

11.11 Studio-Monitore

Im Regieraum eines Tonstudios kommen hochwertige Mehrwege-Lautsprecher zum Einsatz, die vor allem in den 50er- bis 70er-Jahren häufig mit Mittel- und/oder Hochtonhörnern ausgestattet waren. Entgegen einer weit verbreiteten Meinung ist der axial gemessene Frequenzgang nicht das wichtigste Kriterium. Die Frequenzabhängigkeit dieses "Freifeldübertragungsmaßes" ist zwar nicht unwichtig, bei hochwertigen Lautsprechern aber so gut, dass andere Kriterien in den Fokus rücken. Z.B. die Bündelung, oder bei hoher Abhörlautstärke die Verzerrungen (Klirrfaktor, Differenztöne, Subharmonische). Da es nicht gelingt den gesamten Hörfrequenzbereich mit einem einzigen Lautsprecher zufriedenstellend wiederzugeben, muss mit Filtern (Frequenzweichen) für eine Aufteilung auf mehrere Lautsprecher gesorgt werden. **Abb. 11.118** zeigt hierzu eine einfache Schaltung, die (mit leichten Modifikationen) in vielen Selbstbauanleitungen zu finden ist. Zur Berechnung nimmt man an, die Lautsprecher-Impedanzen mögen reell und frequenzunabhängig sein, wie auch die Übertragungsmaße. Beide Annahmen sind realitätsfern: Die Impedanz ist komplex und frequenzabhängig (Abb. 11.9), die Übertragungsmaße (insb. die Phase) sind ebenfalls frequenzabhängig. Doch soll diese sehr idealisierende Betrachtung ruhig einmal zu Ende gedacht werden: Der Tiefpass 2. Ordnung dreht die Phase von 0° auf -180° , der Hochpass 2. Ordnung dreht von 180° auf 0° , so dass die beiden Lautsprecherspannungen im ganzen Frequenzbereich zueinander gegenphasig sind. Nur wenn sie als Abhilfe 'verpolt' angeschlossen werden, vermeidet man eine Totalauslöschung bei der Übernahmefrequenz (im Beispiel bei 600 Hz). Dass dann ein Allpass entsteht, ist hingegen unkritisch: Das Gehör bemerkt hiervon nichts [3].

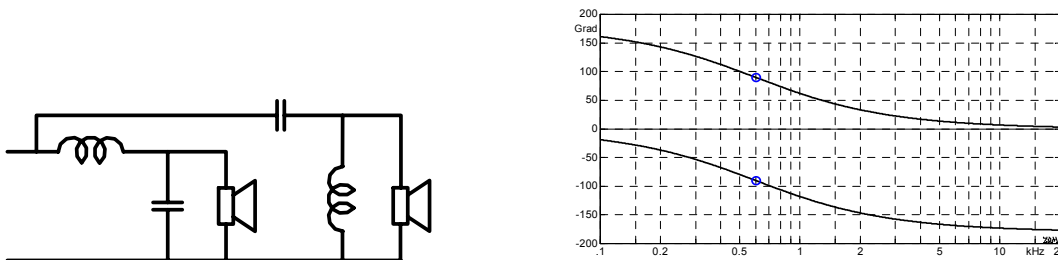


Abb. 11.118: Zweiweg-Weiche zweiter Ordnung; Schaltung (links), Phasenfrequenzgang (rechts).

Das große Problem entsteht bei der Übernahmefrequenz, wenn beide Lautsprecher mit gleicher Amplitude Schall abstrahlen. Mögen sich auch auf Achse die beiden Teilschalle perfekt summieren, die seitliche Abstrahlung erfolgt immer mit Phasenversatz, d.h. mit destruktiver Interferenz. Wenn der Schallumweg einer halben Wellenlänge ($\lambda = c/f$) entspricht, löschen sich die Teilschalle aus (**Abb. 11.119**). Sog. Koaxialsysteme, bei denen Tief- und Mitteltonlautsprecher auf derselben Achse hintereinander sitzen, können hierbei eine Verbesserung erzielen, haben aber u.U. das Problem, dass sich die Lautsprecher gegenseitig behindern. Und sage keiner, dann müsse man eben genau vor dem Lautsprecher abhören – auch die von der Seite kommenden Reflexionen beeinflussen den Höreindruck.

