

## **Beschallung**

### Einleitung

- Wo wird Beschallung benötigt?
  - Musik, Sprachbeschallung, Fussballstadion, Bahnhof, Hörsaal,...
- Definition Beschallung: Beschallung wird immer dann eingesetzt, wenn ein akustisches Nutzsignal zu leise ist und deshalb für größeres Publikum lauter gemacht werden soll. Im Gegensatz zum Studio, in dem die Aufnahme und Wiedergabe in akustisch getrennten Räumen stattfinden, sind bei Beschallung die Lautsprecher in der gleichen akustischen Umgebung wie die zu leise Schallquelle, die verstärkt werden soll. ( Wo liegt das Problem?)
- Wann ist Beschallung gut?
  - Sowohl Experten als auch Laien sind sich oft uneinig ob der Ton einer Beschallung gut oder schlecht ist. Dem einen ist die Beschallung zu laut den einem zu leise. Anderen ist sie zu dumpf und dröhnend anderen zu spitz. Es ist also immer wieder von Person zu Person unterschiedlich. Stark Standortabhängig. Meist ist der Ton beim FOH so eingestellt, dass er dort gut klingt, dies kann weiter vorne oder etwas aus der Achse schon nicht mehr der Fall sein.

### **Worauf ist zu achten?**

- Rückkopplungen (Signal aus dem Lautsprecher wird wieder aufgenommen und verstärkt, eine Schleife entsteht und es pfeift)
- Reflexionen
- Fokussierung (Gib es Stellen an denen der Schall gebündelt wird)
- Stehende Wellen
- Raumresonanzen
- Nachhall
- Hallradius

Der Idealfall einer Beschallung mit Lautsprecher ist erreicht, wenn beim Zuhörer ausreichend hohe Direktschallanteile und geringe Diffusschallanteile ankommen.

Beschallung hat i.d.R. wenig mit diese Idealbedingungen zu tun, weil:

- die Orte in denen die Beschallung funktionieren muss, meist akustisch nicht ausgewogen sein

- die Beschallung nicht für einen idealen Abhörpunkt optimiert wird, sondern auf einer größeren Fläche funktionieren muss
- sich nur wenige Zuhörer sich genau in der Mitte von zwei stereo betriebenen Lautsprechern befinden
- die Zuhörer unterschiedliche Abstände haben und sich meist außerhalb des Hellradius befinden
- die Mikrofone für die Beschallungsanlage am gleichen Veranstaltungsort wie Lautsprecher

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Beschallungsaufgabe ist es notwendig, diese Randbedingungen zu analysieren und mit den Anforderungen abzugleichen. Erst daraus kann das optimale und angemessene Beschallungskonzept abgeleitet werden.

### **Verschiedene Beschallungskonzepte**

#### Zentrale Beschallung

- Der Raum wird aus nur einer Position beschallt
- an einem zentralen Punkt einer oder mehrere Leistungsstarke Lautsprecher die zusammen eine idealisierte Kohärente Schallwelle in den Raum strahlen
- z.B. Fussballstadien, Bahnhof, Flughafen wurde verwendet
- sollte ein Punkt sein der möglichst überall hin den gleichen Abstand hat
- benötigt hohe Leistung und hohen Schalldruckpegel
- obwohl es nur eine Welle gibt wird wegen der großen Distanz das Diffusfeld und der ungleichen Schallpegel Verteilung stark angeregt
- Folge : hat der Raum keine kurze Nachhallzeit ist eine Beschallung fast unmöglich(ist bei großen Räumen eigentlich nie kurz)
- bei Outdoor oder im Sportstadion problem durch Beugung der Schallwellen durch Witterung oder Wind
- hohe Lärmemissionen außerhalb
- deshalb sind zentrale Beschallungskonzepte nicht geeignet um die Zuhörer mit ausreichend guten Signalen zu versorgen

