

## HK AUDIO ELEMENTS IN DER PRAXIS (1)

# Auf Linie gebracht


**TOBIAS JACOBS**

ist Inhaber des Musikhauses Klein & Jacobs in Koblenz am Rhein, außerdem seit 2002 als Produktspezialist und Präsentator für HK Audio tätig. Der gelernte Instrumentenbauer kombiniert in seinen Workshops theoretisches Grundlagenwissen zum Thema Akustik mit seiner über 20jährigen Erfahrung mit mobilen Beschallungssystemen für Musiker.

## Der Workshop

Diese Workshop-Reihe beschäftigt sich mit der Wirkungsweise von Säulen-PA-Systemen (Linienstrahlern) am Beispiel der HK Audio Elements. Eine Besonderheit dieses Systems ist der modulare Aufbau, der die Anpassung an unterschiedliche Räumlichkeiten erlaubt. Wesentliche Erkenntnisse dieses Workshops lassen sich auch auf andere Säulensysteme übertragen.

### In dieser Ausgabe

geht es um den technischen Background von Säulensystemen, um deren Funktionsweise und typische Abstrahlcharakteristik.



Von Henry Ford erzählt man sich, er habe einst seine Zeitgenossen nach ihren Erwartungen zur Zukunft der Mobilität befragt. Die Antwort lautete: „schnellere Pferde“. Diese menschliche Haltung im Umfeld innovativer Entwicklungen ist typisch. Und der Gegenentwurf? Die ausgetretenen Wege verlassen, eine genial andere Idee verfolgen und Herausforderungen bewältigen, um dem Nutzer einen echten Mehrwert zu bieten – all dies sind Triebfedern echter Ingenieurskunst.

Den Beweis für diese These treten z.B. moderne PA-Säulen-Systeme wie die HK Audio Elements an. Zum einen bieten sie die für Linienstrahler typischen Vorteile: direkt vor den Lautsprechern nicht zu laut, in der Tiefe des Raums nicht zu leise. Darüber hinaus wurde das Elements-System konsequent modular aufgebaut. Für die Entwicklung eines kompakten, skalierbaren Säulensystems war der Hersteller in zweierlei Hinsicht gut gerüstet – zum einen durch langjährige Erfahrungen mit Großbeschallungsanlagen in Line-Array-Technik, zum anderen durch die erfolgreiche Entwicklung kompakter Satelliten-Systeme vom Typ L.U.C.A.S. – mit dem Musiker als Zielgruppe, der seine PA selbst zum Veranstaltungsort mitbringt.

### Die Säule ersetzt den Monitor

Eine skalierbare Beschallungsanlage im Konzept einer Säulen-PA hat für den Anwender mehrere offensichtliche Vorteile: Transportvolumen und Gewicht werden verringert, das Handling vereinfacht, der Aufbau beschleunigt. Die e-Connect-Verbindung – eine Besonderheit der HK Audio Elements – ermöglicht den Signalweg durch die Säule mit

weniger Kabelaufwand. Und vor allem: Die kohärente Welle (siehe Kasten) trägt weiter in den Raum bei weniger Energieeinsatz. Das heißt: Vorne an der Bühne ist es nicht zu laut, und die Schallprojektion dringt tiefer in den Raum. Weiter hinten spart man sich Delay-Stufen für die Weiterverstärkung des Signals bei größerer Raumtiefe.

Schöner Nebeneffekt: Ein solches System sieht eleganter aus als ein klobiger Boxenturm und suggeriert aufgrund seiner optischen Unauffälligkeit moderate Lautstärke. Von diesem psychologischen Effekt profitieren vor allem Unterhaltungsmusiker, die häufiger als ihre Rockkollegen mit der Frage aus dem Publikum konfrontiert werden: „Geht's auch leiser? Ein weiterer Vorteil: Das Zeilensystem ist extrem rückkopplungsarm und sicher in der Anwendung. Es erlaubt dem Musiker ohne weiteres, seine Mikrofone im beschallten Raum zu positionieren. Die Band steht also ohne zusätzliches Monitoring vor dem PA-System, gemeinsam mit dem Publikum.

