

TSG-Ausgabe 8/2000



„Wavefront Sculpture Technology®“

zylindrisches Abstrahlverhalten am Beispiel
der patentierten Lautsprechersysteme von L-ACOUSTICS

TRIUS

Die neue Technik

Bis heute mußten sich Akustikplaner und Tontechniker bei großen Beschallungsapplikationen mit nicht zufriedenstellenden Kompromissen begnügen. Sperrige Cluster und Stapel schaffen Mehrfachschallquellen, die im gesamten Fern- und Nahfeld ein Tonchaos verursachen, das durch eine Abnahme der Kohärenz vervielfacht wird. Je größer und folglich halliger der Raum war, desto mehr Schallquellen wurden eingesetzt.

Daraus folgt eine banale, nachvollziehbare Formel:

Mehr Lautsprechersysteme, mehr Endstufen, mehr Kabel, mehr Zeit, mehr Arbeitskräfte = mehr Investition.

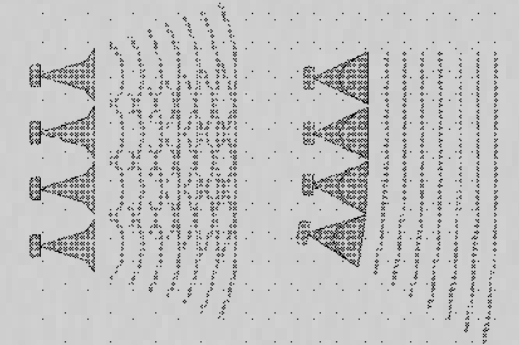
Und trotzdem klingt es hinten im Raum schrecklich, der Zuschauer, der 200 Mark für zwei Karten bezahlt hat und sich wochenlang auf das Event freut, hört von seinem ganz passablen Sitz nur die Hälfte der PA, und im ganzen Raum ist der Ton das Geld nicht wert. Bis heute ... In den letzten Jahren wurde unter den Technikern viel darüber geredet, daß man große Fortschritte bei Mischpulten, in der Signalverarbeitung, bei Mikrofonen, Verstärkern und computergestützten Mischtechniken gemacht hat, während Lautsprechersysteme noch immer keine Lösungen für diese Probleme gefunden haben und rein technologisch betrachtet den Anschluß an das generell hohe Niveau im Medien- und Veranstaltungsbereich verloren haben. Bis heute ...

Die von L-ACOUSTICS definierte „Wavefront Sculpture Technology“® erzeugt über eine sehr weite Entfernung ein kohärentes Schallfeld, das diese Probleme nicht kennt, und bietet eine Lösung für das an, was bis heute als nicht machbar gegolten hat. Eine konstante Tonqualität über einen immens großen Raum mit sehr geringen Schwankungen im Frequenzgang und Schalldruckverhalten.

Das ARCS™ Array System und die dV-DOSC™- und V-DOSC™ Vertikal Line Array Systeme repräsentieren diese neue Technologie und machen die daraus resultierenden Vorteile nutzbar.



Versandlager der Firma L-Acoustics

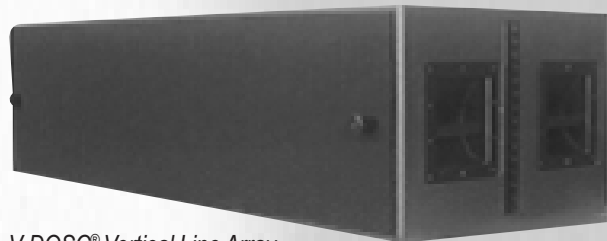


Interferenzmuster bei
Kopplung sphärischer
Schallquellen

Abstrahlmuster bei
Kopplung zylindrischer
Schallquellen



ARCS® Array System

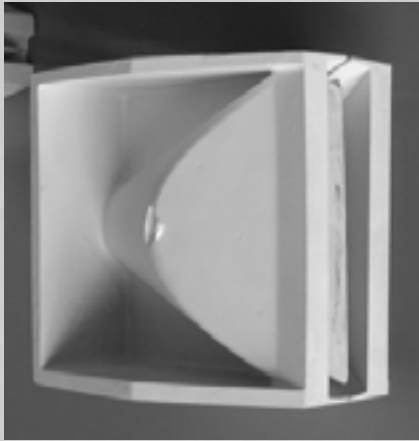


V-DOSC® Vertical Line Array



dV-DOSC® Vertical Line Array

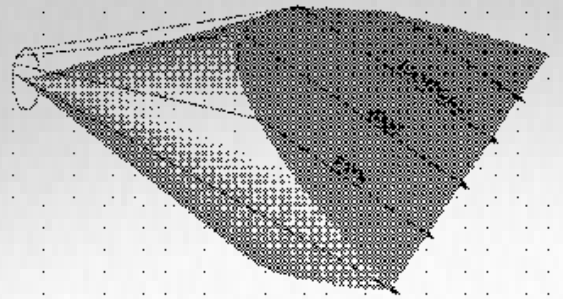
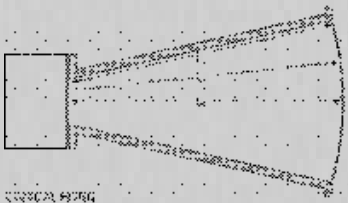
Ganz von Anfang an



patentierter DOSC® Wave Guide

Dr. Christian Heil, ein französischer Kernphysiker, entdeckte 1987, daß ein Zusammenhang zwischen der höchsten Frequenz, unterhalb der eine korrekte Kopplung zwischen Schallquellen hergestellt werden kann, und der tatsächlichen Größe, Form und dem Abstand der Schallquellen besteht. 1988 wurde das erste System, das dieses Phänomen demonstrieren sollte, auf einem französischen Audiokongreß vorgestellt. Bei diesem System wurde das Problem der Kopplung von hochfrequenten Schallquellen durch die vertikale Stapelung einzelner Quellen, wodurch sich eine lineare, isophasische und bandartige Wellenfront ergibt, gelöst.

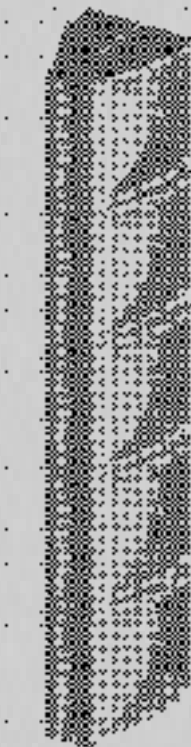
Deshalb ließ sich eine virtuelle, vertikale Dauerbandquelle zustande bringen, deren Bestandteile einzelne Hochfrequenzquellen sind. Die hochfrequenten Kompressionstreiber wurden auf einem einzigartig konstruierten WELLENLEITER (DOSC™-Waveguide) installiert, der die abgegebene Leistung einer klassischen Kompressionskammer in eine virtuelle Bandquelle umwandelte (für diesen Wellenleiter besteht ein internationales Patent, durch das der Hersteller L-ACOUSTICS geschützt ist.)



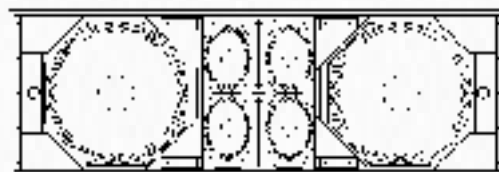
patentierter DOSC® Wave Guide

Das ganze System erzeugte durch die technische Anordnung der 7-Zoll-Mittenlautsprecher eine Zylinderwellenfront mit einem klaren Feld, das wie ein Tortenstück bzw. ein Keil geformt ist. Von 1989 bis einschließlich 1991 untersuchten Dr. Heil und Professor Marcel Urban gründlich das physikalische Verhalten von Zylinderschallwellen und entwickelten ihre physikalische Theorie, die im März 1992 anlässlich des 92. AES-Kongresses in Wien vorgestellt wurde. (Vorabdruck Nr. 3269 „Schallfelder, die von Mehrfachschallquellen-Arrays abgestrahlt werden“).