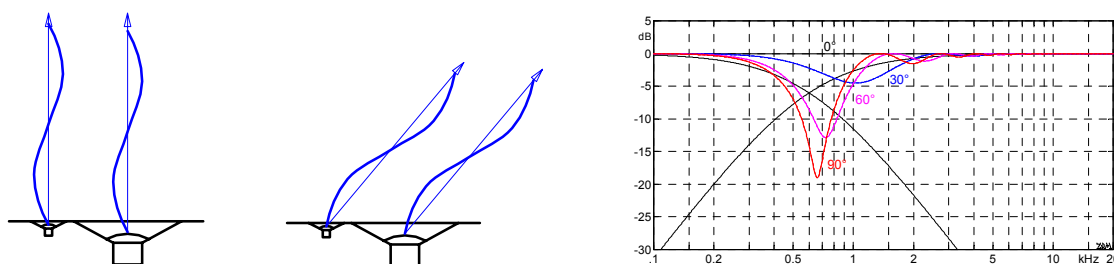


Abb. 11.119: Interferenz im Bereich der Übernahmefrequenz: Auslöschung bei seitlicher Abstrahlung.

Die folgenden Beispiele zeigen das Bündelungsverhalten verschiedener Dreiweg-Boxen. In **Abb. 11.120** erkennt man, wie schwer sich selbst ein renommierter Hersteller tut: Von einem "monotonen Anstieg" des Bündelungsmaßes, wie gerne gefordert, kann keine Rede sein.

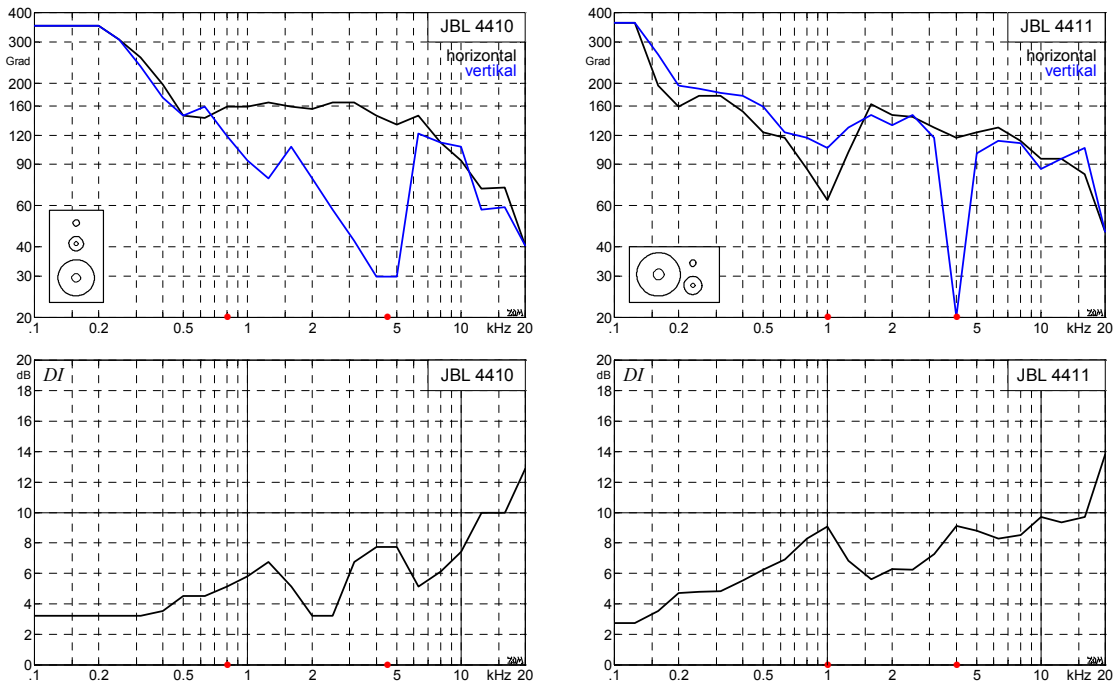


Abb. 11.120: Öffnungswinkel und Bündelungsmaß zweier Dreiweg-Lautsprecher (Herstellerangaben).

