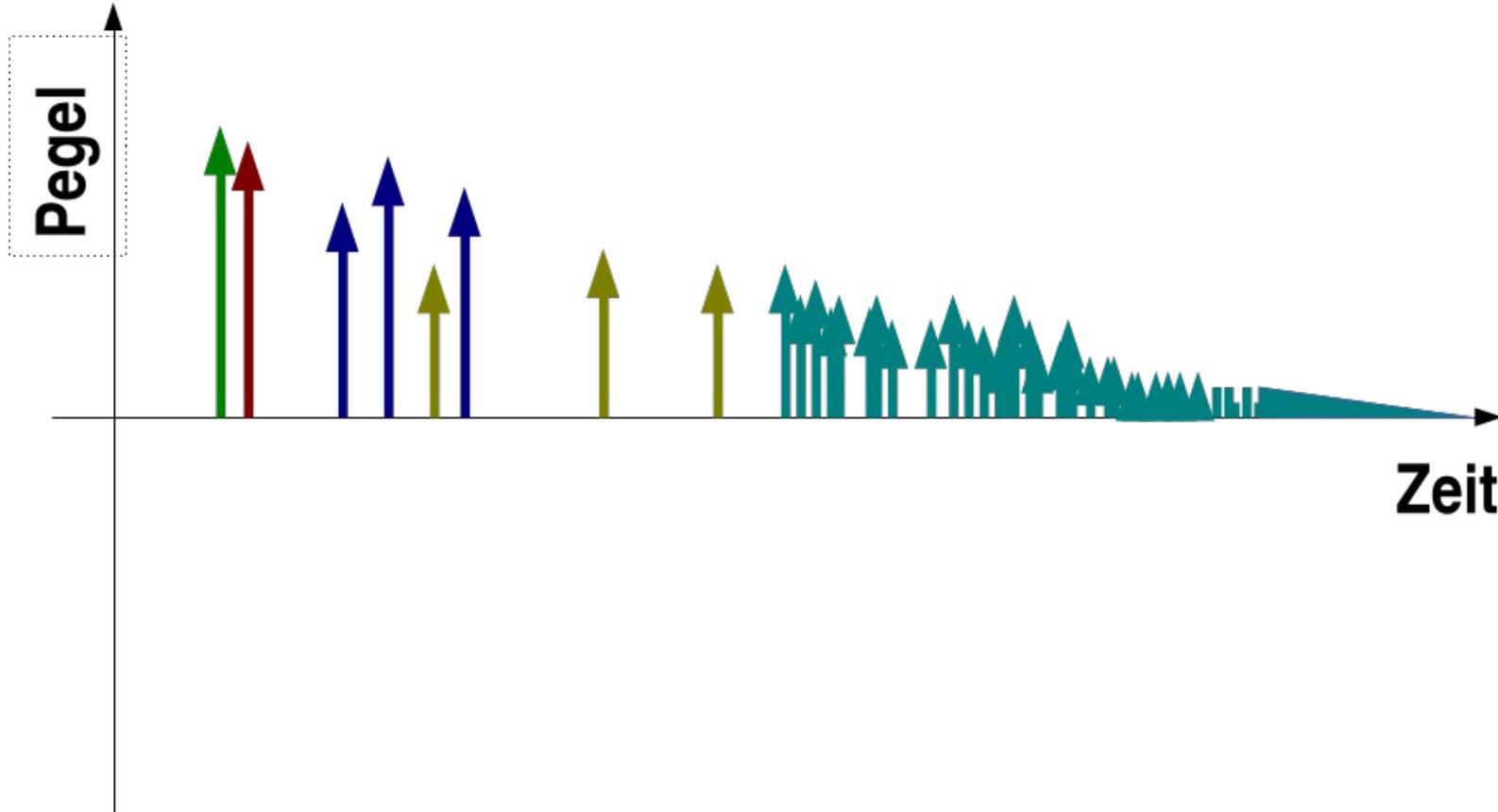


Figuren: xkcd.com

BiW/vdt



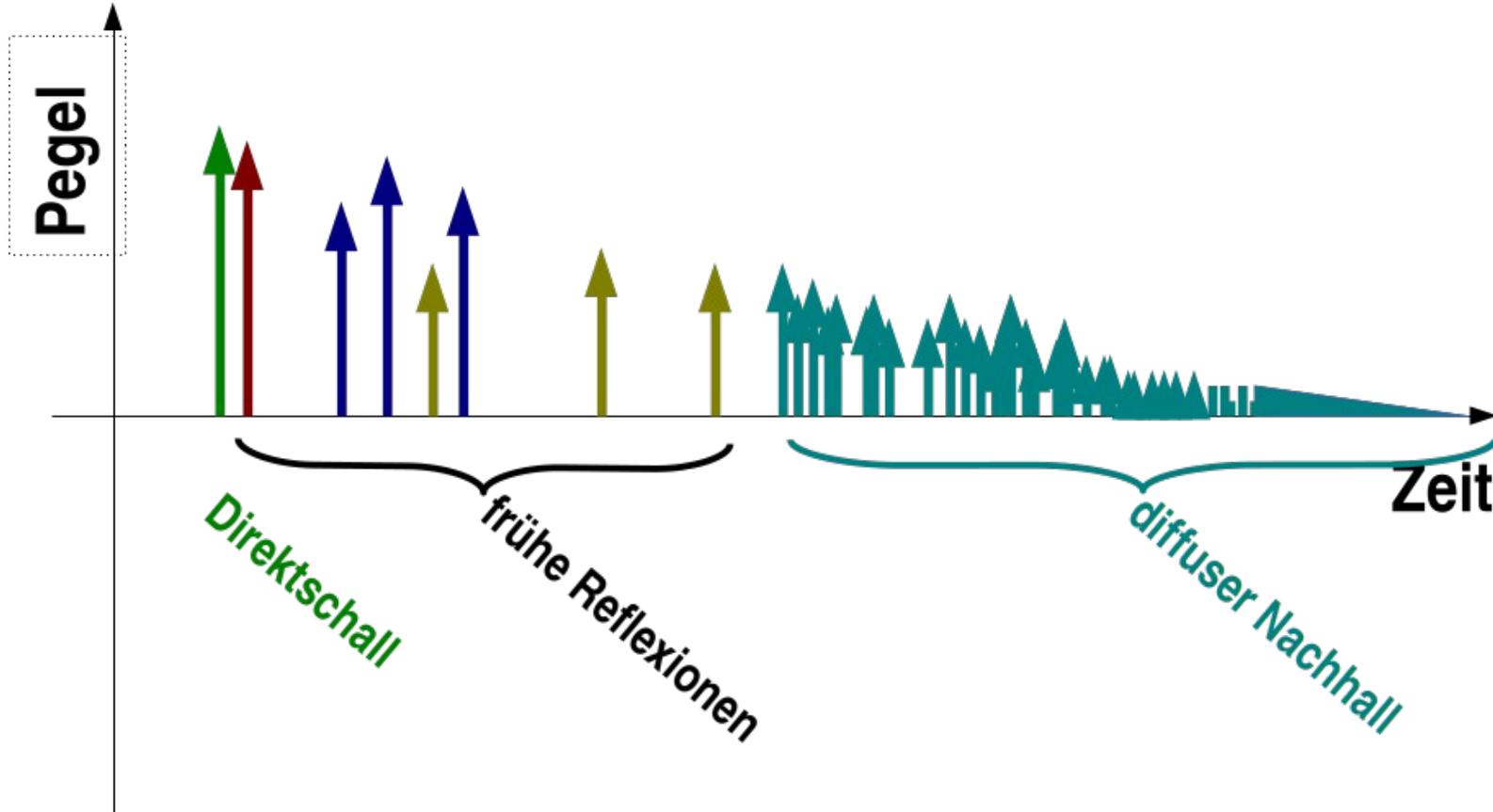
## Exkurs: Hall



BiW/vdt

**vdt** Verband Deutscher  
Tonmeister e.V.

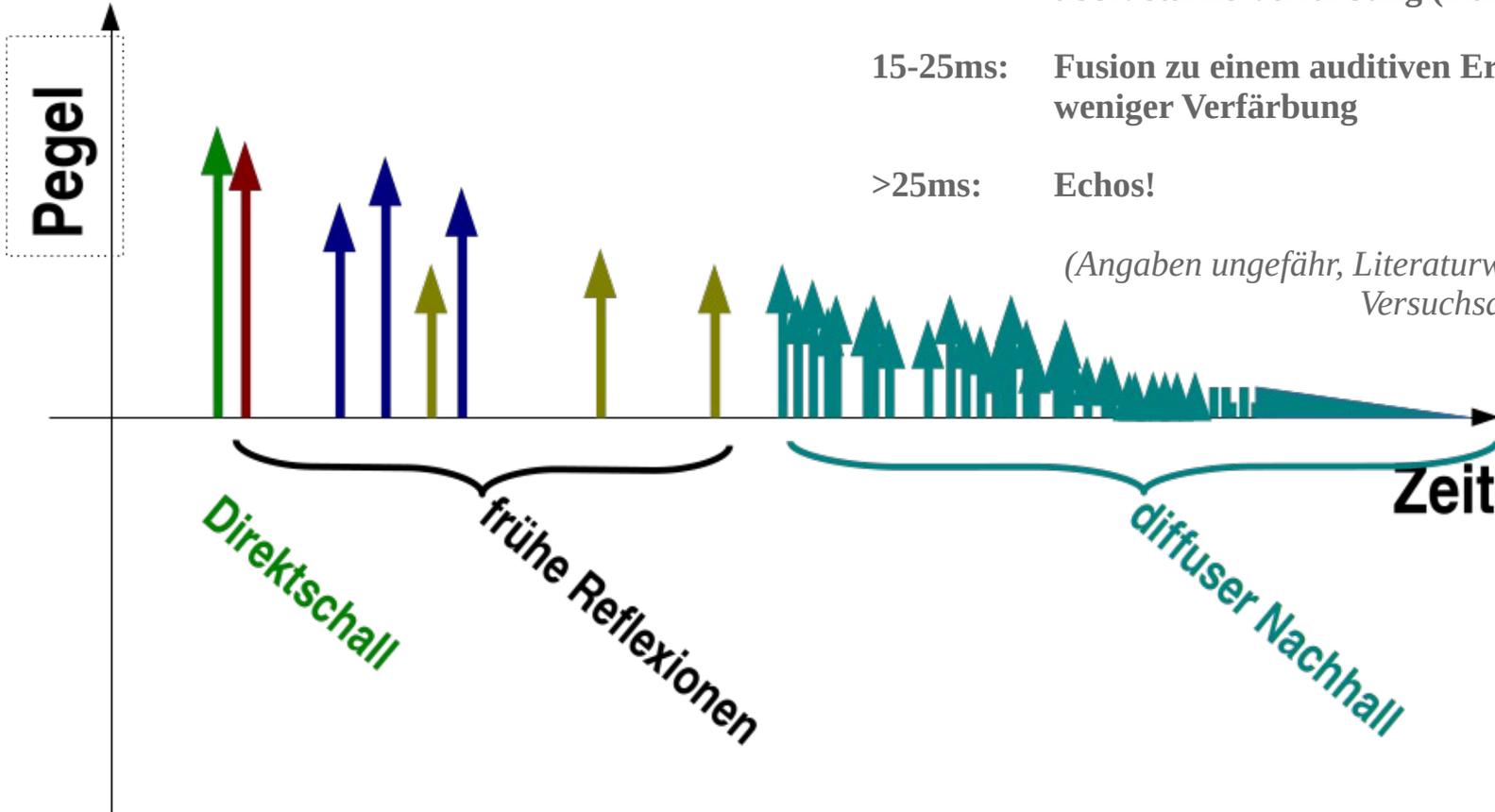
## Exkurs: Hall



BiW/vdt

**vdt** Verband Deutscher  
Tonmeister e.V.

## Exkurs: Hall



0-15ms: Fusion zu einem auditiven Ereignis, Verstärkung, aber: starke Verfärbung (Kammfilter)

15-25ms: Fusion zu einem auditiven Ereignis, Verstärkung, weniger Verfärbung

>25ms: Echos!

*(Angaben ungefähr, Literaturwerte schwanken je nach Versuchsaufbau und Individuum.)*

BiW/vdt

vdt  
Verband Deutscher  
Tonmeister e.V.

