

Kurze Line-Arrays? Ein Widerspruch oder mehr?

Günter J. Krauss

Telex Communications Inc., EVI Audio GmbH; Email: guenter.krauss@telex.de

Einleitung

Line Arrays haben sich in anspruchsvollen Concert Sound Applikationen mittlerweile einen bevorzugten Platz erobert. Durch ihre Abstrahlcharakteristik, Reichweite und geringen Verzerrungen sind Line Arrays insbesondere für die qualitativ hochwertige Beschallung großer, horizontal angeordneter Zuhörerflächen grundsätzlich besser geeignet als klassische Systeme mit relativ enger Horizontalbündelung.

Gelegentlich gibt es Kontroversen, ab welcher Länge ein Line Array eigentlich als solcher bezeichnet werden darf. Gängigerweise geht man ja davon aus daß die Länge eines Line Arrays erheblich grösser sein muß als die Wellenlänge der tiefsten zu übertragenden Frequenz [1].

Für einige Anwendungen haben aber auch vergleichsweise kurze Line Arrays gewisse Vorteile gegenüber klassischen Konuslautsprecher/Horn Boxen. Die vertikale Abstrahlcharakteristik ist über die Länge des Arrays frequenzabhängig definiert wählbar. Im Mittenbereich lässt sich, bei vergleichsweise kleinen Abmessungen, eine extrem breite, gut definierte Horizontalabstrahlcharakteristik erzielen [2].

Kurze Line Arrays sind in der Nähe der Boxen erheblich rückkopplungsärmer als vergleichbare Konuslautsprecher/Horn Boxen und eignen sich deshalb bevorzugt auch für Anwendungen als Seitenmonitor.

Grundlagen

Line Arrays bestehen aus einer Vielzahl vertikal übereinander angeordneter, gleichabständiger Schallstrahler deren Abstände voneinander, innerhalb des betrachteten Übertragungsbereichs, kleiner als eine Halbwellenlänge der höchsten zu übertragenden Frequenz sein müssen. Diese Bedingung ist für tiefe und mittlere Frequenzen mit ausreichend kleinen, direkt abstrahlenden Konuslautsprechern erfüllbar, für höhere Frequenzen müssen geeignet geformte Wellenleiter eingesetzt werden [1].

In Abbildung 1 ist schematisch eine Punktquelle dargestellt die Schall zu einem Aufpunkt A abstrahlt.



Abbildung 1 : Schematische Darstellung der Abstrahlung einer Punktquelle zu einem Aufpunkt A

Abbildung 2 zeigt schematisch eine vertikale Aufreihung von Punktquellen die sich im Aufpunkt nach Betrag und Phase addieren, nach Beranek ein „Linear Array of Simple Sources“ [3].

Es wird hier weiterhin vom Beranekschen Punktquellenmodell ausgegangen. Verifikationsmessungen an Line Array Komponenten haben gezeigt, daß eine gute Übereinstimmung zwischen dem Punktquellenmodell und realen Komponenten existiert .

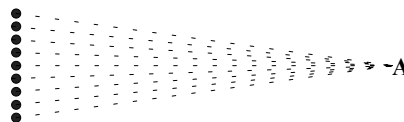


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Abstrahlung mehrerer linear angeordneter Punktquellen zu einem Aufpunkt A

3dB oder 6dB Abfall bei Entfernungsverdoppelung?

Bei Line Arrays endlicher Länge unterscheidet man, frequenzabhängig, ein Nahfeld in dem sich der Schalldruck bei Verdoppelung des Abstands zur Quelle nur um 3dB verringert und ein Fernfeld in dem die Schallpegelabnahme der einer sphärischen Welle mit 6dB entspricht.

Dieser Sachverhalt wird, etwas missverständlich, umgangssprachlich mittlerweile so interpretiert, daß Line Arrays auf grössere Beschallungsentfernungen grundsätzlich lauter sind als konventionelle Direktstrahler oder Hornsysteme.

Der Sachverhalt lässt sich ‚umgedreht‘ aber eigentlich besser betrachten. In Abbildung 1 und Abbildung 2 sei die Entfernung des Aufpunktes zum Punktstrahler bzw. Array aus Punktstrahlern mit n Quellen sehr groß gegenüber der Länge des Arrays. Für gleichen Schalldruck am Aufpunkt muss dann jede Punktquelle im Array gerade den 1/n – fachen Schalldruck einer einzelnen Punktquelle im Aufpunkt erzeugen.



Abbildung 3 : Aufpunkt A vergleichsweise nahe an der Punktquelle

Ist der Abstand des Aufpunktes zum Line Array vergleichsweise klein gegenüber der Array Länge, so ‚sieht‘ man am Aufpunkt praktisch nur wenige Punktquellen, die weiter entfernten liefern am Aufpunkt nur einen geringen Schalldruckbeitrag und interferieren aufgrund der Weglängendifferenz.



Abbildung 4 : Aufpunkt A vergleichsweise nahe am Array

Vergleicht man nun den gleichen Schalldruck am Aufpunkt im Fernfeld mit dem Schalldruck in der Nähe des Arrays bzw. der Punktquelle, so nimmt der Schalldruck bei Annäherung an den Array weniger zu als bei der Annäherung an die Punktquelle. Der Line Array ist in der Nähe ‚leiser‘ als die einzelne Punktquelle.