Die Sentry III aus **Abb. 11.121** genießt bereits Kult-Status: Nicht zu Unrecht, wie die Bilder zeigen. Wobei stets zu bedenken ist: Die beiden Öffnungswinkel-Frequenzgänge sind immer nur vereinfachte Darstellungen eines hochkomplizierten Bündelungsverhaltens (Abb. 11.111). Und natürlich soll es Hersteller geben, die bei ungünstigen Kurven etwas nachhelfen und eine dem Vertrieb genehme Charakteristik herbeizaubern.

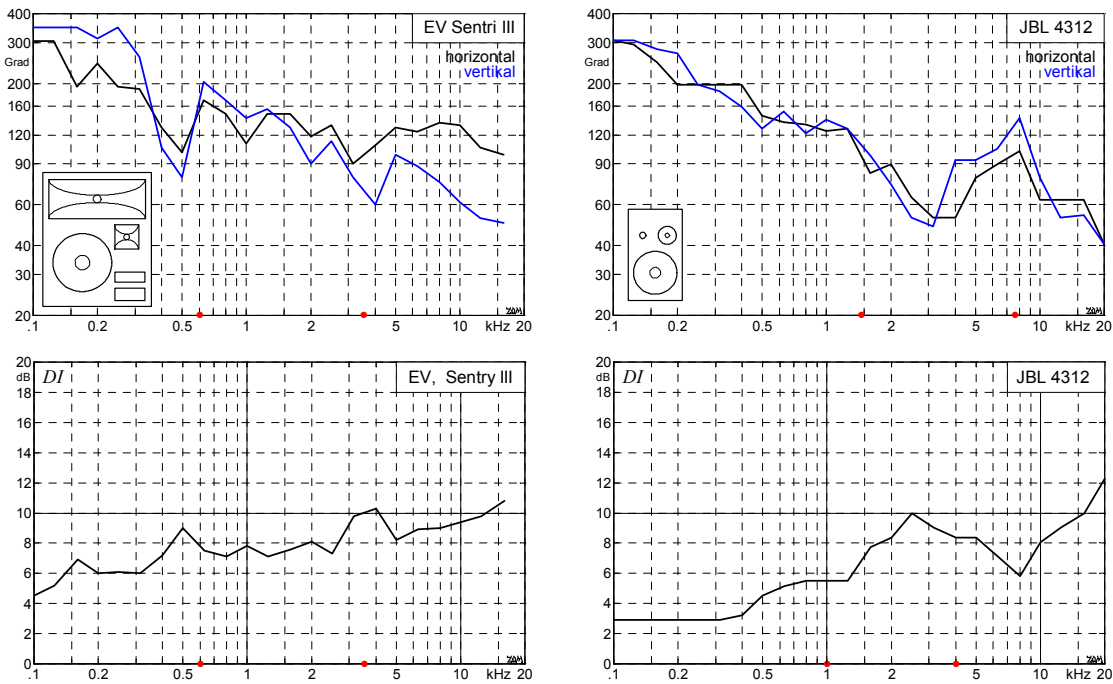


Abb. 11.121: Öffnungswinkel und Bündelungsmaß zweier Dreiweg-Lautsprecher (Herstellerangaben).

Die folgenden Bilder (Abb. 11.122) gehören zu Zweiweg-Boxen. JBL und Altec kann man sich gut im Studio vorstellen, die EV-Box ist eher als PA-Box gedacht. Die 604-8L kombiniert einen 15"-Basslautsprecher mit einem hierzu koaxialen 60°x40°-Mantaray-Horn, die beiden JBL verwenden sog. Biradial-Hörner (100°x100°), die EV-Box hat ein 90°x40°-Horn. Keine dieser Richtcharakteristiken kann man als besonders gut oder besonders schlecht bezeichnen – die Qualität hängt immer vom individuellen Einsatzort ab. In einem Studio wird das ein relativ stark bedämpfter Abhörraum sein, dessen Nachhallzeit zwischen 0.2 und 0.4 s liegt, woraus sich ein Hallradius von ca. 1.5 m ergibt. Der effektive Hallradius [3] wird dann bei ungefähr 2 – 6 m liegen, was dem Diffusschall schon Bedeutung gibt.

