

### Anwendungs-Leitfaden – Die axxent AX-Serie in der Praxis

Die große praktische Erfahrung und die Wünsche renommierter Ela-Praktiker und von Planungingenieuren in verschiedenen Ländern, sowie die langjährige Erfahrung der axxent® Produktentwickler sind in die Entwicklung der AX-Endstufen-Serien eingeflossen. Der von axxent® gewohnte hohe Qualitätsstandard, die Betriebszuverlässigkeit, die Langzeitstabilität und die Flexibilität im praktischen Einsatz sind auch bei der AX-Serie selbstverständlich. Diese Anwendungsbroschüre soll Sie bei der Planung, dem Aufbau und dem optimalen Einsatz der axxent®-Verstärker der AX-Modellreihen unterstützen.

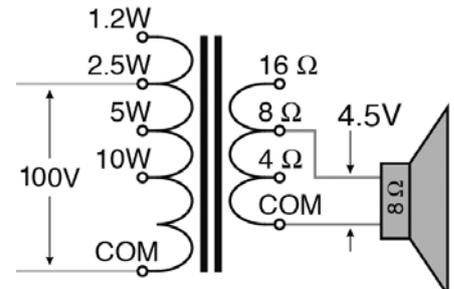
#### INHALT

Dezentrale Anlagen .....	2
Die ersten Planungsschritte.....	3-4
Berechnung der Verstärkerleistung .....	5
Berechnungsbeispiel.....	6
Wahl des Verstärkers .....	7
Installationstipps und Beispiel.....	8
Wieviele Lautsprecher? .....	9
Übertragersättigung.....	10
Hoch- und Niedervolt Lautsprecher.....	11
Kabelverluste.....	11
Kabelverlust-Diagramm.....	12
Leistungsangaben .....	13
Thermische Bedingungen.....	13



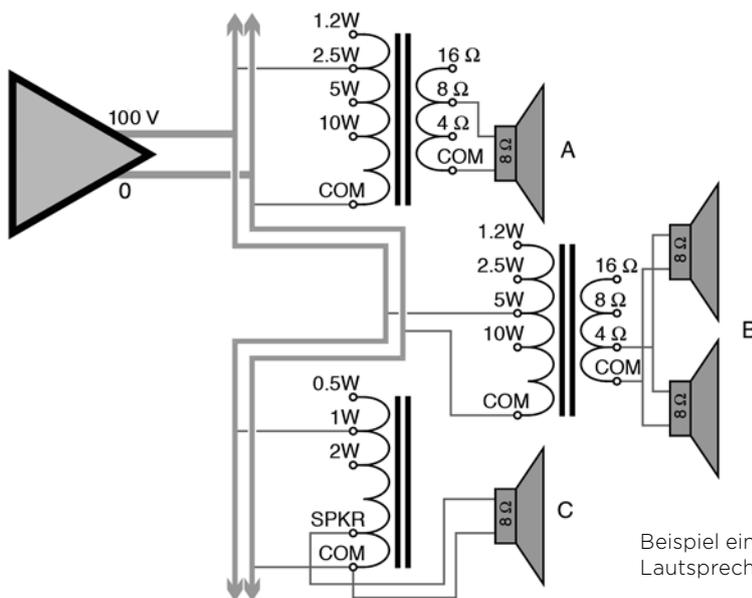
### Dezentrale Anlagen (100-V-Technik)

Der wohl beste Weg für die Leistungsverteilung und die Verkabelung bei dezentralen Beschallungsanlagen für kleine bis mittlere Leistungen bei langen Kabelwegen ist die Konstantspannungs- oder 100-V-Technik. Die Ausgangsleistung wird definiert durch die Höhe des Stroms, die der Verstärker bei definiertem Spannungswert (z.B. 100 Volt) liefern kann. Ein Hochleistungsverstärker kann bei dieser definierten Spannung höhere Ströme (und damit höhere Leistung) an den Lautsprecher liefern oder damit mehr Lautsprecher betreiben, als ein kleinerer Verstärker.



Beispiel eines Lautsprecheranschlusses an den Ausgangsübertrager eines Hochvoltsystems.

Die Lautsprecherübertrager in dezentralen Lautsprecheranlagen haben verschiedene Anzapfungen zur Anpassung an die benötigte Leistung. Wird beispielsweise ein Lautsprecher an die 4-Watt-Anzapfung eines Übertragers angeschlossen, so erhält er diese Leistung bei Erreichen von 100 Volt Ausgangsspannung des Verstärkers. Die Anzapfungen liegen meist im Abstand von 3 dB, d.h. verdoppelte Leistung im Vergleich zur davorliegenden Anzapfung. Eine typische Anschlussreihe wäre 1, 2, 4 und 8 Watt zur Auswahl der jeweils optimalen Leistung für die einzelnen Lautsprecher am gleichen Ausgang bei einer Nennspannung von 100 V.



