

# 100 Volt in der PA-Technik

Die 100-Volt-Technik ist als eine Art Standard in der Festinstallation zu betrachten und findet in einigen Spezialfällen auch in der PA-Technik Verwendung. Das ist vor allem bei sehr großen Leitungslängen und bei besonderen Sicherheitsanforderungen der Fall.

Kern dieses Verfahrens sind Übertrager bzw. Trafos in den Endverstärkern und in allen Lautsprechern, die eine Leistungsanpassung vornehmen. Speziell in der PA-Branche wird über die 100-V-Technik eigentlich zu Unrecht manchmal die Nase gerümpft. Als Argumente werden die Nachteile der Übertrager im Signalweg mit erhöhten Verzerrungen, Sättigungseffekten und mangelndem Dämpfungsfaktor angeführt. Mehr oder weniger trifft das alles unter bestimmten Bedingungen auch irgendwie zu. Dass dem gegenüber aber auch attraktive Vorzüge stehen, wird manchmal vorschnell vergessen. An dieser Stelle soll daher ein kurzer Blick auf die 100-V-Technik und die zugehörigen Berechnungsmethoden geworfen werden. Die Zusammenhänge können an einem einfachen Beispiel erläutert werden. Für die Beschallung eines kleinen Geländes steht eine Endstufe mit 240 Watt Leistung an 4 Ohm zur Verfügung, die insgesamt vier Lautsprecher versorgen soll. Soll diese Leistung nun auf mehrere Lautsprecher aufgeteilt werden, so bleibt nur die Möglichkeit, diese parallel am Ausgang der Endstufe anzuschließen. Vier Lautsprecher mit je 16 Ohm Nennimpedanz könnten so z. B. zu gleichen Teilen mit je 60 Watt versorgt werden. Für den Fall, dass die vier Lautsprecher keine 16-Ohm-Typen, sondern 8- oder 4-Ohm-Systeme wären, würde schon ein ernsthaftes Problem entstehen: Der Verstärker wäre mit einer Last von 2 oder 1 Ohm belastet – oder besser gesagt: überlastet – und würde vermutlich den Dienst quittieren. Eine weitere Schwierigkeit könnte dadurch entstehen, dass manche Lautsprecher mehr Leistung benötigen als andere, wenn unterschiedliche Pegel gewünscht sind. Eine

Lösung wäre mit getrennten Verstärkern für jeden Lautsprecher zu finden, sodass auch jeder Weg für sich im Pegel eingestellt werden könnte. Die Kosten für eine solche Lösung sind allerdings erheblich höher, auch dann wenn die einzelnen Verstärker in ihrer Leistung kleiner dimensioniert werden könnten. Hinzu käme die separate Leitungsführung zu jedem Lautsprecher. Der 100-Volt-Gedanke ist nun, dass mit Hilfe von Übertragern (respektive Transformatoren) alle Quellen, hier die Verstärker, und alle Empfänger, hier die Lautsprecher, so angepasst werden, dass sie bei einer Spannung von genau 100 Volt ihre Nennleistung abgeben bzw. aufnehmen. Für unser Beispiel heißt das, der Verstärker liefert seine maximale Ausgangsleistung, wenn am Ausgang des Übertragers 100 Volt anliegen. Ohne Übertrager würde der Verstärker mit 240 Watt an 4 Ohm seine maximale Leistung bei einer Ausgangsspannung von 31 Volt liefern:

$$U = \sqrt{P_N \cdot R} = \sqrt{240W \cdot 4\Omega} = 31V$$

Der Übertrager sollte demnach ein Übersetzungsverhältnis von 1 zu 3,23 haben. Auf der Empfängerseite bei den Lautsprechern erfolgt die Anpassung in umgekehrter Richtung. Ein 60-Watt-Lautsprecher mit einer nominellen Impedanz von 8 Ohm wird bei einer Spannung von 21,9 Volt mit seiner Nennleistung angesteuert. Hier wäre demnach ein Übertrager mit dem Übersetzungsverhältnis 4,56 zu 1 erforderlich. Unterschiedliche Lautsprecher können so mit Hilfe von Übertragern passenden Übersetzungsverhältnisses zueinander angepasst werden, dass jeder Lautsprecher seine Nennleistung bei

