

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 2. Delaylines und wie definieren wir die Nulllinie

Das Gesetz der ersten Wellenfront (Haas-Effekt, Präzedenz-Effekt) sagt?:

Wenn zwei Wellenfronten des (nahezu) gleichen Geräuschs das Ohr aus verschiedenen Richtungen erreichen, wird die Richtung, aus der uns die erste Wellenfront erreicht, als Hörereignisort wahrgenommen.

**Einschränkungen:** Die zweite Wellenfront muss zwischen 5 und 30ms später ankommen (über 30ms wird es als Echo/Klappern wahrgenommen, unter 5ms hören wir Kammfiltereffekte) und sie darf nicht mehr als 10dB lauter sein als die erste Wellenfront.

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 2. Delaylines und wie definieren wir die Nulllinie

**Aus diesem Gesetz folgt für den Lautsprechereinsatz:**

Wenn mehr als eine Lautsprecherlinie benötigt wird (z.B. in großen Auditorien), muss man die Zeit berechnen, die die Welle von der **Nulllinie** (Hauptbeschallung/gewünschter Hörereignisort) zur **Aufhollinie** (Delayline) braucht ( $c = 340 \text{ m/s}$ ) und üblicherweise 10-20ms hinzuaddieren (je nach Frequenzgang und Impulsverhalten des Programms).

Dann bekommt man die Anzahl der Millisekunden, um die man die Delayline (digital) verzögern muss.

**Daher, auf jeden Fall: Ihr müsst die Dimensionen eurer Bühne und eures Raumes kennen!**

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 3. Delaylines und die Nulllinie: Rechenbeispiel

Wenn wir ein Geräusch einspielen (keine Livequelle), könnte unsere Nulllinie z.B. das Proszenium (Rahmen in der Nähe der Bühnenvorderkante) sein. Nun wollen wir die Plätze unter dem Rang, sehr weit hinten und mit einer akustisch ungünstigen tief hängenden Decke, beschallungsmäßig besser erreichen.

▶ Durchschnittliche Distanz zwischen Proszenium und den Lautsprechern der Delayline: **22m**

▶  $C = 340\text{m/s}$  →  $\text{Distanz (m)} / 340\text{m/s} = \Delta t \text{ (s)}$

▶  $22\text{m} / 340\text{m/s} = 0,064706\text{s} \rightarrow \approx 65\text{ms}$

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 3. Delaylines und die Nulllinie: Rechenbeispiel

▶  $22\text{m} / 340\text{m/s} = 0,064706\text{s} \rightarrow \approx 65\text{ms}$

▶ Jetzt können wir mit etwa 75ms Verzögerung beginnen und durch Hören die Verzögerungszeit und das Pegelverhältnis zwischen Proszenium und Delayline justieren. Ziel ist, dass die Bühne bzw. das Proszenium als Schallereignisort wahrgenommen wird, ohne dass es in der Nähe der Bühne zu laut oder unter dem Rang zu leise ist.

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

4.1. Ein Schauspieler singt und seine Stimme soll leicht verstärkt werden, aber er soll als Schallquelle wahrnehmbar bleiben. Was ist zu tun? Wo ist die Nulllinie?

► Die Nulllinie ist die Position des Schauspielers, die Lautsprecher müssen verzögert werden, auch, wenn keine horizontale vorne-hinten-Distanz zwischen Schauspieler und Lautsprecher besteht.

Pech, wenn er sich nun während des Spielens vor und zurück bewegt. In diesem Fall muss man eine Kompromiss-Verzögerungszeit finden für alle Positionen, oder, wenn er eine Hauptposition hat, mit Klappern bei fernen und Kammfiltereffekten (wenn die Lautsprecher nahe am Schauspieler sind) bei nahen Positionen leben.

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

4.1. Ein Schauspieler singt und seine Stimme soll leicht verstärkt werden, aber er soll als Schallquelle wahrnehmbar bleiben. Was ist zu tun? Wo ist die Nulllinie?

► Die Nulllinie ist die Position des Schauspielers, die Lautsprecher müssen verzögert werden, auch, wenn keine horizontale vorne-hinten-Distanz zwischen Schauspieler und Lautsprecher besteht.

Außerdem: Für welche Hörposition in diesem Beispiel rechnen wir denn? Und was ist mit den anderen Zuschauenden?