Beispiel einer typischen Konstantspannungs-Lautsprecher-Verteilung

### Planung einer dezentralen Lautsprecheranlage

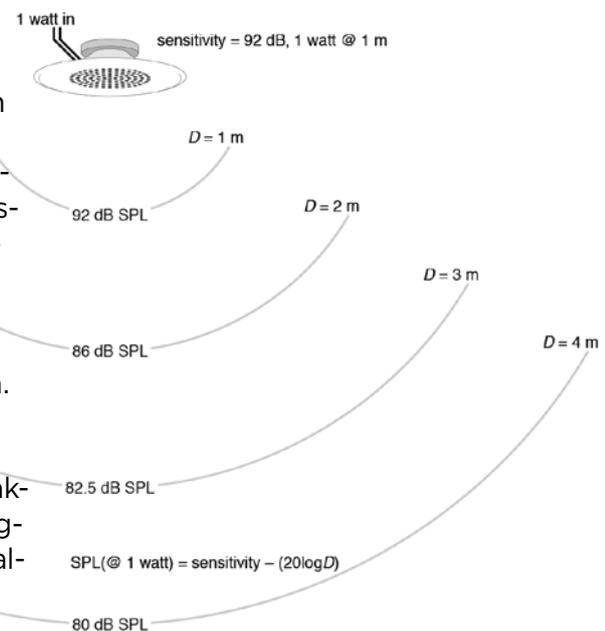
#### Die ersten Schritte bei der Planung:

- Bestimmung der erforderlichen Verstärker-Ausgangsleistung für die gesamten Lautsprecher
- Wahl des geeigneten Verstärkers

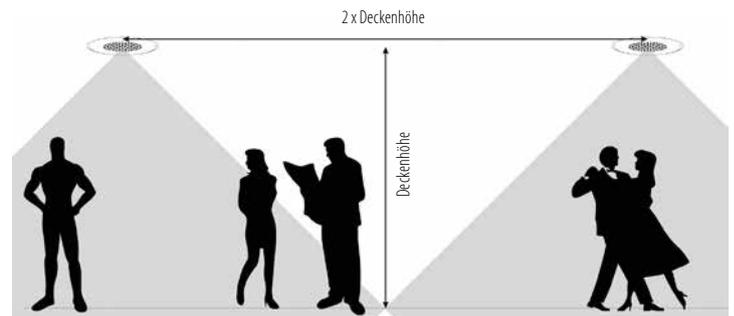
Ziel bei der Lautsprecher-Platzierung in einer dezentralen Beschallungsanlage ist es, das vorgesehene Schallfeld möglichst homogen und mit hohem Wirkungsgrad „auszuleuchten“. Eine gute Schallfeldverteilung bedeutet möglichst gleichmäßigen Schalldruck und hohe Sprachverständlichkeit im gesamten hörtechnisch wichtigen Bereich. Unter ökonomischen Gesichtspunkten sollten vorgenannte Forderung mit möglichst wenigen Lautsprechern erreicht werden.

Ein Lautsprecher erzeugt in einem teilweise oder völlig geschlossenem Raum zwei Schallfelder: das direkte Schallfeld, das direkt auf der „Sichtachse“ des Lautsprechers entsteht und das diffuse Schallfeld, das durch den an Gegenständen, Wänden, Böden, Decken etc. reflektierten Schall gebildet wird. Das direkte Schallfeld nimmt proportional mit dem Abstand zur Schallquelle (Lautsprecher) ab. Und zwar fällt bei jeder Verdopplung des Abstands zur Schallquelle der Schalldruckpegel um 6 dB ab, d.h. dass der Schalldruck im Quadrat der Entfernung zur Schallquelle abnimmt.

Obwohl das vorgenannte Verhältnis für den Direktschallanteil im Prinzip auch für das Diffus-Schallfeld zutrifft, ist dieses jedoch schwerer zu berechnen und vorauszusagen, da hier sehr viele Unbekannte, wie z.B. Mehrfachreflexionen auftreten. Ein weiteres Problem besteht darin, dass der Zuhörer beim Entfernen von einem Lautsprecher voraussichtlich einem anderen Lautsprecher näher kommt. Eine Diffusfeld-Kontrolle setzt oft architektonische und bautechnische Planungen voraus, die den Einsatz von akustisch absorbierenden Materialien (Vorhänge, Teppiche etc.) beinhalten. Zur Erhaltung der Sprachverständlichkeit ist eine Optimierung des Verhältnisses Direkt-/Diffus-Schallfeld erforderlich. Dies bedeutet im Allgemeinen die Platzierung der Lautsprecher in der Nähe der Zuhörer, soweit dieses ökonomisch und praktisch machbar ist. Eine dezentrale Beschallung ist diesbezüglich oft hilfreich und besonders in akustisch ungünstigen, halligen Räumen einer zentralen Beschallung vorzuziehen.

