

Ist Leistung messbar?

Methoden zur Leistungsmessung bei Endstufen

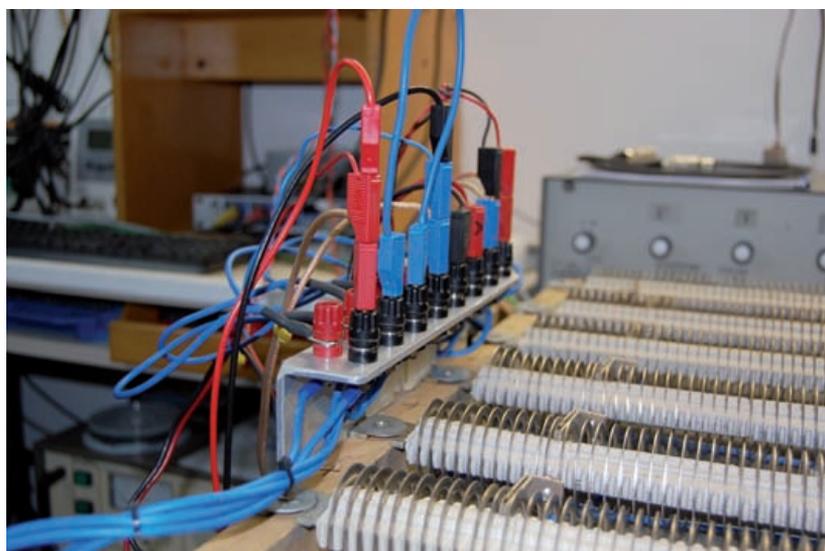


Bild 1: Die Lastwiderstände im „tools 4 music Labor“

Mit Leistung wird am liebsten geworben – unabhängig davon, ob es sich um PS/KW bei Verbrennungsmotoren oder Watt bei Endstufen handelt. Nur selten lassen sich dabei die Methoden zur Leistungsangabe, die von den Herstellern zugrunde gelegt werden, eindeutig nachvollziehen. Wann immer es Zeit und Aufwand zulassen, setzen wir deshalb Testgeräte nachvollziehbaren und reproduzierbaren Messverfahren aus, um eine realistische Vergleichsgrundlage als Basis unserer Bewertung zu erreichen. Die Herangehensweise beim Vergleichstest der 4-Kanal-Endstufen in Ausgabe 3/2010 orientierte sich an folgenden Kriterien.

Leistungsverlauf im Impulsfenster

Die Messung der Ausgangsleistung P von Endstufen mag auf den ersten Blick einfach klingen. Gemäß der Formel $P = U \times I$ (Leistung = Spannung \times Strom) sollte es doch nicht so schwer sein, eine Aussage zu treffen. Den Strom I ($I = U / R$) bestimmen wir schnell durch Division der gemessenen Ausgangsspannung U durch den Lastwiderstand R in Form einer ordentlich belastbaren Dreivegebox. Das Eingangssignal beziehen wir als Sinustestton von einer Audio-CD und messen abschließend mit dem Multimeter die Ausgangsspannung der Endstufe. Leider resultieren aus dieser Herangehensweise in der Praxis einige Fallstricke, über die der geeignete Mess-

techniker stolpern wird. Das erste Problem zeigt sich in Form des benötigten Lastwiderstands. Nicht nur aus Gründen der Zumutbarkeit in Form von Lärmbelästigung, sondern auch aus Gründen der Haltbarkeit fällt die gemeine Lautsprecherbox als Lastwiderstand aus. Alternativen bieten Leistungswiderstände mit genügender Belastungsstärke. Bei den Endstufentests benutzen wir dazu acht einzelne 2-Ohm-Flachdrahtwiderstände (Bild 1), die über Polklemmen und Kabelbrücken zu den gewünschten Widerstandswerten verschaltet werden. Die Belastbarkeit eines Widerstands beträgt 2,5 kW ohne Zwangskühlung. Damit lässt sich jeder „Leistungsbolide“ in die Knie zwingen.