Versuchsaufbau und Messungen

Abbildung 5 zeigt den Versuchsaufbau zur Überprüfung der Sachverhalte. Um möglichst praxisnah zu bleiben wurde als Messmikrofon ein typisches Vocalmikrofon (Shure Beta 87) eingesetzt. Links im Bild ist ein kurzer Line Array mit etwa 1m Länge aufgebaut, rechts eine typische 15“/2“ Box mit einem 80°*55° Hochtornhorn. Die Messungen wurden jeweils in 40cm bzw. 4m Entfernung mit einer Mikrofonhöhe von etwa 1.5m gemacht. Reflexionen wurden nicht ausgefenstert.



Abbildung 5: Versuchsaufbau. Kurzer Line Array im Vergleich zu einer typischen 15“/2“ Box mit Shure Beta 87 Mikrofon

Abbildung 6 zeigt schematisch den Aufbau der gemessenen Boxen. Links der kurze Line Array mit Membranmitteltongruppen und den Wellenleitern für den Hochtonbereich. Rechts die konventionelle Box bestehend aus einem 15“ Lautsprecher und einem Constant Directivity Hochtornhorn mit Treiber.

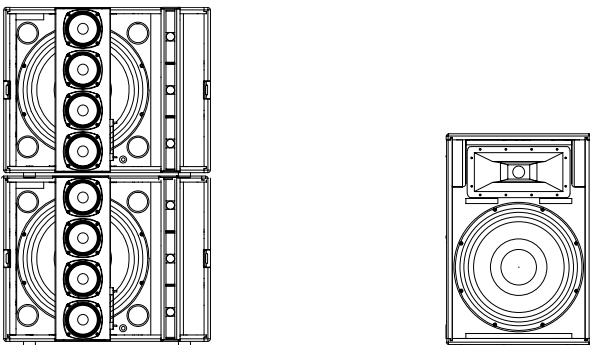


Abbildung 6: Kurzer Line Array und typische 15“/2“ Box

Die Ergebnisse der Messungen sind in nachfolgenden Abbildungen dargestellt. Abbildung 7 zeigt den Frequenzgang der konventionellen 15“/2“ Box jeweils in 4m bzw. 40cm Abstand. Bei der 4m Messung ist der Einfluß der Bodenreflexionen als Kammfilter zu erkennen.

Der Anstieg des Schalldrucks im Mitten- und Hochtonbereich zwischen den Messungen liegt bei etwa 15dB, weil das akustische Zentrum im Mitteltonbereich ja nicht auf der Boxenfront sondern in der Nähe des Horneintritts liegt, etwa 20cm hinter der Boxenfront.

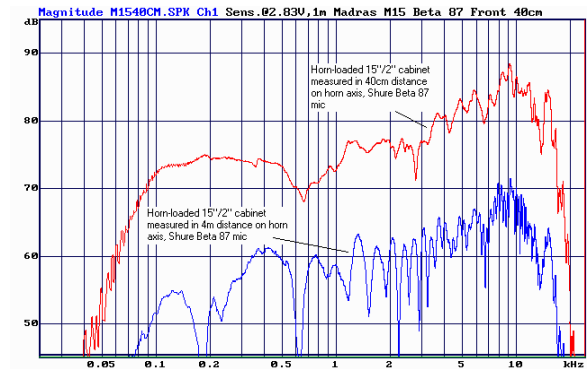


Abbildung 7: 15“/2“ Box gemessen in 40cm und 4m Abstand mit Shure Beta 87 Mikrofon

Abbildung 8 zeigt die Messung am kurzen Line Array in 40cm und 4m Entfernung. Bodenreflexionen sind wesentlich weniger stark ausgeprägt als bei der konventionellen Box.

Der Schalldruckanstieg bei Annäherung an den kurzen Line Array ist im Mittelton- und Hochtonbereich signifikant geringer als bei der 15“/2“ Box in Abbildung 7.

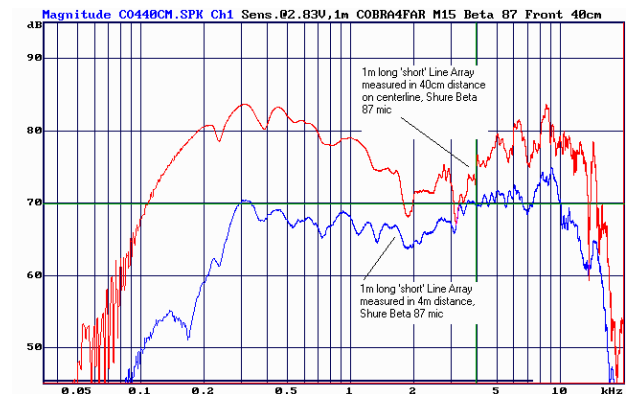


Abbildung 8: Kurzer Line Array gemessen in 40cm und 4m Abstand mit Shure Beta 87 Mikrofon

Bei der Anwendung als Seitenmonitor kann man, bezüglich der Rückkopplungsgrenze, etwa von 6dB – 10dB Schalldruckgewinn ausgehen. Gleichzeitig ist auch die Klangcharakteristik unabhängiger von den Reflexionseigenschaften des Bodens als bei einer konventionellen 15“/2“ Box.

¹ Goertz, Anselm. JBL VerTec VT4889 – Production Partner, 4/2001
² Goertz, Anselm. Dynacord Cobra – Production Partner, 4/2002
³ Beranek, Leo L. Acoustics – McGraw-Hill, 1954