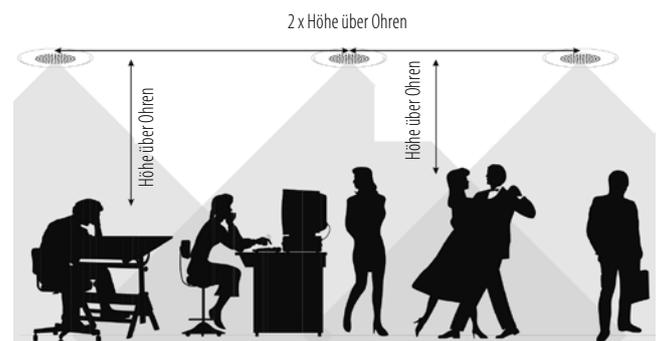


Typische Vertreter dieses Problems sind Räume mit vielen harten reflektierenden Oberflächen (Glas, Beton etc.), die eine gute Sprachverständlichkeit oft sehr beeinträchtigen. Hier hilft die dezentrale Beschallung mit mehreren, im Raum verteilten Lautsprechern, ein homogeneres Schallfeld bei guter Sprachverständlichkeit zu erzeugen und das Verhältnis Direkt-/Diffus-Schallfeld zu verbessern. Bei Deckenlautsprechern gilt die Faustregel: der Mittenabstand der geplanten Deckenlautsprecher sollte nicht größer sein als der doppelte Abstand vom Boden zur Decke. Bei Lautsprechern mit einem Abstrahlwinkel von etwa  $90^\circ$  ist eine solche Anordnung meist für Hintergrundmusik geeignet, bringt jedoch für Paging (Ruf/Durchsagen) Probleme mit sich.



Für Durchsagezwecke empfiehlt sich ein Mittenabstand der Lautsprecher zueinander, die etwa der doppelten Distanz der Ohren des Publikums zur Decke entspricht. Dieses erfordert natürlich mehr und enger beieinander montierte Lautsprecher als das vorhergehende Beispiel, bietet dafür aber ein recht homogenes Schallfeld mit guter Sprachverständlichkeit. Aus der vorgenannten Faustregel ergibt sich ergo, dass der Lautsprecherabstand bei stehenden Zuhörern kürzer sein muss als bei sitzendem Publikum.

**Beispiel:** eine Cafeteria hat eine Höhe von etwa 3 m, wobei die durchschnittliche Höhe der Ohren der Zuhörer im Sitzen etwa 1 m über dem Boden beträgt, oder ca. 1,80 m ab Decke. In diesem Beispiel sollte der Lautsprecherabstand nicht mehr als ca. 3,60 m betragen. Ein noch besseres und homogeneres Schallfeld wird bei einem Lautsprecherabstand von ca. 1,5-mal der Entfernung Decke zum Ohr erzielt, womit sich ein Lautsprecherabstand von etwa 2,70 m ergibt.

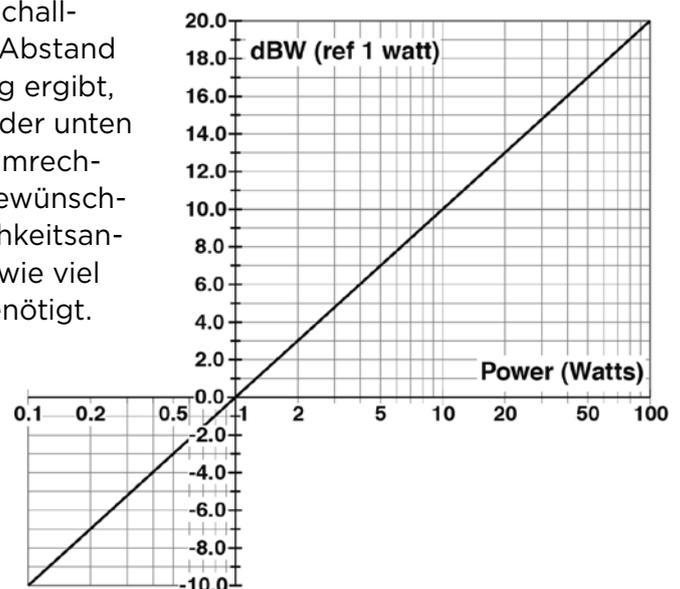


## Berechnung der erforderlichen Verstärkerleistung

Nachdem die Platzierung der einzelnen Lautsprecher festliegt, muss nun der Leistungsbedarf für jeden Lautsprecher bestimmt werden. Soll die Installation in einem bestehenden Raum vorgenommen werden, empfiehlt sich die Verwendung eines Schalldruckmessers (mit langsamer, integrierender Ansprechzeit) zur Messung des A-bewerteten Störgeräuschpegels in Ohrhöhe des Zuhörers. Versuchen Sie, diese Messung zu einer Zeit der höchsten vorkommenden Störpegel zu machen, d.h. z.B. in einer Fabrik, wenn alle Maschinen laufen, oder in einem vollbesetzten Restaurant. Hintergrundmusik erfordert einen Schalldruck, der mindestens 10 dB über dem Störgeräuschpegel liegt. Für eine gute Sprachverständlichkeit ist ein Schalldruckpegel erforderlich, der etwa 15 dB über dem Störgeräusch liegt, wobei ein Wert von 25 dB eine ausgezeichnete Sprachverständlichkeit ergibt.