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

4.2. Eine Zuspielung soll als von der Bühnenrückwand kommend wahrgenommen werden, aber sie klingt zu dumpf, nicht klar genug, wenn sie nur auf die dort positionierten Lautsprecher geroutet wird. Es klingt auch zu laut und wummernd auf der Bühne, so dass sich die Darsteller beschweren.

- ▶ Die Lautsprecher an der Bühnenrückwand müssen als Nulllinie genommen, die Hauptbeschallung an der Bühnenfront muss verzögert werden.

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

► Nun kann der Pegel der Rückwandlautsprecher um bis zu 10dB abgesenkt werden gegenüber dem Pegel der Hauptbeschallung.

Achtung! Dabei muss natürlich der Schalldruckverlust über die Distanz zwischen Bühnenhinterwand und Bühnenvorderkante eingerechnet werden!

Sinnvoll wäre auch, die Rückwandlautsprecher so zu filtern, dass sie die Wummerfrequenzen nicht mehr wiedergeben. **Für die Richtungswahrnehmung werden tiefe Frequenzen nicht benötigt.**

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

4.3. Tanz mit zugespielter Musik. Das Publikum soll die Musik als von der Hauptbeschallung kommend wahrnehmen, die Tänzer brauchen Monitoring auf der Bühne.

► Die Front-PA wird normalerweise als Nulllinie gewählt, die Monitorlautsprecher für die Tänzer müssen verzögert werden, sofern sie nah an der Haupt-PA sind und vom Publikum aus gut zu hören.

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

4.3. Tanz mit zugespielter Musik. Das Publikum soll die Musik als von der Hauptbeschallung kommend wahrnehmen, die Tänzer brauchen Monitoring auf der Bühne.

Problem: Wenn das Bühnenbild reflektierende Oberflächen enthält und die Tänzer hohe Schalldruckpegel benötigen, kann es passieren, dass Reflexionen von den Monitorlautsprechern zum Publikum gelangen. Dadurch kann sich die Schallrichtungswahrnehmung verschieben bzw. es kann zu Klapperechos kommen.

In diesem Fall müssten wir die Monitorlautsprecher als Nulllinie nehmen. In manchen Fällen wären sogar die reflektierenden Flächen die korrekte Nulllinie. – Sagt mir, wenn ihr wisst, wie man das macht. Vielleicht können die Herren Hawking oder Wells helfen...

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

4.3. Tanz mit Livemusik. Eine Band spielt auf einem Steg, 5m hoch über der Bühnenmitte (VergissMeinNicht, Modern Dance mit Flamenco Fusion Band, 2007). Wie viele Zeitlinien liegen vor?

1. Front-PA

2. Bandmonitore

3. Monitore für die Tänzer von den Bühnenseiten

4. Monitore für die Tänzer an der Bühnenvorderkante, zur Bühnenrückseite gerichtet

5. Reflexionen von der Bühnenrückwand

→ *Was ist die korrekte Nulllinie?*

**Jede gewählte Nulllinie ist falsch!**

# BESCHALLUNG 2

## 7. Lautsprechereinsatz im Theater

### 4. Beispiele aus dem Theateralltag

Problem: Die Band forderte sehr hohe Monitorpegel. Daher hatten wir Musik direkt von den Monitoren, die hörbar beim Publikum ankam, Reflexionen von diesen Monitoren und Reflexionen von den Bodenmonitoren der Tänzer; dies alles zusammen vermischt mit der Front-PA.

Wir konnten den Pegel der Front-PA nicht mehr erhöhen, da wir bei höheren Pegeln Feedbacks bei etwa 100Hz bekamen zwischen dem Gitarrenmikrofon und den Center-Lautsprechern der Front-PA bzw. auch den in der Nähe hängenden Subs. Durch die Position der Band auf einem Steg waren diese Lautsprecher viel näher an der Band als bei normalen Beschallungssituationen.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Während wir im Theater ein sound-design oder Musik im Studio produzieren, sollten wir uns klar machen, dass wir normalerweise nur für einen bestimmten, meist bekannten Raum produzieren (wenn wir nicht für eine Tourproduktion arbeiten).

