

Das Line Array in Theorie & Praxis II

Im zweiten Teil unserer Line Array-Serie betrachten wir die physikalische Seite dieser Art von Beschallungssystem. Die Thematik ist sehr komplex, trotzdem haben wir versucht, einen verständlichen Einstieg zu geben.

Grundlegendes Problem einer jeden Anlage zur Großbeschallung ist der Umstand, dass ein einzelnes Speaker-Chassis nicht dazu geeignet ist, den kompletten Publikumsbereich mit dem angestrebten Schalldruckpegel zu versorgen. Selbst wenn man, wie dies heute meist der Fall ist, den hörbaren Übertragungsbereich von etwa 20 Hz bis 20 kHz auf drei bis fünf oder noch mehr Lautsprechergrößen aufteilt, so erreicht man auch bei modernster Technik nicht die Eigenschaften, die Veranstaltungen mit vier-, fünf- oder gar sechsstelliger Besucherzahl dringend erforderlich machen.

Zudem treten schon bei gleichzeitiger Verwendung von nur zwei Lautsprechern auch destruktive physikalische Begleiterscheinungen auf: Interferenzen. Diese ergeben sich bei der Überlagerung von Schallwellen aus zwei verschiedenen Quellen und können folglich zur ungewollten Verstärkung oder Auslöschung von Teilen des Frequenzspektrums führen. Ziel einer jeden Lautsprecheranlage muss es sein, destruktive Interferenzen zu minimieren und jeden Punkt im Publikumsbereich mit dem gewünschten Signalpegel zu beschallen.

Hierzu griff man lange Zeit ausschließlich auf Speaker-Cluster zurück, in denen mehrere, technisch identische Lautsprecherboxen horizontal und vertikal gruppiert werden. Durch den Einsatz von Hörnern vor den einzelnen Treibern sowie ausgeklügelter Gehäusekonstruktionen konnte man nicht nur den Wirkungsgrad, also die tatsächlich in Schalldruckpegel umgesetzte elektrische Leistung, sondern auch die Interferenzbereiche in den Übergangsbereichen zwischen den einzelnen Boxen auf ein erträgliches Maß reduzieren und sich dem physikalischen Ideal einer Punktquelle annähern.



Der Schalldruckpegel verringert sich allerdings mit zunehmender Entfernung von der Anlage. Als Faustformel geht man hier von einer Absenkung um 6 dB je Entfernungsverdoppelung aus, was streng genommen jedoch nur für Kugelwellen, also ungerichtete Schallquellen gilt. Gerade in geschlossenen Räumen ist somit schnell ein Punkt erreicht, an dem der Diffusschall, also der von den Wänden reflektierte Schall, den gleichen Pegel erreicht wie der Direktschall der Anlage. Ab hier sind die destruktiven Interferenzen so groß, dass das akustische Geschehen nur noch stark verfälscht wahrgenommen werden kann. Diese Entfernung wird auch Hallradius genannt. Ein Lösungsansatz hierzu bietet die Verwendung von Delay-Lines, die das Nutzsignal noch vor dem Hallradius „auffrischen“ und dadurch einen größeren bzw. längeren Zuschauerbereich bei Großveranstaltungen ermöglichen. In den Delay-Lautsprechern muss jedoch das Signal verzögert wiedergegeben werden, da bereits bei einer Entfernung von nur 20 Metern der Geschwindigkeitsunterschied zwischen akustischer und elektrischer Signalübertragung hörbar ist. Daher rührt auch der Name „Delay-Line“.

Ein weiterer Nachteil dieser Vorgehensweise ist der deutliche Lautstärkenverlust, der bereits in den ersten Metern des Publikumsbereichs auftritt. Gemäß der bereits genannten Formel ist der Schalldruckpegel in acht Metern Entfernung nur noch ein Achtel verglichen zum Pegel, der in einem Abstand von nur einem Meter vor den Boxentürmen herrscht. Dies wurde bislang meist durch ein Mehr an Pegel bekämpft, was im Bühnennahbereich nicht nur ein Gesundheitsrisiko darstellt, sondern sich auch negativ auf den Bühnensound, also den Klang und die Lautstärke auf der Bühne, auswirken kann. Eine Vorgehensweise die, bezüglich der heutigen Emissionsrichtlinien, kaum noch verantwortbar ist.

Line-Arrays sind der nächste logische Schritt in dieser Kette von Ursache und Wirkung. Mit ihnen wird versucht, die grundsätzlichen Probleme herkömmlicher Cluster-Systeme zu minimieren. So probiert man durch möglichst geringe vertikale Abstrahlung, üblicherweise kleiner als 15°, die Interferenzen der untereinander hängenden Lautsprecherboxen so gering wie möglich zu hal-

ten. Gleichzeitig soll die Reichweite erhöht sowie durch Curving, also das Anwinkeln der einzelnen Schallzeilen zueinander, der Lautstärkepegel für eine maximale Zahl des Publikums konstant gehalten werden. Zudem erreicht man mit Line-Array-Zeilen oftmals einen größeren horizontalen Abstrahlwinkel als mit Hornlautsprechern.