Bis Herbst 1992 waren die ersten V-DOSC™-Prototypen fertiggestellt, die 2 direktabstrahlende 15-Zoll-Konustreiber, 4 halbgeladene 7-Zoll-Kevlar-Konustreiber und 2 mit Wellenleitern geladene 2-Zoll-Kompressionstreiber umfaßten. Mit diesen Prototypen wurden die abschließenden Tests und Messungen durchgeführt, durch die die genauen Parameter für die Übergangsfrequenzen, die zeitliche Ausrichtung und die Arraykonfigurationen festgelegt wurden.



Kopplung mehrerer DOSC® Guides



Innenaufbau eines V-DOSC® Elementes

Darstellung Anhand des V-DOSC™ Vertical Line Array Systems

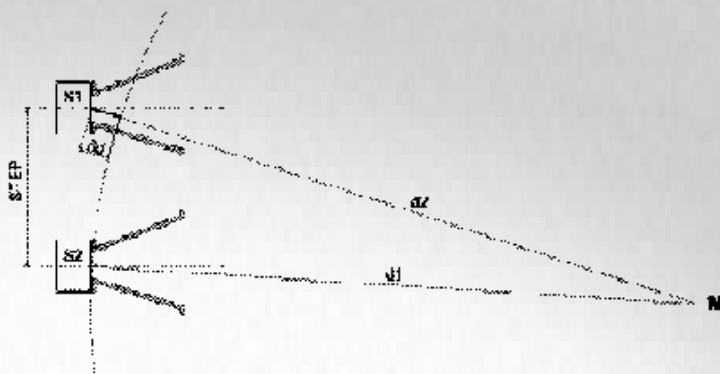
Es handelt sich um ein rechteckiges „Einkasten“-System, das so konstruiert ist, daß es in einer vertikalen Einzelsäule gestapelt oder „geflogen“ werden kann. Diese Einzelsäule bildet eine LINIENHAFTE ANORDNUNG und ist der erste Schlüssel zum V-DOSC™-Betriebsprinzip. Des weiteren ist es die Basis für ein weiteres Konzept, nämlich das der komplanaren Symmetrie, welches später noch vorgestellt wird.

Die V-förmige Schallbelastung der Mitten- und Hochfrequenzwandler ist der Ursprung des Namens V-DOSC™. (DOSC steht für „DIFFUSEUR d'ONDES SONORES CYLINDRIQUES“).

Dies ist der zweite Schlüssel zu V-DOSC™. Bisher haben alle heutzutage verwendeten Lautsprecherboxen eine sphärische Kugelwellenfront erzeugt.



sphärisches Abstrahlverhalten



Das heißt, die Wellenfront breitet sich von den Boxen aus nach außen hin mit zunehmender horizontaler und vertikaler Ausdehnung aus. Ordnet man die Boxen zusammen in einer großen Konfiguration an überlappt die abgegebene Energie und man erzeugt dadurch Phaseninkohärenzen zwischen den jeweils benachbarten Systemen bzw. Quellen. Erhöht man die Anzahl der Schallquellen, so entstehen Interferenzprobleme, die bislang nicht kontrollierbar sind.

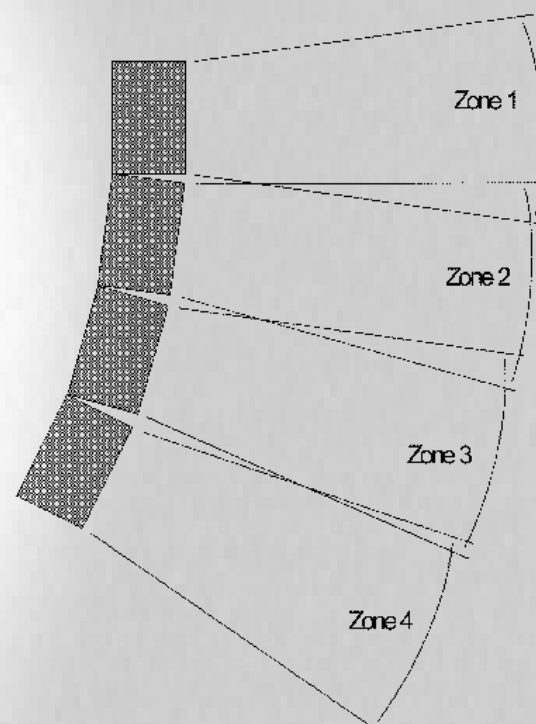
Die Lehrmeinung tendiert heutzutage dahin, mehrere Boxen fächerförmig in einem durch die horizontale Richtwirkung jeder Box bestimmten Winkel aneinanderzukoppeln, um überlappende Zonen zu vermeiden, die destruktive Interferenzmuster schaffen würden.

Eine große Unzulänglichkeit dieser Art von Systemanordnung ist die Tatsache, daß die in einer Richtung verfügbare Maximalleistung nur von der Box abgegeben werden kann, die in diese Richtung weist, und daß sie keineswegs erhöht werden kann.

Eine andere Unzulänglichkeit ist die Tatsache, daß eine korrekte Kopplung von Systemen auf eine trapezartige Form der einzelnen Box hinausläuft, und zwar mit genau demselben Winkel wie die horizontale Richtwirkung. Zudem muß der Schalltrichter genau dieselbe Breite wie die Box haben. Dies führt zu einigen Problemen bei der ergonomischen Entwicklung und der Herstellung, die nur dadurch gelöst werden können, daß die für die kommerzielle Nutzung geforderte universelle Einsetzbarkeit des Produkts außer Acht gelassen wird. Das ist bezeichnend: Diese Phänomene werden entweder von den Herstellern absichtlich ignoriert oder sie ziehen im besten Fall eine Detailmodifikation nach sich, wodurch sich das generelle akustische Problem bei der Kopplung von Mehrfachschallquellen jedoch nicht lösen läßt.

Die physikalische Trennung von Schallquellen innerhalb eines Arrays ist die Ursache für unterschiedlich lange Laufzeiten.

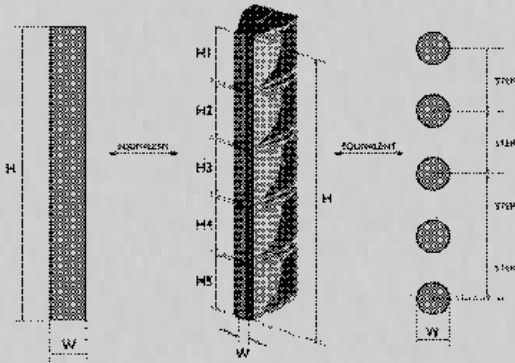
Abhängig von der Hörposition sind negative Auswirkungen auf das Abstrahlverhalten, der Sprachverständlichkeit und der Frequenzwiedergabe das Ergebnis.



Beispiel: Array mit sphärischen Schallwellen

Kopplung

Stellen wir uns eine Gruppe regelmäßig angeordneter Schallquellen vor, deren Abstand voneinander gleich dem Abstand zwischen den Zentren der beiden benachbarten Schallquellen ist, im folgenden als <<STUFE>> bezeichnet.

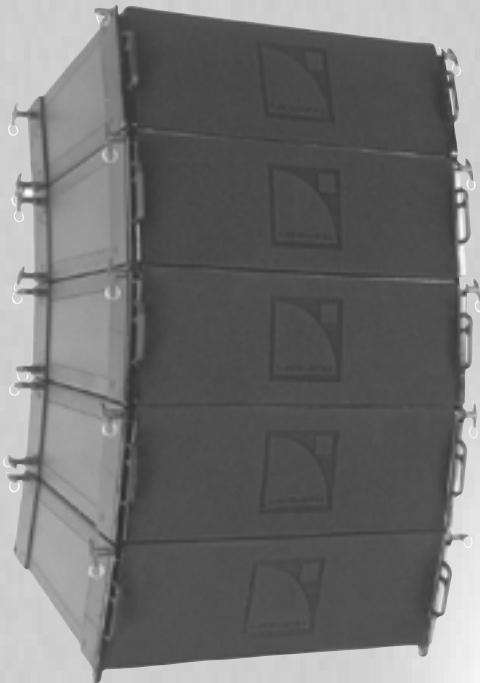


In der Theorie zeigt sich, daß, wenn die Wellenlänge abnimmt (d.h. die Frequenz zunimmt) und kleiner als die <<STUFE>> wird, die Schallwellenausbreitung nicht mehr kohärent ist und der Pegel exponentiell mit der Frequenz abnimmt. Folglich gibt es eine theoretische Grenzfrequenz, jenseits der das Array keine kohärente Quelle mehr ist.