► Wenn wir fürs Kino arbeiten, könnten wir uns auf Standards wie THX, Atmos etc. verlassen (sollten wir aber nicht, denn kaum ein Kino lässt seine Verstärker in der abgenommenen Einstellung, wenn der Prüfer weg ist, von x-curve ganz zu schweigen).

► Wenn wir für CD/BD/Radio/Download/Streaming arbeiten, können wir uns auf buchstäblich gar nichts verlassen. Daher machen wir es eben so, dass es gut in unserem Studio klingt (wenn unser Raum und unsere Lautsprecher uns die Wahrheit hören lassen).

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

► Wenn wir für unseren Theaterraum arbeiten, haben wir einen definierten, bekannten Raum, der sich jedoch stark von unserem Produktionsstudio unterscheidet.

Und wie definiert und bekannt unser Theaterraum tatsächlich ist, hängt möglicherweise auch stark vom Bühnenbild ab!

Im Fall eigentlich sämtlicher Bühnen am Staatstheater Darmstadt, wie eigentlich bei den meisten Bühnen überhaupt, führt das Größenverhältnis von Zuschauerraum zu Bühnenraum dazu, dass das Bühnenbild den Raumklang ganz erheblich beeinflussen kann.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Während wir im Produktionsstudio arbeiten, wissen wir, dass wir für einen bestimmten Raum arbeiten. Aber diesen bestimmten Raum hören wir nicht, während wir im Produktionsstudio sind.

2 mögliche Lösungsansätze:

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

#### 2 mögliche Lösungsansätze:

##### ► 1. Arbeiten im Zuschauerraum

Man könnte das sound-design/Musikmischungen im Zuschauerraum machen, mit komplett eingerichtetem Bühnenbild. Mit den heutigen Notebook-DAWs sollte das technisch absolut möglich sein.

- Tolle Idee, wenn ihr und eure Kollegen gerne zwischen 23 und 7 Uhr arbeitet. Und auch die Bühnentechniker da mitmachen, die die ganzen Umbauten realisieren müssen, die ja auch Einfluss auf den Klang haben.

-> In einem großen Repertoiretheater werdet ihr niemals genug Zeit auf der Bühne ohne Lärm bekommen, um so zu arbeiten.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

#### 2 mögliche Lösungsansätze:

#### ► 2. Faltungen:

Solange wir im Studio arbeiten, ist das Wichtigste, die unterschiedlichen Hallrealitäten im Hinterkopf zu haben.

In Darmstadt haben beide Studio-Regieräume ca. 0,2s RT60 (1kHz), das Kleine Haus ( vor der laufenden Sanierung) je nach Bühne 1,2 – 1,6s mit bösen Resonanzen um 280Hz, das Große Haus noch länger und z.T. noch komplexer.

Daher könnte es ja durchaus überlegenswert sein, ob man nicht mit einem Faltungshall auf Basis der realen Zuschauerraumverhältnisse arbeitet, den man z.B in den Abhörbus des Studios insertiert.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Einige Gedanken über die Nutzung von Faltungen

► Die meisten Faltungsplugins arbeiten nur in Stereo (oder Mono). Obwohl es nach und nach auch Mehrkanalversionen gibt, sind diese meines Wissens beschränkt auf die verschiedenen Standard-Filmsound-Mehrkanalformate.

Im Theater findet man üblicherweise 3 Kanalformate für sound-design.

**Mono** (häufig bei on-sounds),

**Stereo** (immer noch sehr verbreitet) und

**n.n Mehrkanal**, wobei das zweite n (für subwoofer-Kanäle) meist 1 bleibt, das erste n jedoch irgendwo zwischen 3 und 32 oder mehr liegt, und das in 3 Dimensionen!

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Einige Gedanken über die Nutzung von Faltungen

► Auch Monoquellen werden oft auf 2 oder mehr Lautsprecher geroutet.

Und in den meisten Theatern hat man viele verschiedene Lautsprechermodelle für verschiedene Zwecke.

Mit viel Glück haben wir nur verschiedene Modelle eines Herstellers. In den meisten Fällen haben wir viele verschiedene Modelle vieler verschiedener Hersteller, manche niederohmig, manche in 100V-Technik, einige selbstgebaut, aus mindestens 3 Jahrzehnten, zwischen 3" Breitband bis hin zu 4-Weg-18"-bis-1".

Die müssten wir erst mal alle falten!