Damit wird das Zusammenspiel zwischen Musiker und Beschallungssystem im besten Sinne revolutioniert. Die Frage, wie der Klang „draußen“ wohl sein mag, stellt sich wohl jeder Musiker während seiner Performance mit Monitoren auf der Bühne. Nun kann er sie selbst beantworten, denn er erlebt eine akustische Erfahrung, die es seit der Einführung von getrennten PA- und Monitoring-Systemen noch nicht gegeben hat.

### Limitierte Speakergrößen

Eine Reihung von gleichen Lautsprechern, zum Säulensystem angeordnet, ergibt ein kleines Line Array nach dem Muster, wie man es von Großbühnen

kennt. Damit ist die Entwicklung allerdings noch längst nicht abgeschlossen. Die Größe der einzelnen Lautsprecher bestimmt nämlich die maximale Kopplungsfrequenz, da der mögliche Abstand zwischen den akustischen Zentren durch den Durchmesser der Speaker bestimmt wird.

Eine Frequenz von 800 Hertz hat zum Beispiel eine Wellenlänge ( $\lambda = \text{Lambda}$ ) von etwa 43 Zentimetern. Das bedeutet, dass wir für den Abstand einer halben Wellenlänge ( $\lambda/2$ ) maximal Speaker mit einem Radius von 21,5 Zentimetern einsetzen können (siehe Grafik). Dies wären dann üblicherweise 8-Zoll-Speaker. Größere Lautsprecher könnten bei dieser Frequenz nicht mehr zu 100 Prozent ankoppeln, da die akustischen Zentren weiter als eine halbe Wellenlänge voneinander entfernt wären. Die Praxis zeigt uns außerdem, dass der Kopplungseffekt nicht bei einer Frequenz von  $\lambda/2$  abreißt, sondern fließend funktioniert – bis zu etwa der Frequenz, die der vollen Wellenlänge entspricht.

### Suche nach dem Mittelweg

Aber nicht nur die maximale Kopplungsfrequenz durch möglichst kleine einzelne Lautsprecher muss berücksichtigt werden. Ein solcher Speaker sollte auch die Fähigkeit besitzen, tiefe Mitten wiederzugeben. Dazu sind relativ kleine Lautsprecher mit abnehmender Membranfläche zunehmend schlechter in der Lage.

Für die Entwickler begann an dieser Stelle die Suche nach dem Mittelweg. Der in Elements eingesetzte Speaker hat eine Größe von 3,5 Zoll; die Maximalfrequenz zur Bildung einer kohärenten Welle liegt bei einer mit 3,5-Zoll-Speakern ausgestatteten Säule rechnerisch bei 1700 Hertz. Entsprechend der praktischen Erfahrungen ergibt sich aber eine Funktion der kohärenten Welle bis etwa 3,4 kHz.

Auf den ersten Blick handelt es sich dabei um eine akustische Beschränkung des Hochtonbereichs. Denn selbst wenn wir den bei PA-Systemen verwertbaren Schalldruck im Hochtonbereich bis zu einer Frequenz von etwa 12 bis 14 kHz als ausreichend betrachten, erscheinen 3,4 kHz doch recht wenig für eine ordentliche Hochton-Performance. Was tun?

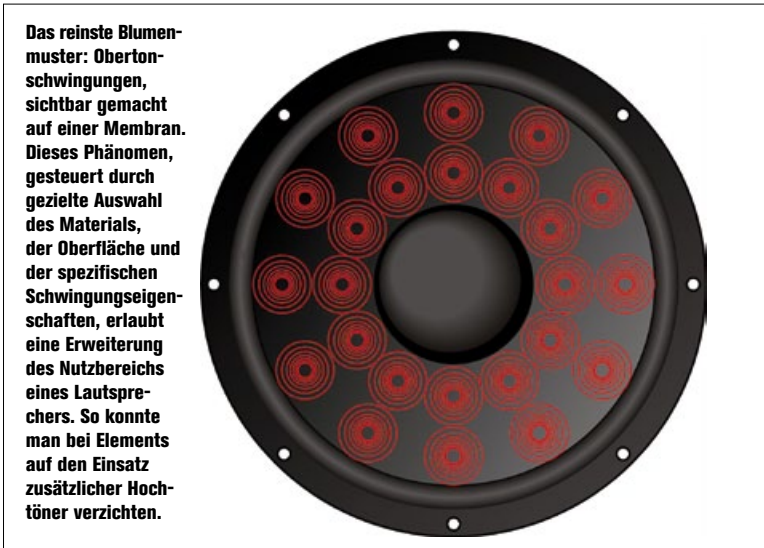
In den meisten großen Array-Systemen, die in der