In der Praxis lautet die Formel:

$$F.Lim. \text{ (kHz)} = \frac{1}{3 \times \text{STUFE (m)}}$$

Unterhalb F.Lim. kann das Array als eine Dauerschallquelle angenommen werden, welche die Größe und die Form des Arrays hat. Dies erklärt die Grenzen bei der Kopplung herkömmlicher Systeme, und zwar sowohl von direktabstrahlenden als auch von horn geladenen.



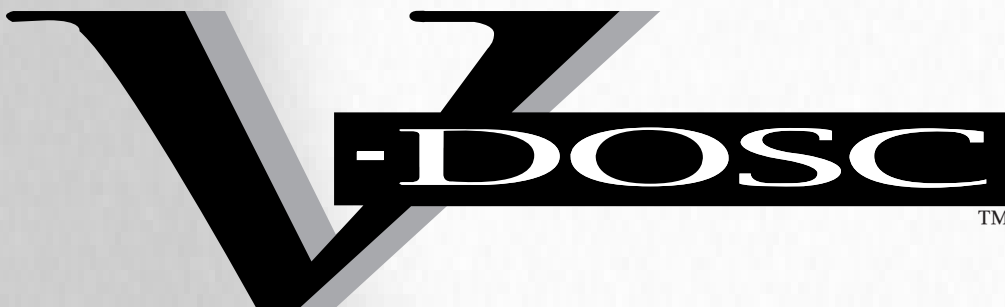
dV-DOSC® Array

Beispielsweise erzeugt ein Array aus Trichtern mit einer Öffnungshöhe von 0,3 m eine Schallwelle, die kohärent ist bis

$$F.Lim. = \frac{1}{3 \times 0,3} = 1,1 \text{ kHz.}$$

Über 1,1 kHz hinaus erzeugt das Array ein nicht kohärentes und ungleichmäßiges Frequenzspektrum, eine kippende tonale Balance, eine unkontrollierte Richtwirkung, eine begrenzte Reichweite und destruktive Interferenzmuster.

Um dennoch F.Lim. = 16 kHz zu erreichen, muß die <<STUFE>> weniger als 0,02 m betragen. Diese Distanz von gerade einmal 2 cm zwischen den akustischen Zentren ist schon alleine aus mechanischen Gründen nicht realisierbar; man denke nur an den resultierenden Abstand zwischen zwei 2" Treibern, selbst wenn man diese direkt nebeneinander montieren würde. Demnach läßt sich diese Voraussetzung mit einem Array aus konventionellen Einzelschallquellen nicht erreichen!



TM

V-DOSC™ - Die Lösung

Wenn wir die Möglichkeit hätten, Boxengruppen in einem großen Array so miteinander zu kombinieren, daß diese Quellen die Nachbarfelder nicht beeinträchtigen, würden wir eine Wellenfront in Form eines einzigsten, horizontalen, kohärenten Bogens erzeugen. Diese ZYLINDERWELLENFRONT ist der nächste Schlüssel zu V-DOSC.

Das Wesentliche beim Phänomen der Zylinderwellenfront ist die korrekte Kopplung der einzelnen Komponenten mit den Nachbarboxen. Um dieses Prinzip zu verstehen, ist es am besten, zwei der Kernpunkte in den AES-Feststellungen von Dr. Heil und Prof. Urban zusammenzufassen.

Ein ebenes und gerades Array von (N) identischen Schallquellen entspricht einer einzigen Schallquelle mit derselben Form, vorausgesetzt, eine der nachstehenden Bedingungen ist erfüllt:

- a) *Die Wellenlänge ist größer als die Stufe des Arrays (1) ($STUFE < \lambda / 3000$).*
- b) *Der Füllfaktor des Arrays (unter der Annahme, daß jede Quelle linear und isophasisch ist) beträgt mehr als 80 %. (Das heißt, der Gesamtbereich der abstrahlenden Quellen sollte mindestens 80 % des Gesamtbereichs des Arrays entsprechen).*

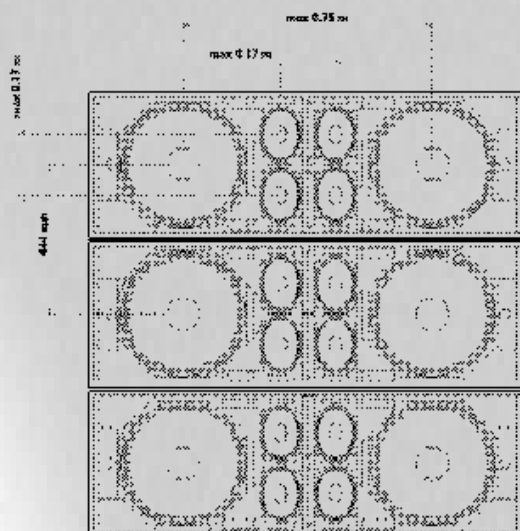
Diese beiden Bedingungen sind beim V-DOSC™-System erfüllt. Der Abstand zwischen den akustischen Zentren zweier V-DOSC™-Einheiten beträgt 0,45 m im Niederfrequenzbereich. Der Abstand zwischen zwei akustischen Zentren im Mittenbereich beträgt 0,22 m. Gemäß Kriterium a) ist die Kopplung im Niederfrequenzbereich dann vollkommen, wenn sämtliche Frequenzen unter 730 Hz liegen; die Kopplung in der Mittenfrequenz ist vollkommen, wenn sämtliche Frequenzen unter 1460 Hz liegen. Werden bei V-DOSC die Übergangsfrequenzen auf 200 Hz und 1300 Hz festgelegt, ist das Kriterium a) vollständig erfüllt.

Die Kopplung der Hochfrequenzwellen und damit der bis dato nicht gelösten kohärenten Abstrahlung wird durch vertikales Ausrichten, also Kante an Kante, der beiden Ausgangsbereiche der DOSC™-Wellenleiter erreicht, wodurch eine bandartige, lineare, isophasische Wellenfront geschaffen und Kriterium b) erfüllt wird.

Ein V-DOSC™-Element ist somit als Teil eines größeren Ganzen konstruiert, bei dem alle Boxen identisch sind.

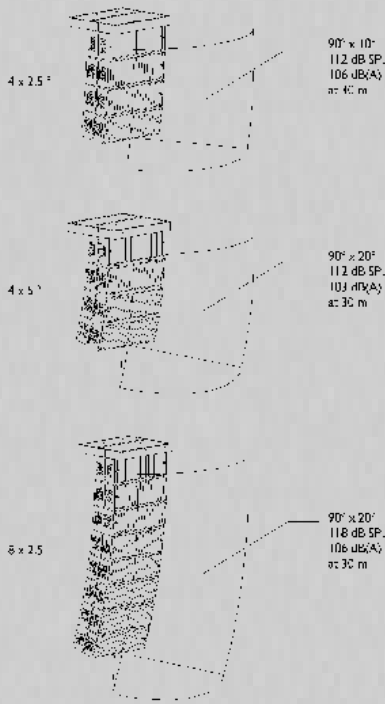
Bei zwei Standardkonfigurationen wird die Kopplung extrapoliert, um die linienhafte Anordnung zu erstellen. Die erste Konfiguration ist ein einfacher Stapel aus vier oder mehr Boxen. Diese wird insbesondere für Zwecke mit langer Reichweite eingesetzt. Das System funktioniert tatsächlich wie ein reiner Zylinderwellengenerator. Dieser „gekoppelte“ Stapel wird für gewöhnlich als oberste Boxenlagen in eine große, Long-Throw-Performance integriert.