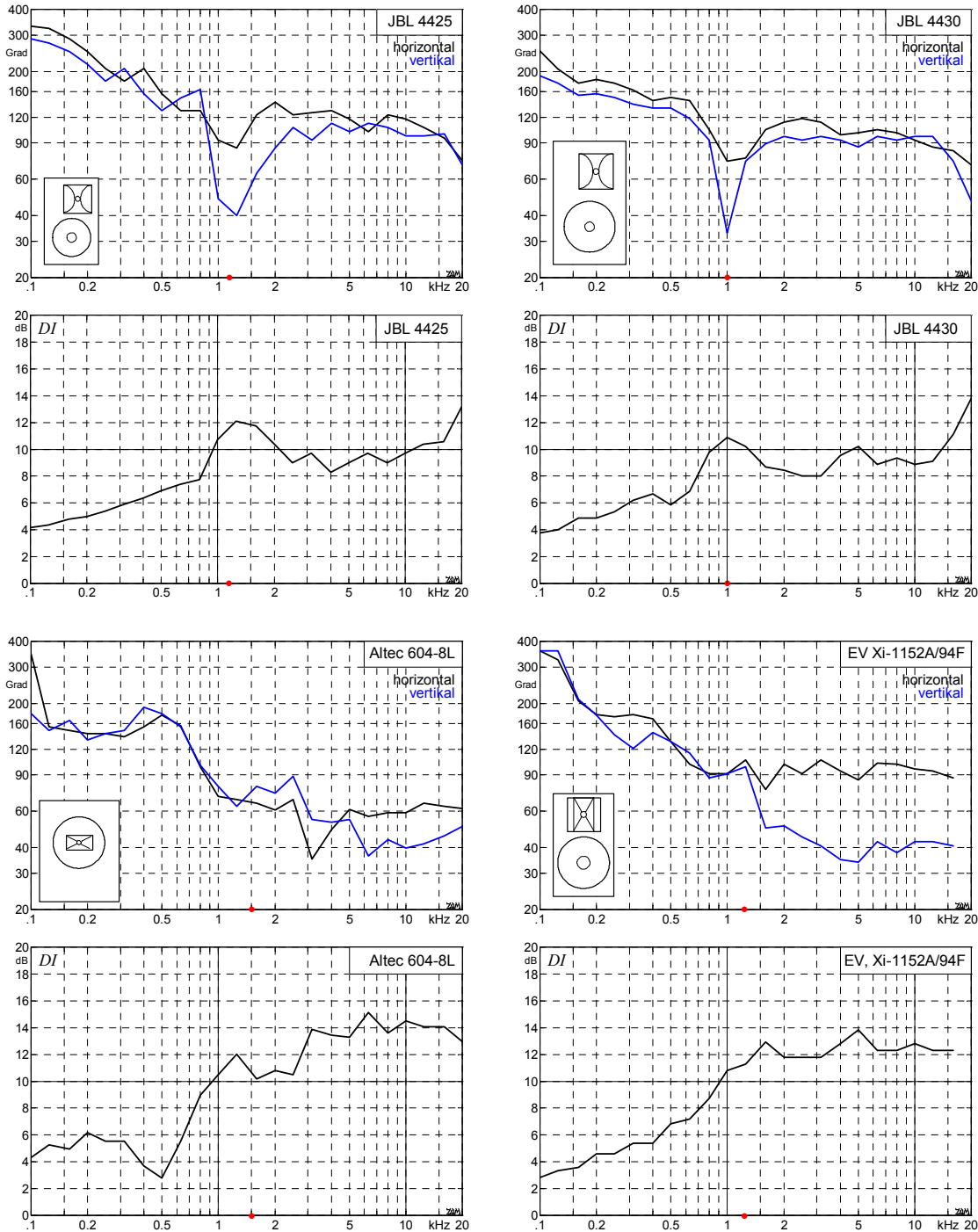


Abb. 11.122: Öffnungswinkel und Bündelungsmaß von vier Zweiweg-Lautsprecher (Herstellerangaben).