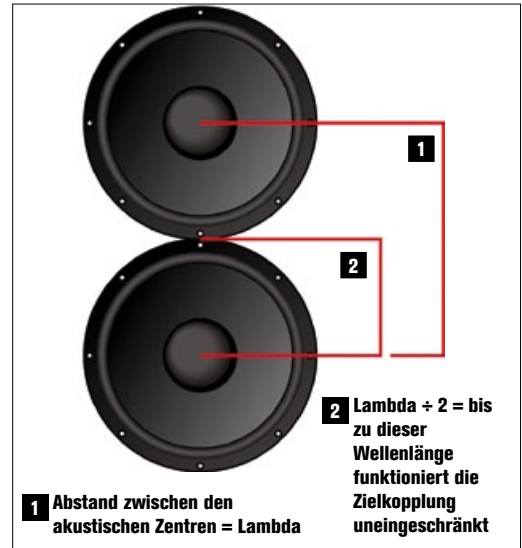
**In großen Array-Systemen wird durch den zusätzlichen Einsatz von Hochtontreibern das Frequenzspektrum nach oben erweitert. Neben der Lautsprecherzeile für die Mitten findet sich also eine zweite für den Hochtonbereich. Durch diesen Aufbau ist das System skalierbar.**

## TECHNIK-TIPP Was ist eine kohärente Welle?

Werden die akustischen Zentren mehrerer identischer Lautsprecher so angeordnet, dass sie nicht weiter als die Hälfte der Wellenlänge des von ihnen erzeugten Signals voneinander entfernt sind, entsteht eine sogenannte „kohärente Welle“. Das bedeutet: Die erzeugten Wellen koppeln miteinander und erzeugen eine sogenannte Zylinderwelle. Resultat ist eine Schallprojektion, die nominal in der Luft nicht um 6 Dezibel pro Streckenverdopplung abnimmt, sondern nur um 3 Dezibel. Bereits 10 Dezibel mehr werden vom menschlichen Ohr als „doppelt so laut“ wahrgenommen; rechnet man den Effekt auf eine mittlere Distanz von acht bis zehn Metern, ergibt sich daher bereits ein deutlicher Unterschied. Diese Überlegungen und deren praktische Umsetzung reichen zurück bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts. Resultat dieser Forschungen ist ein Lautsprecher mit hoher Reichweite, der auf kurzen Distanzen nicht zu laut ist und sein Klangbild über die Gesamtstrecke nicht übermäßig verändert. Die Klangtextur wird also über eine größere Entfernung stabil transportiert.



Das reinste Blumenmuster: Obertonschwingungen, sichtbar gemacht auf einer Membran. Dieses Phänomen, gesteuert durch gezielte Auswahl des Materials, der Oberfläche und der spezifischen Schwingungseigenschaften, erlaubt eine Erweiterung des Nutzbereichs eines Lautsprechers. So konnte man bei Elements auf den Einsatz zusätzlicher Hochtöner verzichten.



1 Abstand zwischen den akustischen Zentren = Lambda  
2  $\Lambda + 2 =$  bis zu dieser Wellenlänge funktioniert die Zielkopplung uneingeschränkt

Regel 8-Zoll-Speaker verwenden, wird durch den zusätzlichen Einsatz von Hochtontreibern das Frequenzspektrum nach oben erweitert. Die Hochtöner koppeln hier bei einer Frequenz von etwa 2 kHz an. Dabei sind Frequenzweichen im Spiel; sie steuern die Übergangsfrequenz mit Filtern. Bedingung ist allerdings, dass die Speaker für die Hochtöner untereinander koppeln können. Neben der Lautsprecherzeile für die Mitten findet sich also eine weitere Zeile für den Hochtonbereich (Grafik Seite 93). Der Frequenzbereich im Obertonspektrum stellt noch größere Herausforderungen an die Erzeugung einer kohärenten Welle als der Mittenbereich. Eine schlanke Säule wie bei Elements würde zudem durch eine korrekt aufgebaute, zusätzliche Hochtonzeile wieder ein Stück dicker werden.