Um dies erfolgreich umsetzen zu können, müssen aber erst noch einige physikalische Problemstellungen bewältigt werden. Während die vertikale Anordnung mehrerer Tief- oder Mitteltöner relativ unproblematisch ist und, wie bereits erwähnt, in den Ton­säulen elektrischer Lautsprecheranlagen seit Jahrzehnten erfolgreich praktiziert wird, treten mit zunehmender Frequenz neue Probleme auf. So ist es nicht möglich, mittels bekannter Hörner oder Konuslautsprecher den erforderlichen, sehr geringen Abstand der Hochtön-Schallquellen zueinander zu realisieren. Dieser Quellenabstand ist aber neben der Anzahl der Schallquellen im vertikalen Verbund sowie dem Winkel des Curvings immens wichtig für die akustische Zielsetzung der Line-Array-Technologie: Die Erzeugung einer weitestgehend ebenen, kohärenten Wellenfront.

Um das Ziel dennoch zu erreichen, setzt man auf sogenannte Wave-Guides. Diese erweitern nicht nur die Austrittsöffnung der einzelnen Schallquelle, was einen sehr geringen Abstand mehrerer vertikal angeordneter Schallquellen zueinander ermöglicht. Sie passen auch die Laufzeitunterschiede der Schallwellen im Übertragungsbereich des Hochtöners so an, dass die Erzeugung der Wellenfront begünstigt wird.

Mit einem idealen Line-Array wäre ein Pegelabfall von nur 3 dB bei Entfernungsverdoppelung realisierbar, tatsächlich liegt dieser Wert aber, je nach System und Zahl der verwendeten Elemente, irgendwo zwischen den idealen 3 dB und den 6 dB eines Clusters. Die Verwendung von Delay-Lines bei besonders großen Veranstaltungen ist also auch weiterhin erforderlich, wenn auch erst in größerem Abstand zur Hauptanlage.

Dies ist vor allem in der besseren Richtwirkung der Systeme gegenüber herkömmlicher Hornlautsprecher begründet.

Die Einführung von Line-Arrays hat so zur Verringerung der Einzellautsprecher um bis zu 75% geführt, was zusätzliche Ressourcen für Licht- und Videotechnik freigemacht hat. Gerade die zeitgleich erfolgte Digitalisierung der Lichttechnik, nicht zuletzt durch das 1990 verabschiedete DMX-Protokoll, hat von den kleineren und leichteren Beschallungsanlagen maßgeblich profitiert.



Überlappungsbereiche bei der konventionellen Cluster-Bildung

(Quelle: „Mysterium Line-Array“ von Volker Holtmeyer)

3 Line Arrays in der Praxis

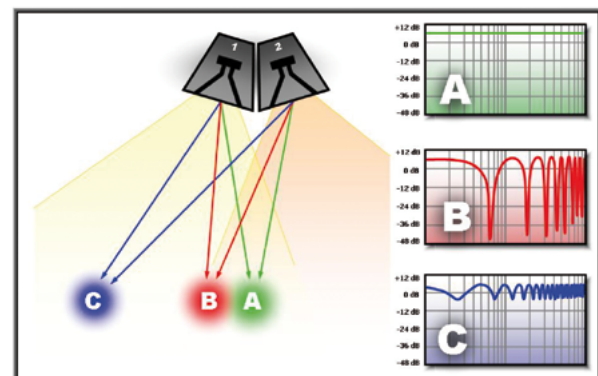


Abb. 3-1 Interferenzerscheinung durch Clusterbildung von Lautsprechern

(Quelle: Diplomarbeit von Benjamin Lampert)

Quellen und weiterführende Literatur:

- Harry F. Olson: Acoustical Engineering (letzte Aktualisierung 1957)
- Joseph D'Appolito: A Geometric Approach to Eliminating Lobing Error in Multiway Loudspeakers (1983)
- Anselm Goertz: Theoretische Grundlagen und die praktische Anwendung von Line-Arrays in der Beschallungstechnik und ihre Berücksichtigung in Simulationsprogrammen (2002)
- Volker Holtmeyer, Dieter Michel: Computersimulation von Line-Array-Lautsprechersystemen (2003)
- Volker Holtmeyer: Mysterium Line-Array - Mode oder Trend? (2003)
- Volker Holtmeyer: Line-Arrays - The Hype Goes On (2006)
- Benjamin Lampert: Praxisnahe Simulation von Line-Array- Lautsprechersystemen mittels Directivity-Balloons (2006)