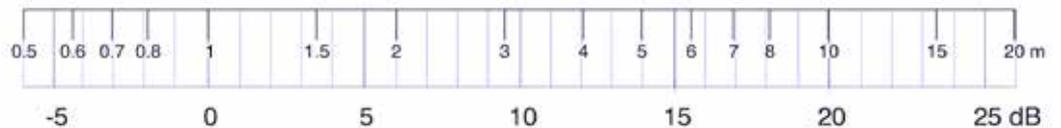
Nun wird der Abstand der Lautsprecher zu den Ohren der Zuhörer und die Angabe der Lautsprecher-Empfindlichkeit (Sensitivity) benötigt, um zu berechnen, wie viel Verstärkerleistung dem Lautsprecher zugeführt werden muss. Die Lautsprecherempfindlichkeit wird typisch angegeben in dB bezogen auf 1 W, 1 m. Dies bedeutet, dass (n) dB Schalldruck bei 1 W zugeführter Leistung, gemessen im Abstand von 1 m Entfernung zum Lautsprecher, die Leistung ergibt, die der Verstärker zur Verfügung stellen muss. In der unten gezeigten Tabelle lässt sich die Entfernung in dB umrechnen. Nun brauchen Sie nur noch diese Zahl zum gewünschten Schalldruckpegel addieren und die Empfindlichkeitsangabe hiervon abziehen. Hierdurch wird bestimmt, wie viel mehr oder weniger als 1 Watt der Lautsprecher benötigt.

Ein Berechnungsbeispiel finden Sie auf der folgenden Seite.



**Berechnungs-Beispiel**

Ein Lautsprecher mit einer Empfindlichkeit von 94 dB @ 1 W, 1 m soll einen Bereich mit einem Störgeräuschpegel von 72 dBA beschallen, gemessen an der Ohrposition der sitzenden Person am Tisch. Dieser Zuhörer möchte eine gute Sprachverständlichkeit. Daraus ergibt sich unser Ziel, einen Schalldruckpegel von 97 dB (72 + 25) für den Zielpersonenkreis zu erreichen. Der Deckenlautsprecher befindet sich in einer Höhe von 1,80 m über dem Ohr der Zuhörer. Die dB-Zahl ergibt sich über die Tabelle auf Seite 6 mit 5,2 dB. Das bedeutet, dass der Lautsprecher einen Schalldruckpegel von 102,2 dB (97 + 5,2) in einer Entfernung von 1 m produzieren muss, um im Abstand von 1,80 m noch einen Wert von 97 dB zu erreichen.



Der Lautsprecher benötigt ergo eine Verstärkerleistung, die 8,2 dB (102,2 - 94) über dem entsprechenden Wert bei 1 W liegt. Dies ergibt einen errechneten Wert von 6,6 W. Die Lautsprecheranzapfungen liegen bei 0,5-, 1-, 2-, 4 und 8 W. Die passende Anzapfung für unseren Lautsprecher im Beispiel wäre der 8-W-Tap, der lediglich 0,8 dB höher als der berechnete Idealwert liegt.

### Wahl des Verstärkers

Nach der Bestimmung des Leistungsbedarfs für jeden Lautsprecher und damit der entsprechenden Übertrager-Anzapfung werden diese Werte nun addiert.

#### **Beispiel:**

Wenn Sie 16 Lautsprecher am 2-W-Tap, 7 am 1-W- und 8 am 10-W-Tap anschließen, ergibt sich damit eine geforderte Gesamtleistung von 119 W.

Dank dem Trafo-eigenen Verlust, ist de facto mehr Verstärkerleistung erforderlich als unser Rechenbeispiel ergibt. Qualitativ hochwertige Ausgangsübertrager haben einen Verlust von etwa 1 dB, d.h. dass dem Übertrager 1,25 W Leistung zugeführt werden müssen, um am Lautsprecherausgang 1 W zu erzielen.

Bei Übertragern mit geringerem Qualitätsstandard beträgt dieser Verlust 2 dB, was bedeutet, dass etwa 1,6 W zugeführt werden müssen, um 1 W Ausgangsleistung für die Lautsprecher zu erreichen. Trafos minderer Qualität zeigen oft Verluste, die noch höher liegen, die aber über diesen Verlust hinaus die Gesamt-Übertragungsqualität der Anlage beeinträchtigen.