Die zweite Konfiguration ist ein leicht gekrümmtes, vertikales Array mit gestapelten oder „geflogenen“ Boxen, wobei der Winkel zwischen 0,75° und höchstens 5,5° liegt. In der Praxis sind je nach den Anforderungen an den Erfassungsbereich zusätzlich Winkel von 1,3°, 2,0° und 4° vorgesehen.



Abstand identischer Schallquellen auf der horizontalen und vertikalen Achse.





Theoretische Versuche mittels einer Computersimulation haben ergeben, daß bei einem Systemaufbau mit jeweils der maximalen Winkelgröße von 5,5° zwischen jedem Element eine vollkommen kohärente Kopplung bis zu einer Grenzfrequenz von 12 kHz (F_{Lim}) erreicht wird. Mit zunehmender Verkleinerung des Winkels erhöht sich diese Frequenz auf 16 kHz bei Winkeln von 0°. Deshalb können V-DOSC™-Elemente vertikal gestapelt oder geflogen montiert werden und liefern dabei vollkommen kohärente Schallquellen mit einer vertikalen räumlichen Ausdehnung, die zwischen 0° (in diesem Fall hat das Schallfeld dieselbe Höhe wie der Stapel) und N x A° variiert.

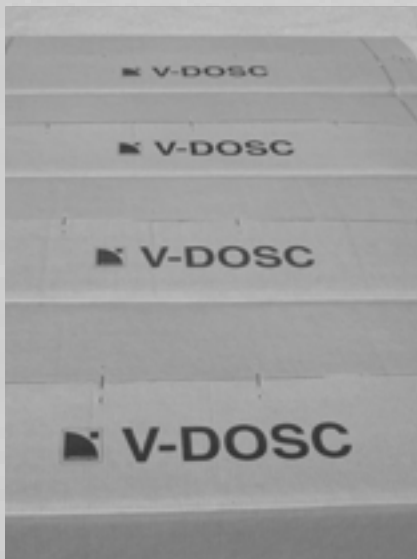
N x A° = Anzahl der Elemente x Summe der Winkel
Beispiel: 8 (Elemente) x 4° = 32° vertikale Ausbreitung

Der horizontale Erfassungswinkel bleibt konstant bei 90°; ist eine breitere horizontale Erfassung erforderlich, können weitere Stapel - zur Vermeidung der naheliegenden Interferenzprobleme in einem vorgeschriebenen Abstand -, aufgebaut werden.

Das Konzept der Koplanaren Symetrie

Um bei jedem Winkel innerhalb des horizontalen Erfassungsbereichs vollkommene Kohärenz und Konstanz zu erreichen, hat man ein weiteres Konzept entwickelt. Es handelt sich hierbei um die koplanare Symetrie.

Idealerweise sollten sich Kugelwellengeneratoren (d.h. faktisch alle anderen Beschallungslautsprecher) wie Punktquellen mit einem gewissen Richtwirkungsgrad verhalten. Das ließe sich am besten mit Koaxiallautsprechern erreichen. Im Falle des V-DOSC™-Systems, das aus einem sehr großen Band Zylinderwellen erzeugt, wird die Konstanz außerhalb der Horizontalachse jedoch durch die symmetrische Anordnung der Wandler jeweils rechts und links von der vertikalen Mittelebene erreicht. Daher befinden sich im Hinblick auf das Konzept der koplanaren Symetrie die Hochfrequenzgänge der Wellenleiter auf der vertikalen Mittelebene der Box, die Mittenbereichstreiber werden rechts und links von diesen Ausgängen symmetrisch angeordnet, und die Niederfrequenztreiber befinden sich wiederum jeweils rechts und links von den Mittenbereichtreibern.



dV-DOSC®



V-DOSC®

Bringt man die oben beschriebenen Konzepte und Sachverhalte zusammen, dann arbeitet das V-DOSC™-System wie ein echter Zylinderwellengenerator. Niemals zuvor wurden diese praktischen physikalischen Gesetze gemeinsam angewendet, um Einfluß auf die Lautsprecherboxentechnik zu nehmen. Bis heute ... Die Zylinderwellenfront hat einen wesentlich anderen Effekt auf die Ausbreitung des Schalls in der Umgebung. Sie beugt buchstäblich die früher vorausgesetzten *Gesetze der Physik* und definiert die Grenzen auf dem Gebiet des Schalls neu.

Zylinderwelle in der praktischen Umsetzung

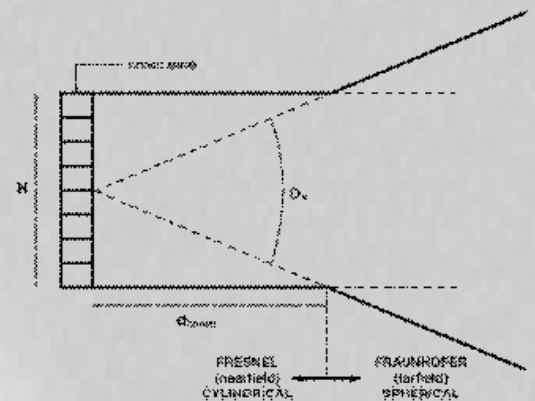
Jede Schallquelle mit Realabmessungen erzeugt ein Nahfeld und ein Fernfeld. Letzteres ist allgemein bekannt und wird oft bei akustischen CAD-Programmen eingesetzt. Die Schallintensität im Fernfeld nimmt mit dem umgekehrten Quadrat der Entfernung ab, und dieses Feld entspricht der Fraunhoferschen Beschreibung. Der von diesem Fernfeld erfaßte Bereich erstreckt sich im allgemeinen vom Zuhörerraum bis unendlich: wir werden diesen die „Fraunhofersche Zone“ nennen. Das Wellenverhalten im Nahfeld wurde zuerst von Fresnel beschrieben. Aus diesem Grund werden wir diesen im Nahfeld liegenden Bereich die „Fresnelsche Zone“ nennen. Das Nahfeld schließt direkt an die Quelle an und dehnt sich bis zu einer Entfernung D_c (Grenzwert der Entfernung), die frequenzabhängig ist, aus. D_c verändert sich nach der folgenden Gleichung:

$$D_c = 3/2H$$

Beträgt der Abstand zur Quelle mehr als D_c , befinden wir uns im Nahfeld bzw. der Fresnelschen Zone.

WICHTIG: Die Entfernung D_c ist keine geographische Grenze und sie ist nicht konstant. Sie ist eine Funktion der Frequenz.

Dr. Heil behandelt anlässlich seiner AES-Präsentation die SPL-/Entfernungs-/Frequenz-Zusammenhänge zwischen dem herkömmlichen Punktquellenschallfeld und dem durch eine kohärente, linienhafte Anordnung erzeugten Feld.



Er kommt dabei zu nachstehenden Ergebnissen:

- 1) Eine Punktquelle erzeugt ein Schallfeld mit folgenden Eigenschaften:
 - a) Die Intensität nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.
 - b) Die Intensität hängt nicht von der Frequenz bei einer gegebenen Entfernung ab. (Es gilt die Annahme, daß sich die von der Schallquelle erzeugte Energie nicht mit der Frequenz ändert.)
- 2) Eine kohärente, linienhafte angeordnete Quelle erzeugt ein Schallfeld, das je nach Zone zwei verschiedene Verhaltensweisen zeigt:
 - a) In der Fresnelschen Zone nimmt die Intensität aufgrund der Ausbreitungscharakteristik der Zylinderwellenfront proportional zur Frequenz UND proportional zur Entfernung ab.
 - b) In der Fraunhoferschen Zone verhält sich das Schallfeld genau wie eine Punktquelle.

Die Fresnelsche Zone ist normalerweise nur für direktabstrahlende Antriebssysteme relevant, denn sie ist so klein, daß sie nicht einmal bis zum Publikum reicht !!