## Dezentrale Beschallung

- Konsequenz aus den Nachteilen zentraler Beschallung
- hier wird genau der umgekehrte Weg verfolgt
- Raum wird über viele dem Publikum nahe Lautsprecher beschallt
- keine Rücksicht auf einheitliche Wellenausbreitung
- Konzept basiert darauf, dass punktuell sehr wenig Leistung abgestrahlt wird, gerade so viel um die im Versorgungsbereich befindlichen Personen zu erreichen
- meist in Räumen mit Niedriger Deckenhöhe um gleichmäßige Schallverteilung zu gewährleisten
- In Sitzungssälen oft Lautsprecher in Rückenlehne des Vordersitzes
- je Konsequenter das Konzept verfolgt wird desto kleiner der Bereich den ein einzelner Lautsprecher versorgen muss
- in akustisch schwierigen Räumen kann das funktionieren da der Raum mit wenig Schallenergie angeregt wird
- niedrige Lärmemissionen aber sehr Aufwändiger Aufbau

In der Praxis wird meist eine Mischung der beiden Beschallungskonzepte verwendet

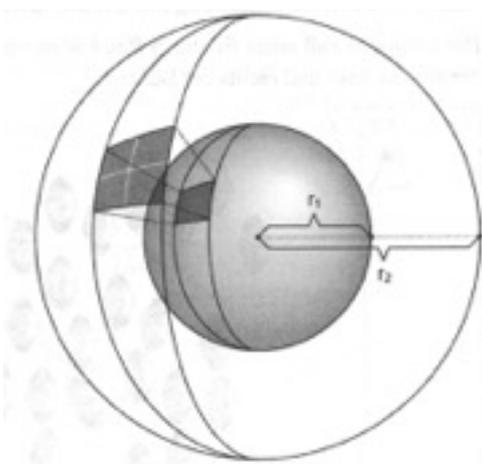
## Richtungsbezogene Beschallung

- neben den bereits genannten Qualitätskriterien kommt es auch bei Veranstaltungen auf die gute Übereinstimmung zwischen akustischer und optischer Perspektive an
- der Hörer soll an jedem Punkt die original Schallquelle an demjenigen Ort wahrnehmen, an dem sie sich auch optisch befindet
- in horizontaler Ebene ist das Gehör sehr empfindlich für die Richtungswahrnehmung
- dieser Effekt lässt sich bei der Mikrofonierung sehr gut über Pegel- oder Laufzeitstereofonie ausnutzen
- doch stellt die Beschallungstechnik vor große Probleme
- stereofonieverfahren sind optimiert für eine optimale Abhörposition in einem Stereodreieck
- üblicherweise befindet sich aber keiner der Zuhörer in diesem optimalen Bereich
- Zuhörerplatz am besten aus der Richtung beschallen aus der auch die optische Wahrnehmung kommt
- in vertikaler Ebene sollten optische und akustische Richtungswahrnehmung nicht mehr als 15° abweichen
- bei horizontaler Beschallung hilft Summenlokalisation, allerdings nur bei kleinere Beschallungen

- ab einem Lautsprecherabstand von 4 bis 5m sind, funktioniert dieser Mechanismus nicht mehr für Hörer außerhalb der Mittellinie, da die entstehende Laufzeitdifferenz nicht mehr durch entsprechende Pegelunterschiede ausgleichen werden kann
- > Schallquelle wird am nächstgelegenen Lautsprecher wahrgenommen
- Lokalisation bei Beschallung nach Gesetz der ersten Wellenfront —> schallereignis wird aus der Richtung wahrgenommen aus der die erste Schallwelle kommt
- Ortung findet also auf jeden Fall immer mit dem Direktanteil statt, auch wenn man sich außerhalb des Hallradius befindet (Reflexion braucht länger und kommt erst später an)
- erst wenn der Diffusschallpegel um 10 dB höher ist als Direktschall geht die Ortung verloren