Nachhallzeit RT60 [s]

Frühe Abklingzeit (early decay time) EDT [s]

Initial Time Delay Gap ITDG [s]

Schwerpunktzeit TS [s]

Klarheit (clarity) C50/C80 [dB]

Sprachverständlichkeit (speech transmission index) STI [0-1]

Stärkemaß g [dB]

BiW/vdt



**Nachhallzeit RT60 [s]**

Frühe Abklingzeit (early decay time) EDT [s]

Initial Time Delay Gap ITDG [s]

Schwerpunktzeit TS [s]

Klarheit (clarity) C50/C80 [dB]

Sprachverständlichkeit (speech transmission index) STI [0-1]

Stärkemaß g [dB]

BiW/vdt



## Nachhallzeit RT60 [s]

- über das Spektrum! (Klangfarbe)
- mit genauem zeitlichen Verlauf (Verfärbungen, Echos, Klarheit)
- über alle Raumrichtungen (geometrische Struktur des Raums)

BiW/vdt



Nachhallzeit RT60 [s]

Frühe Abklingzeit (early decay time) EDT [s]

Initial Time Delay Gap ITDG [s]

Schwerpunktzeit TS [s]

Klarheit (clarity) C50/C80 [dB]

Sprachverständlichkeit (speech transmission index) STI [0-1]

**Stärkemaß g [dB]**

BiW/vdt



Aktive Systeme können nur **hinzufügen**:

BiW/vdt



Aktive Systeme können nur **hinzufügen**:

- Brillianter machen: kein Problem, Höhen dazu.
- Schärfe herausnehmen: geht nur über zusätzliche Wärme als Gegengewicht.
- Nachhall verlängern: kein Problem.
- Verwaschenen Klang fokussieren: geht nur über zusätzliche Schallenergie von vorn.