In Anbetracht der Tatsache, daß die Ausdehnung der Fresnelschen (Nahfeld-) Zone proportional zum Quadrat der zweckdienlichen Abmessung der Schallquelle erfolgt, dehnt sich diese Zone mit dem V-DOSC™-System bis in einen großen Teil des Zuhörerraums hinein, aus.

Durch die Ausdehnung des „Nahfelds“ bis in den Zuhörerraum hinein zeigen sich ganz unmittelbar bestimmte meßbare Unterschiede. Nachstehend die Vergleichsdaten auf der Grundlage des durch ein herkömmliches System erzeugten Schalldrucks (SPL), der dem durch ein V-DOSC™-System erzeugten SPL gegenübergestellt wird. Zum Vergleich sind die beiden Systeme so eingestellt, daß sie bei 10 m einen SPL von 120 dB erzeugen.

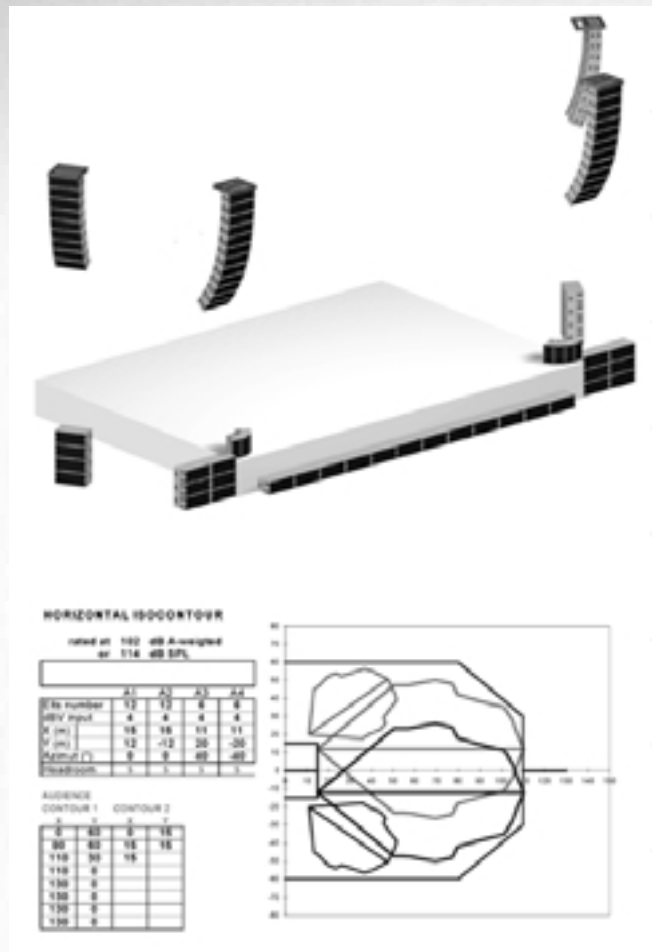
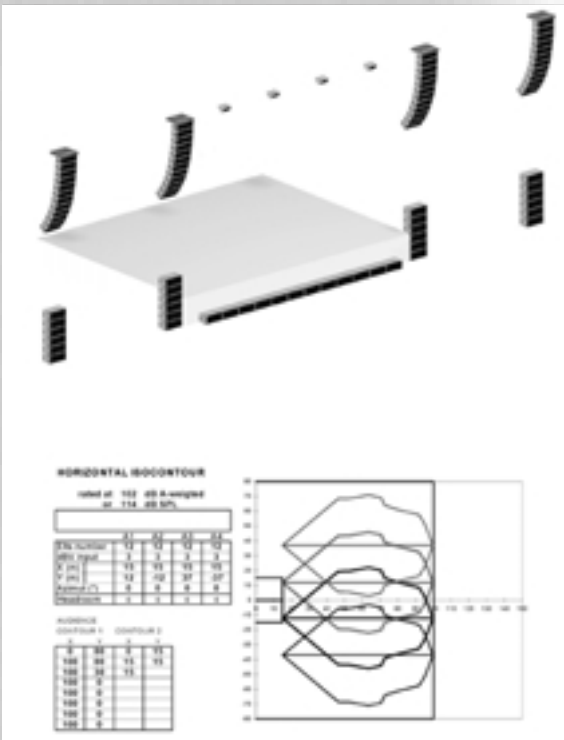
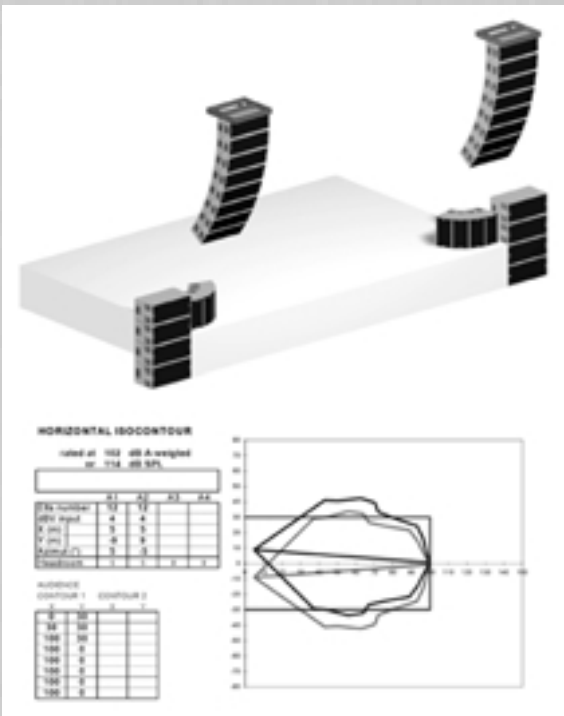
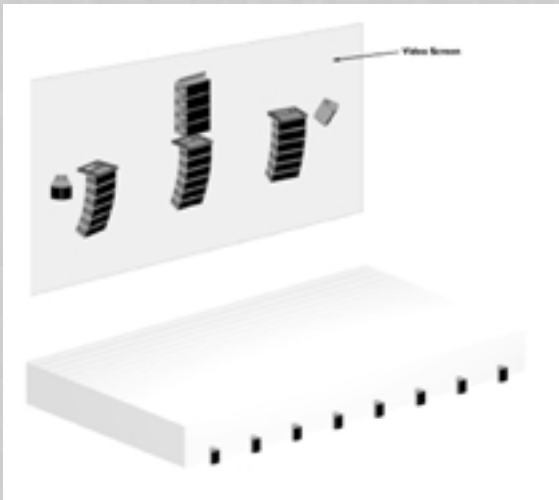
DISTANCE	Conventional System Assigned SPL	V-DOSC System Assigned SPL
10 m	120 dB	120 dB
25 m	102 dB	108 dB
50 m	96 dB	103 dB
100 m	90 dB	100 dB
200 m	84 dB	97 dB

Mögliche Konfigurationen in der Praxis

Um eine echte Zylinderwellenfront zu erzeugen, benötigt man bei dem V-DOSC™-System eine Mindestanzahl von 4 Elementen; die maximale Größe ist theoretisch unbegrenzt (wenngleich natürlich mechanische Grenzen und vor allem akustisch relevante Konfigurationen dies eingrenzen).

Ähnlich verhält es sich beim dV-DOSC™-Vertical Line Array System, wobei hierbei bereits eine Mindestanzahl von 2 Elementen umsetzbar ist.

Das ARCS™ Array System verfügt über einen technisch identischen DOSC™ Waveguide, der im Gegensatz zu den anderen Systemen jedoch waagrecht montiert ist. Hierdurch wird demnach eine akustische Kopplung auf der horizontalen Achse mit einer Abschattung von -14 dB zu den Seiten des Array's erzielt; aufgrund des abweichenden Nutzungsprofils als flexibles Medium-Throw-System (und einer damit verbundenen asymmetrischen Abstrahlung auf der vertikalen Achse) wird hierbei eine leicht differierende Abstrahlcharakteristik umgesetzt. Dieses System ist aufgrund seiner weitreichenden Applikationen auch als Einzelsystem einzusetzen.