### Überwindung des Hallradius und Nutzung des Diffusfeldes

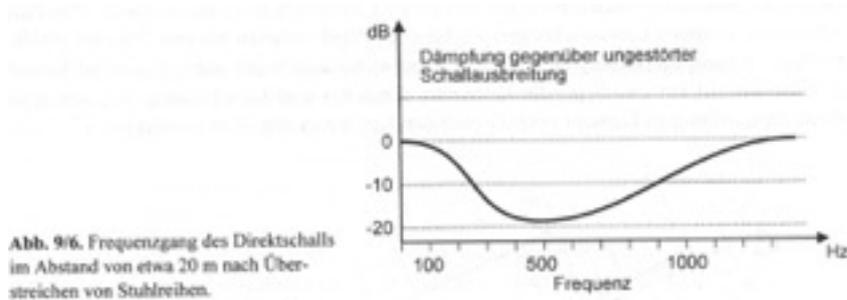
- Ziel einer guten Beschallung sollte sein
  - möglichst alle Zuhörer mit Direktschall aus einem Lautsprecher zu versorgen
  - an allen Orten eine gleichmäßige Frequenzverteilung herzustellen
  - überall gleiche Pegelverhältnisse
- Lösung: Hallradius muss künstlich vergrößert werden; Lautsprecher braucht eine Richtcharakteristik
- Schallwellen lassen sich ähnlich wie Lichtwellen bündeln und führen
- Aber: Lichtwellen immer klein zu ihren Blenden (500.000 fach) bei Lautsprechern Bauform schnell klein gegenüber Wellenlänge ( je kleiner die Wellenlänge desto besser können sie gerichtet werden)



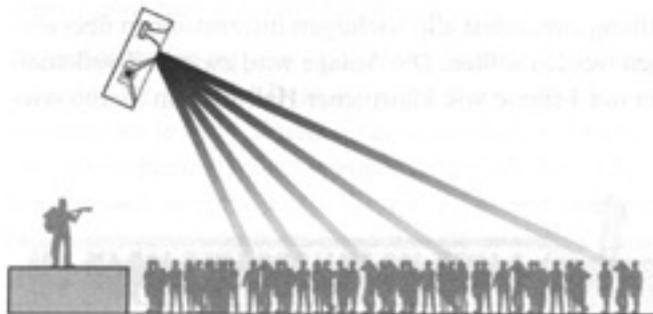
- Kugelwelle (pro Entfernungsverdoppelung -6dB), weil die Fläche 4 mal so groß wird
- Zu laut wenn man nahe dran ist zu leise wenn man weiter weg ist
- Auch gerichtete Lautsprecher können Hallradius nicht beliebig vergrößern —> es müssen weitere unterstützende Lautsprecher eingesetzt werden

## Lautsprecherpositionen

- meist Frontalbeschallung mit stereofonen Boxen links und rechts und horizontaler Position
- nur wenige Leute im Sweetspot
- kein Stereo, da die Lautsprecher zu weit auseinander sind, keine Summenlokalisation (wichtige Informationen nur in Mono übertragen, Kunsthall o.ä. kann dann auch in Stereo funktionieren)
- Problem: Dämpfung der Frequenzen durch Leute oder Stühle



- wie lässt sich diese Dämpfung vermeiden?
- Lautsprecher in eine vertikale Position bringen —> bessere Verteilung des Schalls
- Strecke zu ersten und letzten Reihe ist nicht so unterschiedlich
- Schall kann Publikum ungehindert überstreichen



## Wie wird eine Richtwirkung beim Lautsprecher erzeugt?



### Dipolstrahler

- zwei Baugleiche Lautsprecher werden übereinander angeordnet
- es ergibt sich eine Summation der Schallwellen wenn die Lautsprecher gleichphasig und kohärent schwingen
- nach unten und oben kommt es zu einer Auslöschung der Frequenzen, die genau eine halbe Wellenlänge abstand haben
- deshalb oft als Zweiwege-Schallzeile mit Hochtönern in der Mitte und Tieftönern an den Seiten

### Hörner

- Richtwirkung wird durch ein Horn erzeugt
- problem: physikalische Grenzen für den Einsatz von Hörnern—> Richtwirkung nur für Frequenzen die gegenüber den Abmessungen des Horns klein sind —> sehr große Hörner bei tiefen Frequenzen