Problem: Das **Stärkemaß** steigt, und irgendwann ist der Raum zu laut.

BiW/vdt



Aktive Systeme können nur **hinzufügen**.

Diffusen Hall aktiv breitbandig auszulöschen ist nicht einmal in der Theorie plausibel. Hier ist Erwartungsmanagement gefragt.

In der Praxis werden deshalb oft Absorptionsmaßnahmen begleitend eingesetzt, oder ein Raum wird von Anfang an eher trocken entworfen.

Ausnahme: in günstigen Fällen ist aktives Bekämpfen von einzelnen schmalbandigen Raummoden in kleinen Räumen möglich.

BiW/vdt



Aktive Systeme sind **Feedback-Systeme**.

BiW/vdt



Aktive Systeme sind **Feedback-Systeme**:

Über Mikrofone aufgenommener Schall wird über Lautsprecher wiedergegeben und wirkt zurück auf die Mikrofone.

Es gibt eine Vielzahl unterschiedlich stark gekoppelter Schleifen.

Störende Verfärbungen und einzelne nachschwingende Töne treten bereits deutlich unter der Rückkopplungsgrenze auf.

Erreicht auch nur eine Schleife bei einer bestimmten Frequenz ein Gain von  $> 1$ , kommt es zu einer anschwellenden Rückkopplung.

BiW/vdt



Aktive Systeme sind **Feedback-Systeme**.

Voraussetzungen für ausreichendes Gain before Feedback:

- sehr gute **Linearität** aller Mikrofone, Vorverstärker und Lautsprecher
- sorgfältige und aufwändige **Entzerrung** aller Feedback-Schleifen
- ausreichende **Anzahl** an Mikrofonen und Lautsprechern
- anwendungsgerechte Mikrofon- und Lautsprecher**positionen**
- optimale und flexible **Matrizierung** der Signale
- **Verzerrungsfreiheit** aller Komponenten

BiW/vdt



- Mikrofone dicht an den Quellen.
  - Hallsignal wird algorithmisch oder durch Faltung erzeugt.
  - Lautsprecher wirken in das Publikum und möglichst nicht zurück in die Mikrofone. Wenig bis keine Gefahr von Rückkopplungen.
- + vergleichsweise leicht zu tunen, hohes Gain before Feedback  
+ gute Kontrolle über das Klangergebnis
- keine Berücksichtigung des vorhandenen Raums und seiner Geometrie
  - kann unnatürlich klingen
  - Hall wirkt nur auf Quellen in der mikrofonierten Zone, aber z.B. nicht oder nur schwach auf Publikumsreaktionen – Bruch der Illusion!
  - kein oder nur wenig Hall im unmittelbaren Bereich der Musiker\*innen

BiW/vdt



- Mikrofone außerhalb des Hallradius der Quellen und auch überall im Raum.
  - Die Lautsprecher wirken auf die Mikrofone zurück. Hohe Gefahr von Rückkopplungen.
  - Der Raum erzeugt den Hall, er wird lediglich verstärkt und verlängert.
- 
- + potentiell sehr realistische und plausible Klangfarbe
  - + potentiell sehr realistische und plausible Geometrie
  - + Hall wirkt auch im Bereich der Künstler\*innen
  - + Hall wirkt auf Künstler\*innen und Publikum gleichermaßen
- 
- schwer und aufwändig zu tunen, geringeres Gain before Feedback
  - Abweichungen von der Linearität erzeugen Verfärbungen des Halls

- Mikrofone außerhalb des Hallradius der Quellen und auch überall im Raum, bei Bedarf stark gerichtete Mikrofone auf spezielle hot zones (im Graben, in der Tiefe der Bühne, etc.).
  - Der Hall wird durch eine Kombination von Algorithmus oder Faltung und natürlichen Raumhall erzeugt.
- + potentiell sehr realistische und plausible Klangfarbe  
+ potentiell sehr realistische und plausible Geometrie des Nachhalls  
+ Hall wirkt auch im Bereich der Künstler\*innen  
+ Hall wirkt auf Künstler\*innen und Publikum gleichermaßen
- etwas einfacher zu tunen, höheres Gain before Feedback
  - mehr klangliche Variation und Kontrolle
  - Abweichungen von der Linearität erzeugen Verfärbungen des Halls