Die akustische Berechnung

Es dürfte klar geworden sein, daß die von L-ACOUSTICS konzipierten Systeme mit einer zylindrischen Wellenausbreitung sich in der akustischen Bewertung grundsätzlich von herkömmlichen Beschallungskomponenten unterscheiden.

Zum ersten Mal kann der autorisierte Planer oder Anwender unter Berücksichtigung der korrekten Anwendung im Vorfeld das exakte Schallereignis bewerten, ohne hierfür aufwendige Expertisen anstrengen zu müssen.

Wesentliches Indiz hierfür ist die beschriebene kohärente Ausbreitung und definierte Bündelung auf beiden Achsen, die es erlaubt, basierend auf der vorhandenen Raumgeometrie die optimale Systemkonfiguration zu modulieren.

Ebenso nachvollziehbar ist, daß die notwendigen Parameter zur Berechnung eines Schallereignisses bei zylindrischen Wellenfronten auf gänzlich anderen Algorithmen beruhen; hierzu sollte man sich plastisch vergegenwärtigen, daß stellvertretend am Beispiel des V-DOSC™-Systems die Anzahl und die jeweils gewählten Winkel zwischen den Elementen jeweils wiederum einen „Gesamtlautsprecher“ mit differierender akustischer Leistung ergeben (all diese möglichen Systemkonfigurationen mathematisch ermittelt ergeben annähernd eine Zahl nahe „unendlich“).

Es ist dabei wichtig zu verstehen, daß die gewohnte additive Synthese bei der Berechnung von Lautsprecher-Clustern in diesem Fall nicht möglich ist bzw. zu ungenauen Ergebnissen führen würde.

Bis dato gibt es kein Simulationsprogramm, welches in der Lage wäre, zylindrische Wellenfronten und all die daraus resultierenden akustischen Ereignisse exakt zu berechnen; dies ist auch nicht weiter verwunderlich, da diese Technologie für große Distanzen bisher bestenfalls als fiktive Größe existierte.

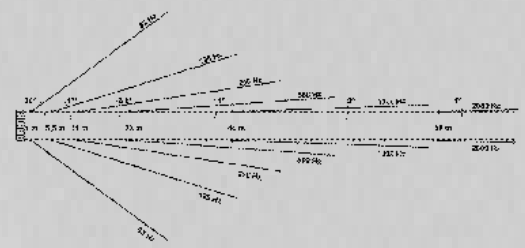
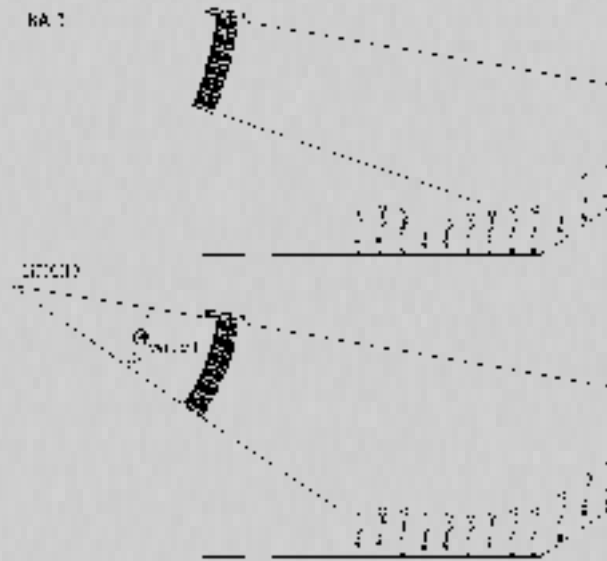
Da, wie erwähnt, die prinzipiellen Eigenschaften und Ergebnisse der zylindrischen Wellenausbreitung für den geschulten Planer und Anwender bekannt sind, benötigt dieser demnach lediglich ein Hilfsmittel zur Ermittlung und Visualisierung der optimalsten Systemkonfiguration bezogen auf die vorhandene Raum- bzw. Freifeldgeometrie.

Aus diesem Grunde nutzt der sogenannte „CVE“ (certified V-DOSC Engineer) ein von L-ACOUSTICS angebotenes PC-Programm, welches auf einfache und schnelle Art und Weise alle relevanten Ergebnisse sichtbar macht (und ebenso hilft, grundsätzliche Fehler zu vermeiden).

Dieses Support-Tool ersetzt sicherlich keine aufwendige akustische Simulation; dennoch sollte man sich die tatsächliche Effizienz bei Nutzung solcher Systeme an einem einfachen Beispiel aus dem mobilen Beschallungsbereich verdeutlichen:

Im Rahmen einer Tourneeproduktion hat es der Tontechniker täglich aufs Neue mit zum Teil gänzlich unterschiedlichen Raumbedingungen zu tun (Raumgeometrie, Absorptionsflächen, Montagepunkte, Nachhallzeiten etc. etc.).

Dennoch muß er in der Lage sein innerhalb von wenigen Stunden ein akustisches Design zu entwickeln (und zu installieren) um den hohen Ansprüchen des Publikums, welches abends diese Veranstaltung besucht, gerecht zu werden. Bei Nutzung zum Beispiel des V-DOSC™-Systems entfällt für den Techniker eine entscheidende Prüfungsinstanz - nämlich die Ungewissheit über das tatsächliche akustische Ergebnis (denn diese prinzipiellen Parameter sind ja bekannt). Demnach kann sich der Techniker in unserem Beispiel dem eigentlichen Kern-



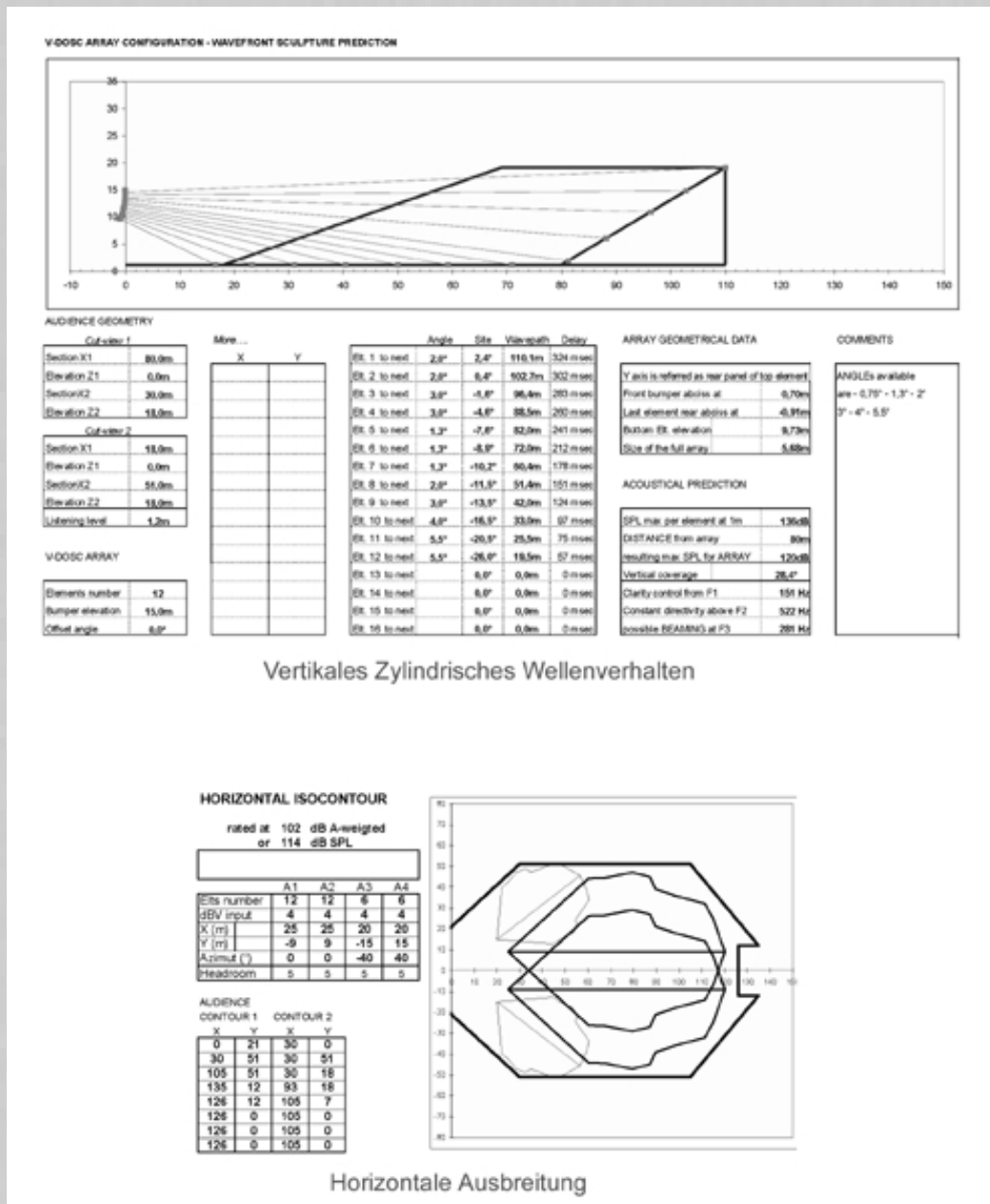
Freq (Hz)	2 Elements H=0.9 m d _{max} (m)	3 Elements H=1.8 m d _{max} (m)	6 Elements H=3.6 m d _{max} (m)	12 Elements H=5.4 m d _{max} (m)
63	No cylindrical	No cylindrical	No cylindrical	1
125	No cylindrical	No cylindrical	2	5
250	No cylindrical	1	6	11
500	6	2	10	22
1k	1	5	19	44
2k	2	10	39	87
4k	5	19	78	175
8k	10	39	156	350
16k	19	78	311	700