Zur Kompensation vorgenannter Verluste addieren Sie einen entsprechenden Prozentsatz zur errechneten Summe an den Übertragerausgängen. Für Trafos mit einem 1-dB-Verlust sollten etwa 25% Leistung hinzugerechnet werden, was in unserem obigen Beispiel die erforderlichen 119 W auf 149 W bringt. Gute gängige Praxis ist es weiterhin, diesem Wert nochmals 25% hinzuzufügen, um den erforderlichen dynamischen „Headroom“ zu sichern und für unvorhergesehene Systemerweiterungen (Hinzufügung von 1 oder 2 Lautsprechern, Ausgangs-Tap-Änderungen etc.) Reserve bereitzuhalten. Im vorgenannten Fall würde hiermit die Gesamt-Verstärkerleistung 186 W betragen. Dies ist der minimale Wert für den zu wählenden Verstärker.

### Installationstipps

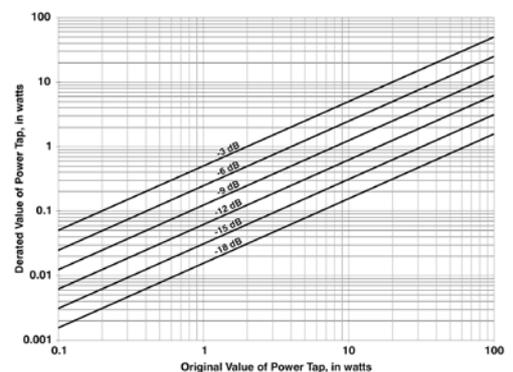
Nachdem die Anlage installiert und betriebsbereit ist, schalten Sie den Verstärker ab und messen die Impedanz aller angeschlossenen Lautsprecher am Verstärkerausgang mit einem Impedanzmeter (nicht mit einem Ohmmeter). Notieren Sie diesen Messwert für spätere Kontrollen. Sollten Sie einmal zu einem Servicefall gerufen werden, messen Sie nochmals die Impedanz und vergleichen sie mit dem notierten Wert. Hiermit lässt sich schnell und einfach bestimmen und evtl. herausfinden, was sich in der dezentralen Lautsprecheranlage verändert hat. Ebenso sollten Sie jeweils eine Impedanzmessung bei jedem Wechsel der Tap-Konfiguration vornehmen, bei hinzugefügten oder entfernten Lautsprechern oder bei sonstigen Änderungen oder Einstellungen der Verteilerwege.

### Verwendung von Komponenten mit unterschiedlichen Spannungen

In der Praxis kann es vorkommen, dass ein Übertrager oder eine Lautsprecher/Übertrager-Kombination mit unterschiedlichen Spannungen verwendet werden muss. So kann z.B. ein 70-V-Übertrager in einem 25-V-System verwendet werden, obwohl hierbei die Belegung der Anzapfung entsprechend geändert werden muss. Verwenden Sie niemals einen Übertrager mit einer höheren Spannung als der für ihn vorgesehenen.

**Beispiel:** Sie haben einen 70-V-Übertrager mit Anzapfungen 0,6-, 1-, 2-, 2,5- und 5 W. Welche Taps ergeben sich an einem 50-V-Übertrager? Die Tabelle zeigt, dass sich der Wert von 50 gegenüber 70 V um 3 dB verringert. Das Diagramm bestätigt, dass die Anzapfungen nun entsprechend bei 0,3-, 0,6-, 1,25 und 2,5 W liegen. In Deutschland und den meisten anderen europäischen Ländern ist die 100-V-Technik Standard. Zur Neuberechnung der Lautsprecheranschlüsse nehmen Sie den Original-Spannungswert des Übertragers in der linken Spalte der untenstehenden Tabelle und suchen dann das entsprechende Ergebnis für die Zielspannung. Der angegebene Tabellenwert entspricht der Verminderung in dB, wie auch in dem rechts gezeigten Diagramm ersichtlich.

		Voltage Rating of Transformer				
		50	70	100	140	200
Voltage of System	25	-6 dB	-9 dB	-12 dB	-15 dB	-18 dB
	50		-3 dB	-6 dB	-9 dB	-12 dB
	70			-3 dB	-6 dB	-9 dB
	100				-3 dB	-6 dB
	140					-3 dB



### Wie viele Lautsprecher?

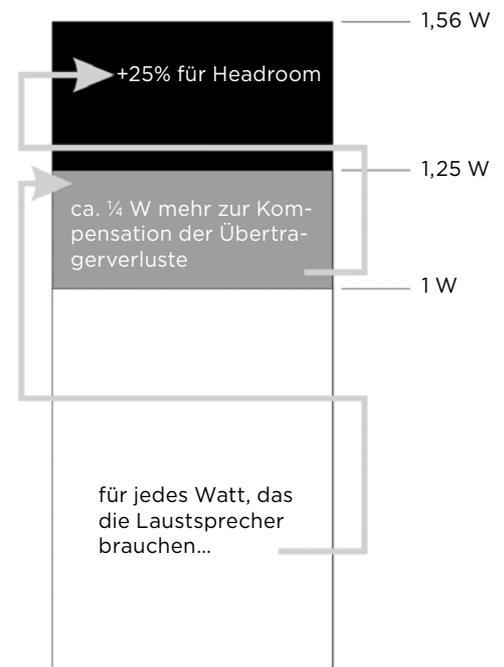
#### Wie viele Lautsprecher lassen sich in einem dezentralen System anschließen?

