

Das Line Array in Theorie & Praxis

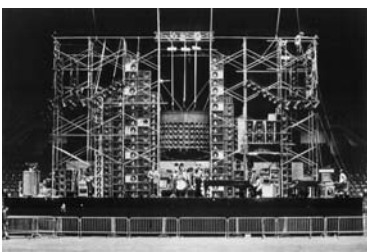


In der modernen Veranstaltungstechnik wird das Bild von Musikfestivals und internationalen Sportveranstaltungen seit mehr als zehn Jahren von den sogenannten Line-Arrays beherrscht. Diese Beschallungsanlagen sind selbst für den tontechnischen Laien sehr leicht anhand ihrer gekrümmten Form zu erkennen, weshalb sie umgangssprachlich mitunter als „Bananas“ bezeichnet werden. Zunehmend findet man Line-Arrays auch auf nicht ganz so großen Veranstaltungen wie Konzerten mittleren Rahmens oder politischen Kundgebungen. Dies öffnet den Markt für kompakte Systeme, welche einfach zu handhaben sind und bereits auf diesen überschaubaren Veranstaltungen wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden können.

Ein Rückblick:

Bereits vor mehr als 50 Jahren entwickelte der amerikanische Ingenieur Harry F. Olson die theoretischen Grundlagen für Line-Arrays in seinem Standardwerk „Acoustical Engineering“. Allerdings wurden seine Erkenntnisse in der Praxis über Jahrzehnte hinweg fast nur in der Form sogenannter Tonsäulen realisiert, die auch heute noch in Kirchen und anderen stark mit Nachhall belasteten Räumlichkeiten anzutreffen sind. In diesen Säulen werden mehrere vertikal angeordnete Breitbandlautsprecher in der Größenordnung 3 bis 5 Zoll verwendet, die zur Sprachübertragung im Frequenzbereich 200 Hz bis 4 kHz optimiert sind. Zur Wiedergabe von Musik sind diese meist nur bedingt geeignet. Als Gegenbeispiel seien hier die HiFi-Systeme von Rudy Bozak genannt, die bereits in den 50ern und 60ern auch über bis zu zwölf vertikal angeordnete Tweeter zur Erweiterung des Frequenzganges nach oben verfügten und somit ihrer Zeit weit voraus waren.

Parallel dazu vollzog sich seit den 50er Jahren mit dem Aufkommen der Rockmusik ein radikaler Wandel hinsichtlich der Anforderungen, die an die Verstärkung von Gesang und Instrumenten gestellt wurden. Während man im Jazz bis in die 60er Jahre weitestgehend auf elektrisches Instrumentarium verzichtete, fußte der Erfolg der Rock- und Beatmusik von Beginn an auch auf die bei Konzerten dargebotene Lautstärke. Dies konnte durch Verstärker und Gesangsanlagen mit Leistungen im mittleren zweistelligen Wattbereich nur ausreichend umgesetzt werden, so lange populäre Bands wie die Beatles in dunklen Kellern in Hamburg oder Liverpool auftraten. Ein nicht unerheblicher Aspekt dafür, dass die Beatles nach 1966 fast überhaupt keine Konzerte mehr gaben, ist dem simplen Umstand geschuldet, dass die damaligen Tonanlagen vollkommen ungeeignet für die Beschallung von Sportarenen und die Wiedergabe der zuletzt sehr komplexen Musik der Fab Four waren.



In den Vereinigten Staaten versuchte insbesondere die Gruppe Grateful Dead, dieses Problem durch eine geradezu monströse Häufung von Lautsprechern zu kompensieren. Die „Wall of Sound“ wurde über Jahre hinweg von den Tontechnikern der Band weiterentwickelt und umfasste bis zu 641 Einzellautsprecher bei einer Gesamtleistung von 26,4 kW. Im Kleinen wurde ein ähnliches Konzept von Udo Klempert-Gießing für die deutsche Kultgruppe Grobschnitt aus Hagen umgesetzt.

Erst Joseph D'Appolito schlug 1983 in einer wegweisenden Abhandlung die gleichzeitige Verwendung von Hoch- und Mitteltönern in mehreren vertikal angeordneten, aber horizontal ausgerichteten Gehäusen vor. Es sollte jedoch erneut etwa ein Jahrzehnt dauern, bis ein von Christian Heil konstruiertes System darauf aufbaute und als das erste nach heutigen Maßstäben gültige Line-Array auf den Markt kam. Der Siegeszug der Line-Arrays war nicht mehr aufzuhalten. Als Beispiel für die eingangs erwähnten kompakten Systeme nun ein Blick auf das neue CLA System von PSSO.

Das PSSO CLA:

Das Compact Line Array von PSSO ist die Antwort auf den aktuell vorherrschenden Branchentrend, sich sukzessive von konventionellen Beschallungssystemen zu verabschieden.

Während die meisten derzeit auf dem Markt befindlichen Line Array Systeme viel zu unwirtschaftlich für kleine bis mittlere Anwendungen sind, wurde das PSSO CLA speziell für diese Zwecke entwickelt. Das innovative Beschallungssystem vereint mehrere Kerneigenschaften, die es für Installation wie Verleih sehr attraktiv machen:

Durch den Einsatz von Spezialkunststoffen für die Gehäuse sowie moderne Neodymtechnologie bei den Lautsprechern kann ein erstaunlich niedriges Gewicht der Mittel-Hochton-Zeilen erreicht werden. Das ansprechende Design eignet sich zudem hervorragend für reine Sprachbeschallungen und Galaveranstaltungen. Durch Kombination mit passenden 15"- und 18"-Subwoofern kann das System zu einem vollwertigen Line Array System ausgebaut werden, mit dem Hallen und Open Airs mittlerer Größe problemlos beschallt werden können, denn der Wirkungsgrad ist trotz der Kompaktheit mehr als überzeugend.

Einzigartig macht das Compact Line Array die gleichermaßen durchdachte wie sichere Flughardware. Von nur zwei Technikern kann das System bequem installiert werden. Alle sicherheitsrelevanten Teile werden regelmäßig von akkreditierten Instituten überprüft. Dies verleiht dem PSSO CLA eine Alleinstellung in diesem Preissegment.

Mit dem CLA gibt PSSO dem Anwender ein Werkzeug zur Hand, welches flexibel für verschiedene Aufgaben aus dem Beschallungsalltag einsetzbar ist. Es ist ein wirtschaftliches Line Array, das allen Sicherheitsanforderungen entspricht, das einfach montiert und transportiert werden kann und nicht zuletzt gemäß dem Motto „I love sound“ durch seinen Klang überzeugt.



In der zweiten Hälfte dieses Artikels wollen wir die physikalische Seite der Line-Array-Technologie betrachten. 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 gar noch mehr Lautsprechergrößen aufteilt, so erreicht man auch bei modernster Technik nicht die Eigenschaften, die Veranstaltungen mit fünf- bis 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.



Überlappungsbereiche bei der konventionellen Cluster-Bildung

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

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 halten. 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 Hochton-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.

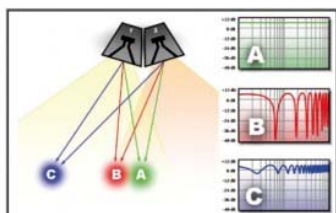


Abb. 3-1 Interferenzerscheinung durch Clusterbildung von Lautsprechern

(Quelle: Diplomarbeit von Benjamin Lampert)

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.

Quellen und weiterführende Literatur:

- Harry F. Olson: Acoustical Engineering (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)