Freq (Hz)	2 Elements H=0.9 m C ₁ (deg)	3 Elements H=1.8 m C ₁ (deg)	6 Elements H=3.6 m C ₁ (deg)	12 Elements H=5.4 m C ₁ (deg)
63	-	-	174	77
125	-	175	53	34
250	125	53	26	17
500	53	26	13	8.5
1k	26	13	6.4	4.7
2k	13	6.4	3.2	2.3
4k	6.4	3.2	1.6	1.1
8k	3.2	1.6	0.8	0.5
16k	1.6	0.8	0.4	0.3

punkt seiner Tätigkeit widmen, der kreativen Umsetzung und Gestaltung des Tons.

Dennoch kann bei aufwendigen Projektierungen im Bereich der Festinstallation sicherlich nicht vollständig auf das Mittel von akustischen Simulationen verzichtet werden, um dem Planer und Auftraggeber die entsprechenden Ergebnisse zu visualisieren und somit einen Beitrag zur Planungssicherheit zu leisten.

Aus diesem Grunde arbeitet L-ACOUSTICS sehr eng mit verschiedenen Anbietern von Simulationsprogrammen zusammen, um die Berechnung von zylindrischen Wellenfronten realisieren zu können.



ARRAY - Berechnungsprogramm für V-DOSC®, dV-DOSC® und ARCS®

Darüber sollte man nachdenken

Es ist wichtig zu verstehen, daß aufgrund dieser neuen akustischen Definition bestimmte Vorsichtsmaßnahmen und eine fachgerechte Ausführung erforderlich sind, damit die gesamte Leistungsfähigkeit auch tatsächlich ausgeschöpft wird.

Um die Chancen für den erfolgreichen Einsatz dieses Leistungspotentials zu erhöhen, müssen bestimmte Parameter eingehalten werden. Dies ist kein System für unerfahrene Anfänger. Diese Parameter betreffen größtenteils den Fokus des Erfassungsbereichs und das Tuning der Systeme.

Das V-DOSC™-System erzeugt ein vollkommen kohärentes Schallfeld, ganz gleich, wieviele Boxen aneinandergeschaltet werden, solange der Abstand zwischen den Boxen nicht mehr als 5,5° beträgt. Wird dies nicht eingehalten, zerreißt diese Entkopplung der Boxen das vertikale „Band“ und unterbindet die zylindrische Ausbreitung. Deshalb muß dafür Sorge getragen werden, daß der Aufbau der Arrays beaufsichtigt wird, um sicherzustellen, daß sie einwandfrei montiert werden.

Läßt man diese Sorgfalt walten, werden die Resultate durchweg bemerkenswert sein.

Der vorangegangenen SPL-Tabelle ist zu entnehmen, daß das V-DOSC™-System leistungsmäßig jedes große herkömmliche System übertreffen kann, insbesondere was SPL und Reichweite anbetrifft. Im Vergleich zu herkömmlichen Systemen können alleine durch die Ausschaltung von „Kammfiltereffekten“ dieselben SPL-Werte mit deutlich weniger Boxen (und Verstärkern) erreicht werden. Wenn wir zur Bestimmung der räumlichen Ausdehnung die gängige SPL-Abweichung von +/-3 dB benutzen und eine Kugelwelle annehmen, beträgt die Dämpfung 6 dB pro Verdopplung der Entfernung von der Quelle; die Erfassungswerte liegt dann im Verhältnis 1:2.

Im Fall eines Zylinderwellengenerators beträgt die Dämpfung innerhalb des Zylinderschallfeldes nur 3 dB pro Entfernungsverdopplung !!!

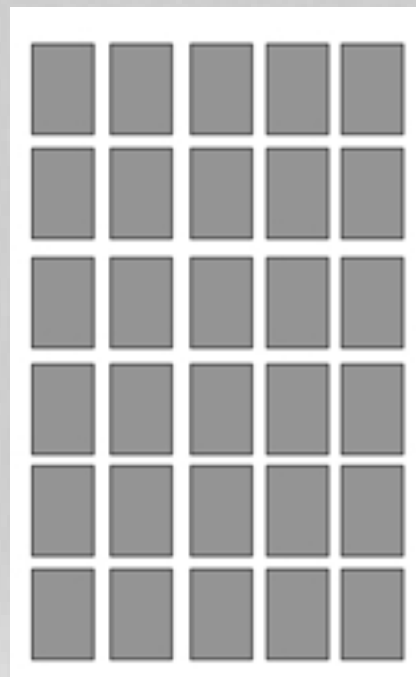
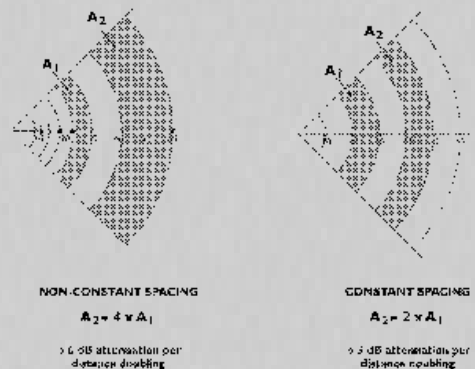
Das bedeutet, die Erfassungswerte liegt im Verhältnis 1:4. Weil die räumliche Ausdehnung horizontal durch einen Winkel definiert ist, wird der tatsächliche Erfassungsbereich im Vergleich zu dem Bereich, der mit einem herkömmlichen System erreicht werden kann, das bei Entfernung „1“ denselben SPL-Wert erzeugt, um den Faktor 4 vervielfacht. Die horizontale räumliche Ausdehnung ist winkelförmig; wie bereits beschrieben wurde, ist es ein Winkel von 90° beim V-DOSC™- bzw. 120° beim dV-DOSC™-System.

In dieser Ebene ist das Verhalten der Systeme als einzige Schallquelle genau festgelegt, und es kann präzise vorausgesagt werden, wie die Abstimmung auf die Hrflche, respektive das Publikum sein wird.