Abb. 11.123 zeigt Nachhallzeiten $T_{60}(f)$ zweier professioneller Regieräume. Für einen davon (schwarze Kurve) sind im rechten Bild die effektiven Hallradien dargestellt, d.h. die um die Wurzel aus dem Bündelungsgrad vergrößerten Hallradien [3]. Ein Tonmeister, der 3 – 4 m von den Lautsprechern entfernt abhört, befindet sich folglich tieffrequent überwiegend im Diffusfeld, hochfrequent dagegen überwiegend im Direktfeld. Je nach Lautsprecher-Bündelung ergibt sich eine sehr spezielle Mischung aus Direkt- und Diffusschall, die beim JBL 4425 schon sehr "charakteristisch" ausfällt.

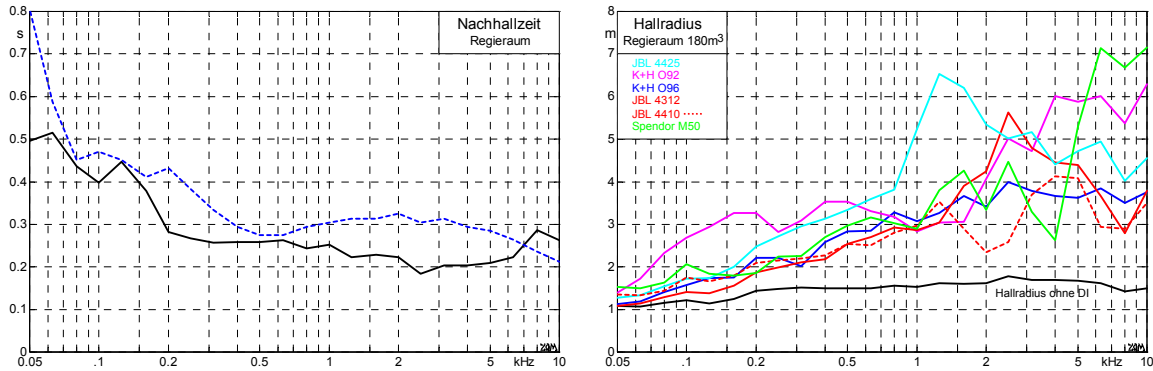


Abb. 11.123: Nachhallzeit-Frequenzgänge zweier Regieräume (links). Für die schwarze Kurve zeigt das rechte Bild die effektiven Hallradien für 6 verschiedene Studio-Lautsprecher.

Abschließend noch ein paar Messkurven zu den **nichtlinearen Verzerrungen** (**Abb. 11.124**). Die Anforderung, in 2 m Abstand einen Schallpegel von 80 dB erzeugen zu können, ist nicht besonders hoch. Wenn dabei aber Klirrfaktoren unter 0.1% erreicht werden sollen, fallen doch einige Boxen durch. Klassische Studio-Monitore liegen in dieser Disziplin eher um 1%, was auch nicht ganz schlecht ist, moderne Neuentwicklungen unterbieten die 1%-Marke deutlich. Natürlich sind 80 dB in 2 m nicht der maximal geforderte Schallpegel – der liegt bei ungefähr 110 dB / 2m. Auch hierbei sollten die nichtlinearen Verzerrungen "unauffällig" bleiben.

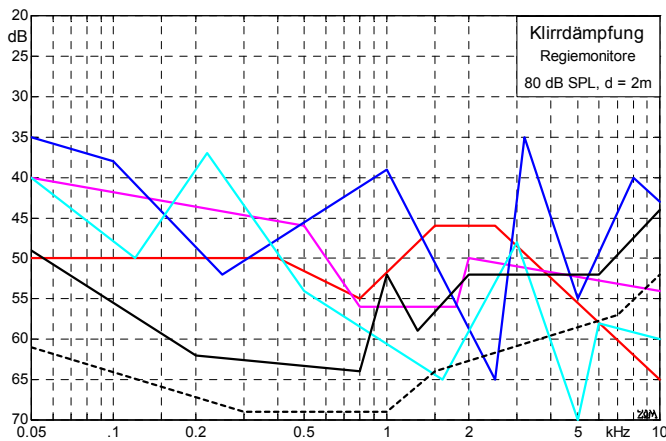


Abb. 11.124: Klirrdämpfungen verschiedener Studio-Lautsprecher (Herstellerangaben).