Der Verstärker selbst legt fest, wie viel Ausgangsleistung hierfür zur Verfügung steht. Hiervon sollten Sie, wie bereits gesagt, die Übertragerverluste und den Dynamik-Headroom abziehen. Der verbleibende Rest ist die effektive Leistung die für die Lautsprecher zur Verfügung steht.

#### Beispiel:

Nehmen wir an, Sie haben einen Verstärker mit einer Nennleistung von 500 W für eine 100-V-Linie, wobei Ihr Ausgangsübertrager einen typischen Verlust von 1 dB aufweist. Dieser Übertragerverlust bedeutet, dass 25% mehr Leistung zur Verfügung stehen muss, als effektiv den Lautsprechern zugeführt werden kann. Für den dynamischen Headroom sollten wie gesagt, weitere 25% Verstärkerleistung berücksichtigt werden, wobei dieser Headroom optional mit einberechnet wird, jedoch wärmstens empfohlen wird.

Außerdem ergibt sich damit etwas Reserve für kleinere Systemerweiterungen.  $1,25 \times 1,25 = 1,5625$ . Somit brauchen Sie mindestens 56% mehr Leistung als die rechnerische Summe an den Taps des Übertragerausgangs. Der reziproke Wert von 1,5625 ist 0,64. Das bedeutet, dass von der angegebenen Verstärker-Nennleistung nur eine für die Lautsprecher nutzbare Leistung von 64% zur Verfügung steht. Somit kann beispielsweise ein Verstärker mit einer Nennleistung von 500 W im Endeffekt zufriedenstellende 320 W an die Lautsprecher weitergeben, also z.B. 32 Lautsprecher jeweils am 10-W-Tap, oder 64 Lautsprecher an 5-W-Tap usw.



### Übertrager-Sättigung

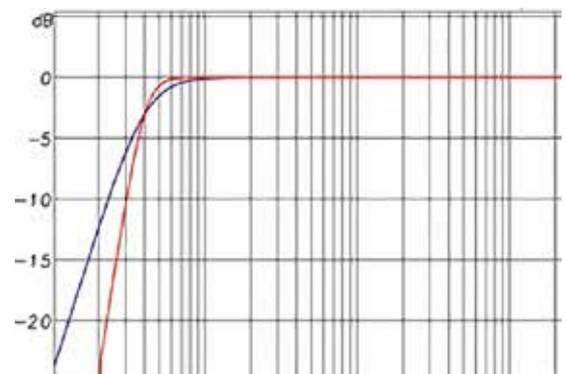
Lautsprecherübertrager sollten in ihrer Bauform nicht zu groß ausfallen. Qualitätsmäßig gibt es recht große Unterschiede. Die Tendenz zur Magnetkernsättigung bei tiefen Frequenzen ist daher unterschiedlich ausgebildet. Diese Sättigung tritt auf, wenn das im Magnetkern des Übertragers induzierte magnetische Feld den höchsten Wert erreicht hat, den die Magnetstruktur verkraften kann. Selbst wenn die Signalspannung weiter steigt, bleibt der magnetische Fluss ab diesem Punkt konstant, er gerät quasi ins „Clipping“. Hohe Frequenzen sind hierfür weniger gefährlich, da sich ihre Signalform und Polarität sehr schnell verändert, und vor Erreichen der Sättigung bereits wieder eine andere Form angenommen hat. Magnetkern-Sättigung verursacht hörbare Verzerrungen. In extremen Fällen kann es zur Beschädigung des Verstärkers führen, da, sobald der Übertrager den Sättigungsbereich verlässt, sein Magnetfeld schlagartig zusammenfällt und damit gefährliche Spannungsspitzen erzeugen kann.

Interessanterweise tritt dieses Phänomen stärker bei Verstärkern mit geringer Last als bei hochbelasteten Verstärkern auf. Ein wirksamer Weg zur Vermeidung dieses Sättigungsproblems ist das Herausfiltern der verursachenden Frequenzen, ohne dabei die hörbare Audioqualität zu beeinträchtigen.

Die Verstärker der AX- und AX-T-Serien besitzen einen hochwirksamen Schaltkreis (HP-Filter) zur Verhütung dieser Störung. Sollten irgendwelche Übertrager im System einen Frequenzgang aufweisen der nicht bis 45 Hz herunterreicht, muss ein entsprechender Hochpassfilter vor dem Verstärkereingang in den Signalpfad eingefügt werden.



Beispiel für einen modernen, hochbelastbaren Lautsprecherübertrager mit EI-Kern (axxent)



Hochpassfilter mit zwei unterschiedlichen Kurven für die Absenkung (störender) tiefer Frequenzen.