Vertikal behält das Schallfeld über eine große Entfernung eine konstante Höhe bei, insbesondere wenn die Boxen bei 0° gestapelt werden. Die Unterdrückung sekundärer Richtcharakteristiken liegt bei -13 dB, in vielen Fllen auch bei mehr. Dadurch werden die unglaublichen Störungen durch unerwünschte Reflexionen und „Überlauf“ im Freien oder bei Indoor-Applikationen, bei denen es in den angrenzenden Arealen Probleme mit dem SPL gibt, auf ein Mindestmaß reduziert.

Man denke nur daran, welche Möglichkeiten diese Technologie in der Praxis tatsächlich bedeutet; man hat die horizontale und vertikale räumliche Ausdehnung bestimmt (und damit die Reflexionen drastisch reduziert), UND damit man auch auf große Distanz noch etwas hört, kann das Main-System trotzdem mit geringeren Pegeln betrieben werden!

Kommen wir zurück zur SPL-Tabelle. Wir können dort eindeutig er-



Typisches Array für Grobeschallung mit konventionellen Systemen



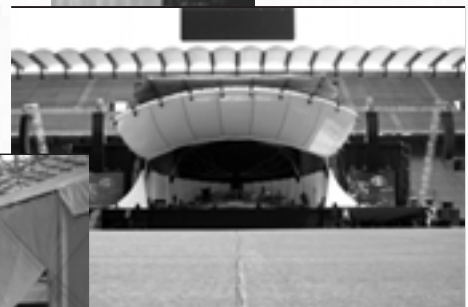
relativer Größenvergleich mit einem V-DOSC® Array

kennen, daß man für das Erreichen eines gewünschten Schallpegels bei extremen Entfernungen im Vergleich zu einem herkömmlichen System weniger Verstärkung bei diesen Systemen benötigt.

Darüber hinaus verhindert die Kohärenz der mit diesen Systemen produzierten Wellenfront den aufgrund von Kammfiltereffekten auftretenden Energieverlust sowie die von Luft und reflexionsfreien Oberflächen verursachte Schallabsorption.

Genau genommen gibt es infolge der Zylinderwellenausbreitung eine bemerkenswerte Klang-“anhebung“ im relevanten HF-Bereich und damit eine Übertragung von Sprachinformationen auch auf große Distanzen.

Allein aus diesen drei Gründen braucht man im Vergleich zu herkömmlichen Systemen viel weniger Boxen, um einen sehr hohen SPL mit kohärentem Frequenzprofil über eine große Entfernung zu erzielen. Folglich braucht man weniger Verstärker, weniger Strom, weniger Zeit, weniger Personal und letztlich in aller Regel weniger Geld.



So weit, so gut ... aber wie klingt es ?

Die vielleicht einzige und subjektivste Prüfung, der jede Beschallungsanlage unterzogen wird, ist die Beurteilung ihres Wiedergabeverhaltens. Also kann man sich nur höchstpersönlich von der Leistungsfähigkeit dieser Systeme überzeugen.

Nach dem Lesen dieser Seiten muß man jedoch als erfahrener, kenntnisreicher Praktiker (oder geübter Zuhörer) zugeben, daß es bei diesen Systemen grundlegende Unterschiede gibt, die ganz einfach ein anderes Hörerlebnis schaffen müssen.

Es ist ja gerade der Charakter eines kohärenten Schallfelds, über den wir alle diskutiert haben, ohne jedoch jemals die Gelegenheit dazu zu haben, ein solches zu erleben. Das muß anders klingen !! Richtig ? Und ein System mit einer entschieden anderen Dämpfungsrate ... Das muß verblüffend sein !!! Ein System, das „endlos weit reicht“ und bei dem sogar eine Stereo-Ortung bei gewöhnlicher L/R-Konfiguration von jedem Platz aus wahrnehmbar ist.

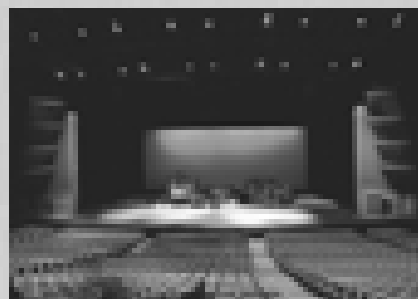
In der Zusammenfassung bieten diese Systeme folgendes:

Der verfügbare Schallpegel ist, wenn man die Größe der Systeme bedenkt ungewöhnlich hoch.

Der Erfassungsbereich ist genau definiert und kann exakt vorausgesagt werden. Die Systeme verfügen wegen des Zylinderwellenfront-Konzeptes in Verbindung mit der koplanaren Symmetrie ein ungewöhnlich hohes Linearitätsniveau sowohl auf der vertikalen als auch auf der horizontalen Achse.

Der Erfassungsbereich ist viel größer als die Bereiche, die herkömmliche Systeme bieten, weil die SPL-Dämpfung in Bezug auf die Entfernung viel niedriger ist.

Die Tonqualität ist gegenüber allen anderen Systemen ungewöhnlich sauber. Wegen des horizontalen Musters und aufgrund seiner Fähigkeit, dieses Muster zu projizieren, ist das Raumschallbild aufsehens-erregend und sehr klar, und zwar im gesamten Zuhörerraum (nicht nur in der Mitte), also eher so, wie man es in einem Studio (*einer Nahfeld-Umgebung*) und nicht bei Live-Beschallungen oder Installation finden würde.



Die Investitionsparameter

Die Hauptüberlegung bei der Anschaffung eines hochwertigen Beschallungssystems im Rahmen stationärer Projekte betrifft die Budgetierung.

Von Anfang an sollte man sich darüber klar sein, daß es sich bei den beschriebenen Produkten von L-ACOUSTICS inklusive aller erforderlichen Systemartikeln um eine erhebliche Investition handelt. Berücksichtigt man jedoch sämtliche für den Betrieb der Systeme erforderlichen Kostenfaktoren, dann sind diese so konkurrenzfähig wie bei jedem anderen erstklassigem Beschallungssystem.

Berücksichtigt man demnach die Einsparungen an Kosten für Zusatzverstärker, Signalprozessoren, Mehrfachausstattungen an Rigging-Hardware und Montagekosten sowie die Möglichkeit einer weitreichenden Objektnutzung auch für Fremdveranstaltungen (!) bei gleichzeitiger Auslastung aller Zuschauerplätze aufgrund nicht vorhandener Sichtbehinderung dann dann stellen diese Systeme in der gesamten Kosten/Nutzen-Analyse eine faktisch kostengünstige Lösung dar.



Bisher in dieser TSG Reihe erschienen sind:

- TSG1/2000** **Basiswissen zur Auslegung von Beschallungsanlagen**
(Teil1)
- TSG2/2000** **Medien- und Konferenztechnik,**
Planungshilfen und Beispiele (Teil1)
- TSG3/2000** **Akkustische Rückkopplung,**
Was sind Rückkopplungen und wie können sie vermieden werden
- TSG4/2000** **Mikrofone, Probleme beim Einsatz,**
Kammfiltereffekte und Anwendungsbeispiele
- TSG5/2000** **Anwendungsbeispiele mit Biamp Komponenten,**
Teil1
- TSG6/2000** **Crown IQ Steuernetzwerk,**
Theorie und Praxis
- TSG7/2000** **Community CPL-Lautsprecherserie,**
Tips und Tricks für den professionellen Audioinstallateur
- TSG8/2000** **„Wavefront Sculpture Technology®“**
zylindrische Abstrahlverhalten, am Beispiel der
patentierten Lautsprecher des Herstellers L-ACOUSTICS
- TSG9/2000** **Amina/NXT Flachmembran-Lautsprecher**
Flachmembran-Lautsprecher in Theorie und Praxis



TRIOUS Vertrieb GmbH & Co. KG
Gildestrasse 60
49477 Ibbenbüren

Tel. 0 54 51/94 08 - 0
Fax. 0 54 51/94 08 - 19
e-mail: trius@trius-audio.de
Internet: www.trius-audio.de