**Überstunden im Labor**

Ein elementarer Grundgedanke bei der Konzeption des Elements-Systems war seine Skalierbarkeit – die Möglichkeit also, das System unterschiedlichen Anforderungen anzupassen. Für die mechanische Umsetzung heißt das: eine erweiterbare Zeile um jeweils so viele Elements-Toppteile, wie für die Raumsituation und das musikalische Material benötigt werden. Säulen, bei denen Hoch- und Mitteltöner in einer einzigen Zeile kombiniert sind, würden dafür ausscheiden, da die Kombination unterschiedlicher Lautsprecher in einer Zeile nicht die Vorteile der Kopplung bringt. Ein solcher Ansatz würde zu einer konventionellen Beschallungsbox mit sphärischer Abstrahlung führen, die nicht sinnvoll skalierbar ist.

Außerdem gilt es, mögliche störende Phasenverschiebungen und Interferenzen, die durch den Einsatz von Frequenzweichen entstehen, zu vermeiden. Dementsprechend musste man für Elements das Hochton-Thema auf einem anderen Weg angehen, obwohl dies die Entwicklungszeit um etwa einhalb Jahre verlängerte.

**Dein Freund, der Oberton**

Jeder Lautsprecher erzeugt zusätzlich zu den Grundschwingungen sogenannte Partialschwingungen – er verhält sich damit ähnlich wie jede schwingende Saite oder Membran. Die Partialschwingungen eines Instruments werden auch als Harmonics oder Obertonschwingungen bezeichnet.

Die Saite einer E-Gitarre zum Beispiel schwingt neben der Grundfrequenz E auch stets in den Obertönen Oktave, Quinte, Terz und so weiter. Diese Partialschwingungen werden bei Lautsprechermembranen einer Gitarrenbox gezielt bedämpft, um das Klangbild zu verfeinern und nach oben zu beschränken. Eine elektrische Gitarre klingt typischerweise über die Box in den Bereich bis etwa 6,5 Kilohertz. Wäre dies nicht so, würde speziell eine übersteuerte Gitarre unangenehm schrill klingen: Schrauben Sie mal versuchsweise einen PA-Lautsprecher in eine Gitarrenbox.

Gestaltet man jedoch durch gezielte Auswahl des Materials, der Oberfläche und der spezifischen Schwingungseigenschaften einen Speaker so, dass er gezielt Obertonschwingungen zulässt, erreicht man dadurch eine Erweiterung des Nutzbereichs. Die Partialschwingungen eines 3,5-Zoll-Speakers im Elements-Verbund kann man sich vorstellen wie kleine weitere Hochtonspeaker auf der Membran ein und desselben Lautsprechers (siehe Grafik).

Wurde die zur Ankopplung nutzbare Maximalfrequenz eines 3,5-Zoll-Lautsprechers mit etwa 3,4 kHz angegeben, so ergibt sich eine Ankopplung der Partialschwingungen weit darüber hinaus in den Hochtonbereich hinein. Die Reichweite der Zylinderwelle nimmt mit der Länge der Zeile und der Höhe der Frequenz zu. Daher gibt es zum Ausgleich dieses Effekts passende Preset-Einstellungen für die Anzahl der eingesetzten Toppteile eines Elements-Systems.

In der nächsten Folge geht es um die Komponenten des Elements-Systems und um Beispiele, bei denen die Musik und der Musiker im Mittelpunkt stehen – ganz im Sinne seiner Entwickler. **tw**



Ein Grundgedanke bei der Entwicklung des Elements-Systems war Skalierbarkeit – die Möglichkeit also, das System unterschiedlichen Anforderungen anzupassen.