### Hoch- und Niedervolt-Lautsprecher am gleichen Kanal

Die axxent AX-T-Verstärker besitzen Konstantspannungsanschlüsse für dezentrale Beschallung. Die axxent-T Mono-Verstärkerblöcke der AX-T-Serie besitzen sowohl Konstantspannungsanschlüsse für 70/100 V als auch niederohmige Ausgänge. Hiermit wird eine Flexibilität erreicht, wie sie nur wenige Verstärker bieten. Am gleichen Verstärkerausgang können sowohl 100-V- als auch niederohmige Lautsprecher simultan angeschlossen werden. Der Aufbau eines solchen Arrangements ist einfach, jedoch sind einige Dinge zu beachten:

Verwenden Sie einen 8- $\Omega$ -Lautsprecher für den niederohmigen Anschluss. Die Lautsprecherbelastbarkeit sollte entsprechend hoch sein. Der direkt angeschlossene niederohmige Lautsprecher bildet die höchste Last am entsprechenden Verstärkerkanal. Ihm wird bedeutend mehr Leistung zur Verfügung gestellt als dem dezentralen System. Wenn Sie eine Pegelanpassung am Verstärker vornehmen, um den Schalldruckpegel am niederohmigen Lautsprecher zu verändern, so beeinflusst diese Pegeländerung natürlich auch die am Hochvoltausgang liegenden Lautsprecher, was evtl. so nicht gedacht war.

### Kabelverluste

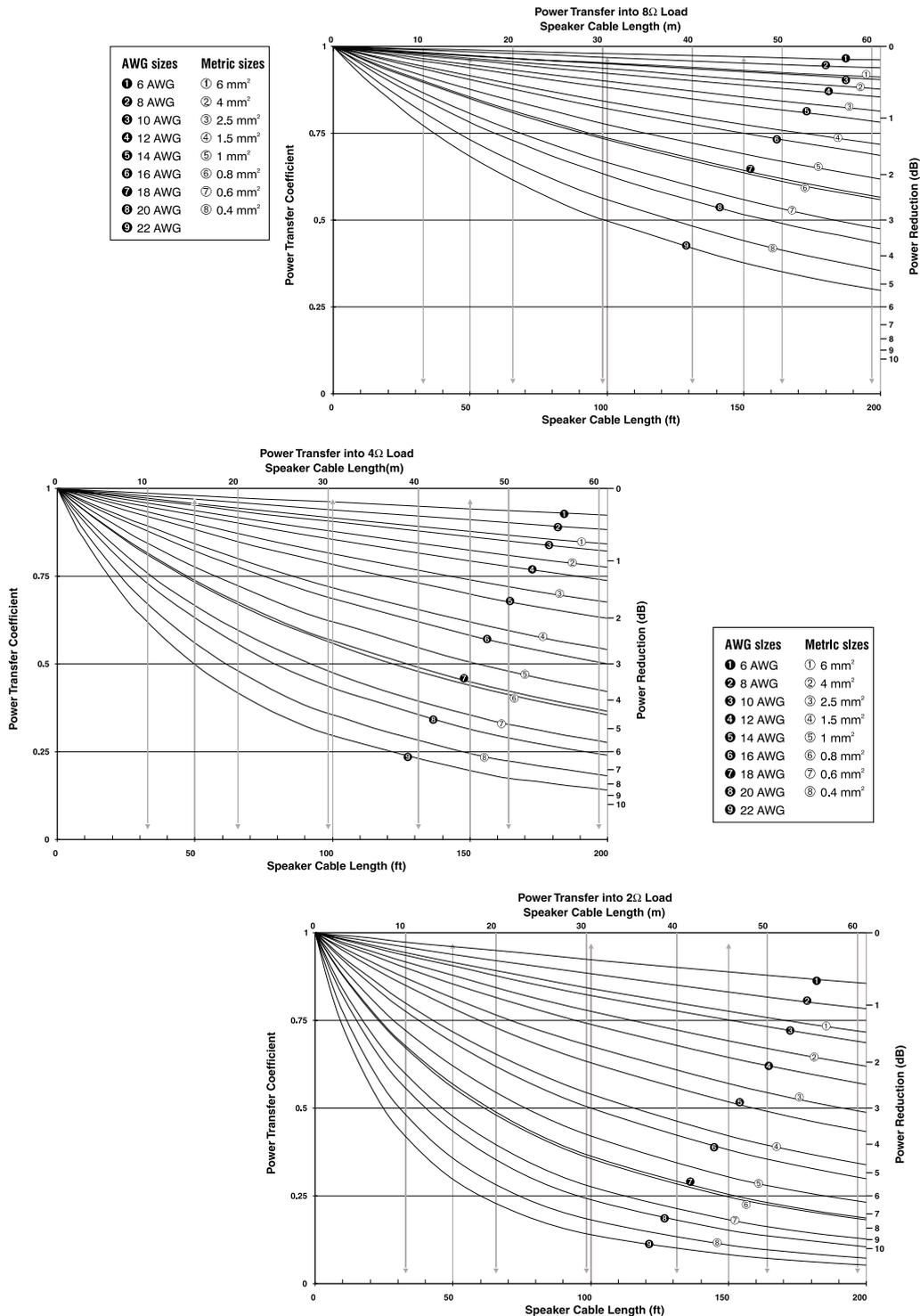
Selbst die besten hochqualitativen Kupferkabel haben einen elektrischen Widerstand, der zu Verlusten beim Stromfluss führt. Dieser Verlust ist umgekehrt proportional zum Kabeldurchmesser. Aus diesem Grunde sollten Sie immer Kupferkabel mit großem Querschnitt verwenden, um diese Verluste so gering wie möglich zu halten.