- MCR (multiple channel amplification of resonance): feedback, unabhängige Mikrofon-Lautsprecher-Schleifen. Franssen, 1969
- ERES (electronic reflected energy system): inline-Mikrofonierung auf Lautsprechergruppen, zunehmende Tiefpassfilterung mit wachsendem Bühnenabstand, kein diffuser Nachhall, nur Reflexionen. Jaffe, 1977
- AFC (active field control): feedback, Mikrofone werden rotiert um Rückkopplungen zu dämpfen, alle Eingänge potentiell auf alle Ausgänge, FIR-Filterung, im Nachhall variabel. Miyazaki 2003
- ACS (acoustic control system): inline, Reflexionen und Nachhall werden mit FIR-Filtern erzeugt, Wellenfeldsynthese-inspirierte Wiedergabe. Berkhout 1987

nach Kaiser, Fabio: Acoustic Enhancement Systems. Graz 2009

BiW/vdt



- LARES (Lexicon Acoustic Reinforcement and Enhancement System): inline, algorithmische Hall-Prozessoren, Dekorrelation durch Zeitveränderlichkeit. Griesinger, 1991
- VRAS (Variable Room Acoustic System). Feedback, NxN-Matrix-Hall. Poletti 1993. Spätere Ergänzung um Inline-Signalfade (Meyer Sound Constellation).
- SIAP (System for Improved Acoustic Performance). Inline, Dekorrelatoren in Ein- und Ausgängen auf viele unabhängige Signalfade. Prinssen und Holden, 1992
- CARMEN (Contrôle Actif de la Réverbération par Mur virtuel à Effet Naturel): Lautsprecher-Gruppen verhalten sich wie Wände. CSTB, 1996

nach Kaiser, Fabio: Acoustic Enhancement Systems. Graz 2009

BiW/vdt



- Vivace: inline, Hall durch Convolution-Filter. Engel und Walter 2006
- Amadeus ART: hybrid, geometrische Laufzeitberechnung, optionale Zeitinvarianz, Integration von immersivem Audio-Rendering. Kaiser, Werner et al, 2016

BiW/vdt



nach Kaiser, Fabio: Acoustic Enhancement Systems. Graz 2009

- Homogenisierung des Klangs im Graben und auf der Bühne
  - besserer Kontakt von einer Seite zur anderen
  - besserer Kontakt zwischen Bühne und Graben
  - erleichtertes Zusammenspiel
- der Raum “trägt” die Musik besser
  - inspirierender Klang
  - Verringerung der kognitiven Grundlast der Künstler\*innen
  - Überlastungen von Stimm- und Spielapparat werden vermieden
  - Verbesserung des künstlerischen Ergebnisses

BiW/vdt



*Wir haben endlich das “spiel schöner!”-Poti am Mischpult.*

BiW/vdt



# Nutzen für Tonmeister\*innen

---

Die Akustik kann während des Stücks wechseln, um dramatische Vorgänge zu unterstützen.

Das Lautsprechersystem kann zusätzlich für immersives Sound-Design benutzt werden.

BiW/vdt



# Nutzen für die Programmplanung

---

Räume mit variabler Akustik können vielseitiger bespielt werden, was neue Zielgruppen eröffnet.

Räume mit variabler Akustik können eine höhere Auslastung erzielen.

Es muss weniger auf alternative Spielorte ausgewichen werden – Erlebnisse werden stärker mit dem Haus/der Institution assoziiert.

Aktive Akustiksysteme sind mächtige kreative Werkzeuge – sie erleichtern die Anwerbung/Bindung von Künstler\*innen an das Haus.

BiW/vdt



Das Publikum erlebt entspanntere, zufriedenerere Künstler\*innen.

Es kann ein vielseitigeres Programm in verbesserter Qualität geboten werden.

Die Verbesserung wird besonders auch vom Stammpublikum wahrgenommen, das eine solche Entwicklung “ihres” Hauses auch in besonderem Maße zu schätzen weiß.

BiW/vdt



# Lust auf mehr?

# tmt | 33

TONMEISTERTAGUNG | 2 0 2 5

Hat Dir dieses Seminar gefallen?

Möchtest Du noch mehr Austausch mit gleich-  
gesinnten Audio-Profis, und mehr erfahren über  
die Zukunftsthemen unseres Fachs?

12. – 15. November 2025  
Congress Center Düsseldorf

<https://tonmeistertagung.com>



**vdt** Verband Deutscher  
Tonmeister e.V.