Und zwar in jeder Kombination!

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Einige Gedanken über die Nutzung von Faltungen

- Das größte Problem bei der Nutzung von Faltungen unseres Zuschauerraumes jedoch ist:  
Um die Impulsantwort unseres Raumes aufzuzeichnen, müssen wir dort das komplette Bühnenbild für die Produktion stehen haben, für die wir arbeiten wollen; inklusive:
- aller Abstände unserer Lautsprecher zueinander
  - aller Oberflächenreflexionen unseres Bühnenbildes
  - aller Einflüsse von szenischen Umbauten
- Also – Faltungen können ein bisschen helfen, aber Erfahrung und akustische Vorstellungskraft müssen damit einhergehen.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Einige Gedanken über die Nutzung von Faltungen

► Wenn wir verlässlich mit Faltungen arbeiten wollen, müssen wir theoretisch Impulsantworten von allen unseren Lautsprechern an allen denkbaren Positionen im realen Bühnenbild aufnehmen. Und diese dann auch jeweils passend in den Masterbus insertieren.

Dies ist möglich.

Eher theoretisch.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Einige Gedanken über die Nutzung von Faltungen

Tatsächlich hilft es aber schon sehr viel, einige Standard-setups zu finden, die immer wieder kommen. Hier zählt vor allem die Erfahrung mit vielen Produktionen mit ganz verschiedenen Bühnenbildern und Tonanforderungen.

Versucht, irgendwann einmal ein paar Stunden ohne Lärm auf der Bühne zu bekommen (ohne Lärm ist das Schwierigste) und nehmt eure Standard-Impulsantworten auf.

Damit solltet ihr für Jahre vieles abdecken können.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 1. Klangverstärkung in einem gegebenen Raum

Einige Gedanken über die Nutzung von Faltungen

► Seit dem Tag, an dem ich erstmals Musik im Studio gemischt habe, die als Halbplayback auf der Bühne eingespielt werden sollte, und beim Mischen die Faltungen insertiert hatte, benutze ich bei der Mischung von Musik und Playbacks nahezu überhaupt keinen Hall mehr!

Frage zum Abschluss des Themas: Wissen alle hier, wie man Impulsantworten produziert und sie in Faltungen konvertiert?

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 2. Punktschallquellen

Wenn es um on-sounds geht, egal, ob vorproduzierte Einspielungen oder mikrofoniert, sollten wir fast in allen Fällen versuchen, für das gesamte Publikum eine Punktschallquelle hinzubekommen, angepasst an die Szene.

Hier ist mit „Punktschallquelle“ zunächst nicht eine Lautsprecherbauweise gemeint, sondern das subjektive Ergebnis: Ich nehme einen Punkt im Raum als die Schallquelle wahr. Daher wähle ich zur Abgrenzung gern für die Lautsprecherbauweise den Begriff „point source“.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 2. Punktschallquellen

► Problem: Wo der Darsteller steht, kann normalerweise kein Lautsprecher sein.

Wir sind nicht im Kino, wo es einen Center-Lautsprecher hinter der Leinwand gibt; wo der Center-Lautsprecher sein sollte, ist die Bühne!

Und auch dort ist alles zugebaut: Die meisten Bühnenbildner sehen ihre Bühne eher als Skulptur, die eigentlich in einem Museum ausgestellt sein sollte, anstatt bespielt zu werden.

Daher werden die meisten nicht zulassen, dass wir einen hässlichen, funktionalen Lautsprecher in ihre Oberflächen bauen. Manchmal kann man einen Lautsprecher hinter bemaltem Stoff verbergen. Meist nicht.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 2. Punktschallquellen

#### ► Reflexionen:

In manchen Fällen können wir diese schönen Oberflächen jedoch trotzdem nutzen, und zwar nicht als tatsächliche Klangquelle, sondern als Reflexionsfläche.

Abhängig von Form und Material kann man auf den als wahrgenommene Schallquelle gewünschten Punkt mit versteckten Lautsprechern zielen.

Manchmal muss man dann etwas bauen, um die Richtwirkung des Lautsprechers zu verbessern, um so zu verhindern, dass auch die Lautsprecher als Schallquelle wahrgenommen werden (gemäß dem Gesetz der ersten Welle).