### Stacking

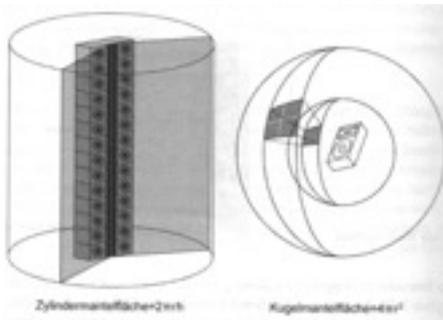
- mehrere Lautsprecher werden übereinander betrieben um den gewünschten Abstrahlwinkel oder Schalldruckpegel zu erreichen

### Line Arrays

- deutliche Zunahme der Beschallungsqualität mit Einführung der Line Arrays
- bei Lautsprecherclustern wurden alle Einzelpunktschallquellen zu einer Punktschallquelle verbunden
- Beim Line Arrays wird eine Linienschallquelle aus den einzelnen Lautsprechern erzeugt
- kommen nicht einzeln zum Einsatz sondern nur im Verbund (starke Bündelung der Schallwellen)
- einzelmodale werden eng untereinander gehängt
- Hörner sind so konstruiert das sich die Einzelwellen der Lautsprecher darüber und darunter sich Phasenrichtig verbinden
- Eine Linienschallquelle erzeugt eine Zylinderwelle
  - bei einer Verdopplung des Abstandes verdoppelt sich die die Überstrahlte Fläche nur und vervierfacht sich nicht
  - das bedeutet das pro Entfernungsverdoppelung nur 3 dB verloren gehen und nicht 6 dB
  - also mit Line Array größere Reichweite bei gleichem Schalldruckpegel im vergleich zu Punktschallquelle

Worauf ist zu achten?

- der Schall trifft mit höherer Energie auf die Rückwand ( erste Reflexion ist stärker)
- muss durch Abstimmung der Anlage verhindert werden



### Beam Steering

- Der Begriff „Beam Steering“ stammt ursprünglich aus der Antennentechnik und wurde in Verbindung mit intelligenten, elektronisch steuerbaren Antennen-Arrays verwendet. Im Audiobereich bezeichnet der Begriff die „Steuerung der Schallabstrahlung von Lautsprechersystemen mittels Elektronik und Software“
- Beam Steering basiert auf komplexen physikalischen Grundlagen
- Beam Steering basiert auf dem Prinzip der Überlagerung der Wellenfelder einer Vielzahl einzelner Lautsprecher (sog. Wellenfeldsynthese)
- Jeder einzelne Lautsprecher wird hierbei durch einen eigenen Endstufen- und DSP-Kanal angesteuert
- In den digitalen Signal-Prozessoren (DSPs) ist ein aufwendiger Rechenalgorithmus implementiert. Dieser weist jedem einzelnen Lautsprecher ein speziell errechnetes Signal zu. Alle Lautsprecherchassis arbeiten zusammen und formen den gewünschten Schall-Abstrahlbeam entsprechend der Einstellungen in der Software
- sehr feine Rasterung dadurch sehr exakte Einstellmöglichkeiten
- es lassen sich sogar zwei getrennte Beams erstellen (z.B. Parkett und Empore)

### Signalweg

- Mikrofon → Funkstrecke oder Kabel → Stagebox → Mischpult → Verstärker → Lautsprecher

### Amps

- es muss auf die Leistung und die Impedanz der Boxen und Verstärker geachtet werden

- wir hatten Powersoft K3 DSP (Digitale Endstufe mit speicherbaren Presets, Delay, EQ) 1400 W an 8 Ohm und 2600 W an 4 Ohm
- Ansteuerung der Boxen über über 4-Pol Speakon Kabel. Zwei Signale können parallel übertragen werden ( z.B. Ansteuerung der Sub's und Hochtöner über ein Kabel)