Dies ist besonders wichtig bei direkt angeschlossenen niederohmigen Lautsprechern. So würde z.B. ein Widerstand mit 0,5 Ohm keine nennenswerte Auswirkung auf eine 100-V-Line haben, bei einem direkt angeschlossenen 2- $\Omega$ -Lautsprecher würde der Leistungsverlust bereits 36% oder 1,9 dB betragen. Auch würde der Dämpfungsfaktor auf einen Wert von etwa 4 fallen. Bei einem rein theoretischen 0-Ohm-Widerstand würde es natürlich in den Lautsprecherkabeln keinerlei Verluste geben.

Auf der folgenden Seite geht's weiter mit erklärenden Diagrammen...

Das unten abgebildete Diagramm vergleicht dieses theoretische 0-Ideal mit praktischen Verhältnissen und drückt dieses als Verhältnis aus (Leistungsübertragungs-Koeffizient), der durch die Formel beschrieben wird  $[\frac{R_{LAST}}{R_{KABEL}+R_{LAST}}]^2$ . Nehmen wir eine Lautsprecherlast von  $8 \Omega$  an. Bei dem imaginären 0-Widerstand des Kabels würde die gesamte

Leistung an den Lautsprecher gelangen, so dass dieser Koeffizient = 1 wäre. Ersetzen wir nun dieses Kabel mit einem Widerstand von  $0,2 \Omega$ , würden nur noch 95,2% am Ziel ankommen, womit sich ein Koeffizient von 0,952 oder 0,2 dB ergibt.



Eine Herausforderung bei der Entwicklung der AX-Verstärker-Serien - besonders bei den Hochleistungsmodellen - war die verzerrungsfreie Abgabe der vollen Leistung beim Betrieb an Standard-Stromnetzen.

Der Begriff „normale Bedingungen“ in der Angabe der Verstärkerleistung basiert auf dem Betrieb mit einer Pink-Noise-Signalquelle bei einer Durchschnittsleistung, die  $\frac{1}{8}$  der Maximalleistung beträgt. Dies ist eine anerkannte Grundlage für praxisgerechte Messungen, die auch von den meisten staatlichen Prüfstellen für elektrische Sicherheit anerkannt werden. Bezogen auf Musikprogramm-Material ist das so ziemlich der höchste nutzbare Pegel bei gleichzeitig minimaler Übersteuerungsgefahr.

Die Spitzenstromaufnahme eines Verstärkers bei einer 2  $\Omega$ -Last ist um ein vielfaches höher als unter dieser Normalkondition. Durch verschiedene Schutzschaltungen wird jedoch verhindert, dass diese Bedingungen länger als 1 oder 2 Minuten auftreten können. Bei der Netzspannungsversorgung für Ihren axxent-Verstärker sehen Sie bitte in das entsprechende Datenblatt, das die zu erwartende Stromaufnahme zeigt. In der Praxis können Sie die  $\frac{1}{8}$  Stromaufnahme nehmen und dann eine Sicherheitsmarge für gelegentliche Crescendos hinzufügen.

### Thermische Bedingungen

Im Prinzip entnimmt ein Verstärker dem Netz elektrische Energie, wandelt sie in Gleichspannung um und konvertiert diese dann in entsprechende Ausgangsleistung für die Lautsprecher. Jede Leistung, die vom Stromnetz aufgenommen, und die nicht am Lautsprecherausgang wieder abgenommen wird, wird in Wärme umgewandelt, die der Verstärker durch ein Lüftungssystem beseitigen muss. Beim Innenbetrieb kann der Einsatz vieler Leistungsverstärker schon eine Herausforderung für die Hausklimaanlage darstellen. Die entsprechenden Wärmeverlustwerte entnehmen Sie bitte den jeweiligen Datenblättern.

Die Stromaufnahmewerte entnehmen Sie bitte ebenfalls den Datenblättern. Rechnen Sie hierbei aus praktischen Erwägungen die realistischen Betriebsbedingungen mit  $\frac{1}{8}$  Lastwert.