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 2. Punktschallquellen

#### ► Virtuelle Schallquellen

Funktionieren prinzipiell nur für wenige Plätze im Zuschauerraum.

Deswegen sitzt der Produzent bei der Kinomischung immer an einer perfekten Abhörposition. Auch im Kino funktionieren virtuelle Schallquellen nicht. Daher wird der Center-Lautsprecher so oft wie möglich verwendet.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 2. Punktschallquellen

#### ► Virtuelle Schallquellen

Noch schwieriger ist es im Theater: Im Kino kommt alles aus den Lautsprechern, im Theater üblicherweise nur sehr wenig.

Wenn also ein Zuschauer einen Klang hört, der bis zu  $160^\circ$  seitlich ausgelenkt ist von der Szene, auf die er sich bezieht, wird er leicht abgelenkt oder gar verwirrt werden.

Behaltet dies immer im Hinterkopf, da ihr beim Einrichten und während der Proben zumeist an einem der wenigen Punkte im Zuschauerraum sitzt, an dem virtuelle Schallquellen tatsächlich funktionieren.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 2. Punktschallquellen

- ▶ Da es also offenbar große Probleme gibt, sowohl damit, Lautsprecher an der richtigen Position aufzustellen, als auch mit virtuellen Schallquellen, kann stattdessen **Wellenfeldsynthese** ein Lösungsansatz sein?

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 3. Darsteller und Instrumente mit dynamischen Pegeln

Anders als bei Rockkonzerten ist eine Beschallungssituation mit Mikrofonen im Theater fast immer eine Mischung zwischen verstärktem und natürlichem Klang.

Abhängig von den künstlerischen Erfordernissen kann das Verhältnis von verstärktem und natürlichem Klang plötzlich und häufig wechseln.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 3. Darsteller und Instrumente mit dynamischen Pegeln

► Oft wird es passieren, dass die gewählten Verzögerungszeiten für die Lautsprecher, die die tatsächliche Klangquelle als wahrgenommene Klangquelle erhalten sollten (oder umgekehrt...), nicht für alle Pegel des tatsächlichen Dynamikumfangs funktionieren.

In den meisten Fällen ist es dabei nicht möglich, die Verzögerungszeiten dynamisch anzupassen, daher muss man manchmal mit etwas Klappern leben.

Wenn irgend möglich sollten wir versuchen, im Zuschauerraum zu arbeiten, immer eine Hand am entsprechenden Fader.

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 3. Darsteller und Instrumente mit dynamischen Pegeln

► Aber auch, wenn wir im Zuschauerraum mit der Hand am Fader sitzen:

Der Winkel und die Distanz von Lautsprechern und Darstellern zum Publikum in zumindest dem vorderen Drittel des Zuschauerraums sind sehr anders als bei uns am Mischpultplatz (und von Reihe zu Reihe, aber vor allem von Platz zu Platz innerhalb einer Reihe).

Die Mitte der vordersten Reihen ist möglicherweise für unsere Lautsprecher überhaupt nicht erreichbar!

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 4. Point source vs. Line-Array / Linienstrahler

Grundsätzlich ist im Theater eine Diskussion zu führen, die in der reinen Musik- oder Sprachbeschallung eigentlich schon als obsolet gilt:

**Ist die Verwendung von Line-Arrays oder Linienstrahlern im Theater (abgesehen vom normalen Musical) überhaupt sinnvoll?**

**Warum könnte es nicht sinnvoll sein?**

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 4. Point source vs. Line-Array / Linienstrahler

Siehe oben: Im Theater ist im Beschallungsfall sehr oft eine Mischung aus natürlichem und verstärktem Schall gewünscht.

Was bedeutet dies für die Frage, ob man eher point source Lautsprecher oder eher Line-Arrays oder Linienstrahler verwendet?

# BESCHALLUNG 2

## 8. Probleme und Herausforderungen der Beschallung

### 4. Point source vs. Line-Array / Linienstrahler

Line-Arrays bzw. Linienstrahler verschieben, ebenso wie der Einsatz von Delaylines, das Verhältnis von natürlichem Schall zu verstärktem Schall mit steigender Entfernung zur Bühne zu Gunsten des verstärkten Schalls.

- oft ästhetisch nicht erwünscht
- generell inkongruent zur natürlichen Hörerfahrung