100 Volt Spannung am Übertragereingang erhält. Dabei ist es völlig egal, ob der Lautsprecher nun 10, 30 oder 120 Watt Nennleistung hat. Auf der Lautsprecherseite verfügen die Übertrager in der Regel über mehrere Anzapfungen, womit auszuwählen ist, ob der Lautsprecher mit 100 %, 50 % oder 25 % Nennleistung betrieben wird. Für die PAB-120WP bedeutet das 120 / 60 / 30 Watt Leistung. Auf diesem Weg ist dann auch eine einfache Pegelanpassung – hier mit Stufen von 0, -3 und -6 dB – möglich. Die Auslastung des Verstärkers ist bei 100-Volt-Systemen ebenfalls sehr einfach zu berechnen, indem die Leistungen aller Verbraucher aufaddiert werden. Die Impedanzen der einzelnen Lautsprecher sind dabei nicht weiter von Bedeutung, da alle Lautsprecher über ihre Übertrager auf Nennleistung bei gleicher Spannung von 100 Volt angepasst sind. Der Verstärker darf im 100-Volt-Netz nur mit so vielen Verbrauchern belastet werden, bis die Summe der Nennleistungen der Verbraucher die Nennleistung des Verstärkers erreicht. In unserem Beispiel liegt Vollaustattung vor, wenn zwei PAB-120WP in der 120-W-Einstellung oder vier in der 60-W-Einstellung angeschlossen werden. Gemischte Einstellungen sind natürlich ebenfalls möglich, solange die Summenleistungen nicht zu hoch werden.

## Große Distanzen verlustarm überwinden

Da bei Außeninstallationen häufig große Kabellängen zwischen Endverstärkern und Lautsprechern erforderlich sind, bietet die 100-Volt-Technik noch einen weiteren, ganz entscheidenden Vorzug. Durch

die hochtransformierte Spannung wirken sich Verluste durch den Leitungswiderstand im Vergleich zu einem direkten Anschluss des Lautsprechers an der Endstufe deutlich geringer aus. Auch hierzu ein kleines Beispiel. In der Abbildung ist die Kombination eines Verstärkers mit einem Lautsprecher mit je 100 Watt Leistung einmal mit und einmal ohne Übertrager gezeigt. Im Idealfall, d. h. ohne jegliche Kabelverluste, würde der Verstärker bei maximaler Ausgangsspannung von 20 Volt exakt 100 Watt an den Lautsprecher mit 4 Ohm Impedanz abgeben. In der Realität sind jedoch Übergangswiderstände und Kabelwiderstände zwischen Verstärker und Lautsprecher unvermeidlich. In der Vergleichsrechnung mit und ohne Übertrager hat in beiden Fällen das Verbindungskabel einen Widerstand von 2 Ohm. Ein solcher Wert entsteht z. B. bei einem 0,75 mm<sup>2</sup> Kabel bei ca. 90 m Länge. Ohne Übertrager liegen am Lautsprecher bei maximaler Ausgangsspannung des Verstärkers von 20 Volt durch den Spannungsteiler aus 4-Ohm-Lautsprecher und 2-Ohm-Kabelwiderstand noch 13,33 Volt an. D. h. von 100 Watt möglicher Leistung kommen jetzt noch 44,4 Watt an:

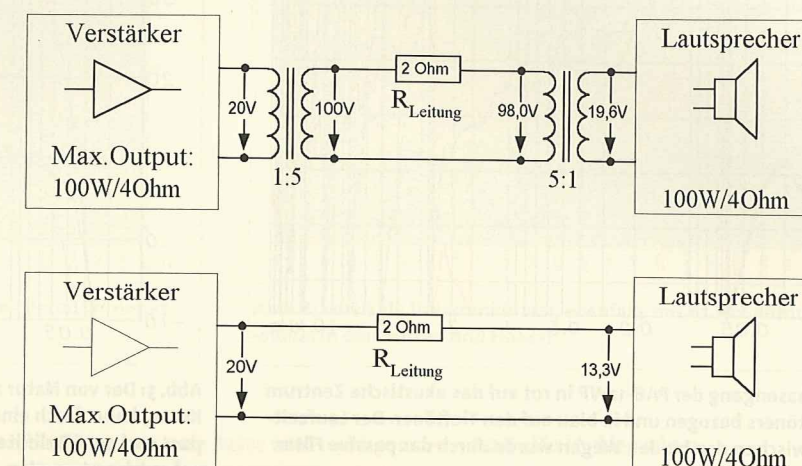
$$U_{IS} = 20V \cdot \frac{4\Omega}{2\Omega + 4\Omega} = 13,33V \rightarrow P_{IS} = \frac{(13,33V)^2}{4\Omega} = 44,4W$$

(Klemmspannung Lautsprecher = ULS)  
(Leistung des Lautsprechers = PLS)

Stellt man die gleiche Rechnung für das System mit 100-Volt-Übertragern an, so erreichen den Lautsprecher dagegen 96 Watt:

$$U_{IS} = 20V \cdot \left(\frac{5}{1}\right) \cdot \frac{4\Omega \cdot \left(\frac{5}{1}\right)^2}{2\Omega + 4\Omega \cdot \left(\frac{5}{1}\right)^2} = 98V \rightarrow P_{IS} = \frac{(98V \cdot \left(\frac{1}{5}\right))^2}{4\Omega} = 96W$$

Das Verhältnis (5/1) bzw. (1/5) in Klammern entspricht jeweils dem Übersetzungsverhältnis der Übertrager am Verstärker bzw. Lautsprecher. Ganz deutlich ist hier der Vorzug der 100-Volt-Technik zu erkennen, da die Leitungsverluste drastisch reduziert



Leitungsverluste mit und ohne Übertrager

werden und die Verstärkerleistung nahezu ungemindert den Lautsprecher erreicht. Das Prinzip entspricht dem von Überland-Hochspannungsleitungen, die den Strom auch nur mit entsprechend hochtransformierter Spannung über so große Entfernungen mit vertretbaren Verlusten transportieren können. Ein anderer Aspekt der 100-Volt-Systeme liegt in der erdfreien Signalführung, da die Signalleitungen durch den Übertrager galvanisch von der Endstufe und Gerätemasse bzw. Erde getrennt sind. Ein Kurzschluss gegen eine masseführende Leitung oder ein Gehäuse führt hier nicht zu einem Stromfluss. Unter dem Sicherheitsaspekt bietet die galvanische Trennung durch den Übertrager daher einen gewissen Schutz, da hier nur dann Gefahr besteht, wenn beide Leitungen gleichzeitig berührt werden. Neben den 100-Volt-Systemen sind in im amerikanischen Raum auch 70-Volt-Systeme üblich. Für spezielle Kabellängen in Stadien etc., werden auch 200-Volt-Systeme eingesetzt. Viele Lautsprecher sind schon vom Hersteller aus mit Übertragern aus-

gerüstet, die für 70- und 100-Volt-Systeme konfiguriert werden können.

Autor: Anselm Goertz

**kabeltronik®**

**AUDIO- UND VIDEOKABEL**

- ▶ Modulationskabel, Multicore
- ▶ Verdrahtungsleitungen
- ▶ Lautsprecherkabel
- ▶ Mikrofonkabel
- ▶ DMX-Kabel
- ▶ Kombileitungen
- ▶ Video-, Triaxkabel
- ▶ mobilfähige LAN-Kabel
- ▶ CAT 5e / CAT 7 Patchkabel
- ▶ USB-Kabel
- ▶ kundenspezifische Konstruktionen

**Wir liefern täglich bundesweit!**  
 Tel.: +49 (0)8466/94 04-0  
 Fax: +49 (0)8466/94 04-20  
 info@kabeltronik.de  
 www.kabeltronik.de