Zur Messung der Impulshöhe ist schnelle Messtechnik gefordert. Grundsätzlich eignet sich dazu jedes Oszillo-



Bild 2: Der Isolationsverstärker Philips PM-8940 sorgt für problemlosen Anschluss der Lautsprecherausgänge an unser Messsystem

Hersteller	Ecler	K.M.E.	Powersoft Digam	RAM Audio
Modell	MPA-4-400R	DA-428	LQ-2804	S-4004
Leistung an 2 Ohm				
Sinus	nicht vorgesehen	nicht vorgesehen	nicht vorgesehen	Sicherung löst aus
Crest 12 dB	4 x 722	4 x 1.200	4 x 1.367	4 x 1.236
Impuls 80 Hz	4 x 578	4 x 1.152	4 x 1.211	4 x 1.078
Leistung an 4 Ohm				
Sinus	4 x 345	4 x 462	4 x 578	4 x 720
Crest 12 dB	4 x 427	4 x 663	4 x 870	4 x 900
Impuls 80 Hz	4 x 390	4 x 612	4 x 798	4 x 676
Leistung an 8 Ohm				
Sinus	4 x 191	4 x 225	4 x 330	4 x 435
Crest 12 dB	4 x 235	4 x 435	4 x 558	4 x 575
Impuls 80 Hz	4 x 235	4 x 412	4 x 550	4 x 512
Gewicht	20,5 kg	8,5 kg	7,3 kg	8,5 kg

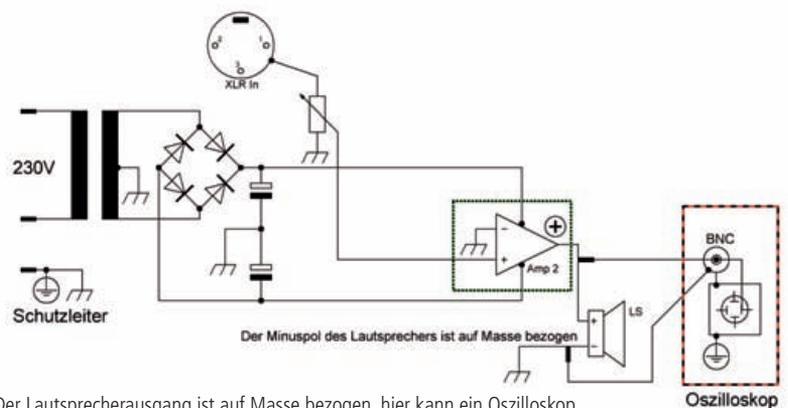
Sinustest mit max 1 % Klirrt / Crest 12 dB im Tastverhältnis 20 ms : 480 ms
Rangfolge: **ROT** (Rang 1), **GELB** (Rang 2) und **GRÜN** (Rang 3)

skop mit geeignetem Eingangsspannungsbereich. Besondere Vorsicht ist beim Umgang mit der Masse des Messeingangs geboten. Viele Endstufen haben an ihrem Lautsprecher Minuspol nicht das Potenzial des mit der Gehäuseerde verbundenen Netzteilmittelpunkts, sondern beispielsweise je nach Konstruktion die halbe Betriebsspannung einer PWM-Vollbrücke anliegen. Zwischen Plus- und Minuspol des Lautsprecherausgangs ist das nicht weiter kritisch, da erst durch Modulation der Endstufe die Ausgangsleistung in Form einer Wechselspannung entsteht.

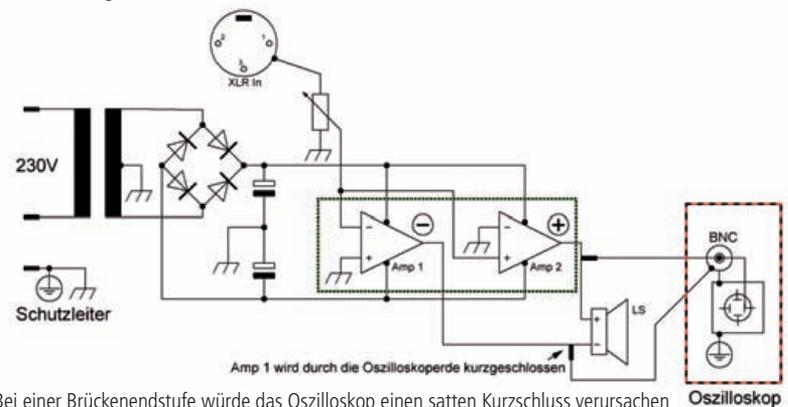
Die konstruktionsabhängig gegen die Bezugsmasse (z. B. Gehäuseerdung oder XLR-In Pin 1) anstehenden Spannungen können aber bei unbedachter Verbindung mit der geerdeten Masse vom Oszilloskop zu bösen Überraschungen führen. Dabei reicht die Bandbreite selbiger Überraschung zwischen gesundheitlich unbedenklichen Schrecksekunden durch lauten Knall bis zur Zerstörung von Endstufe oder Oszilloskop. Der erfahrene Profi beugt vor und greift zum Isolationsverstärker. Die Funktion ist ähnlich die einer DI-Box, jedoch mit ungleich höherem Bedienungskomfort und vor allem galvanisch/optischer Trennung. Der Isolationsverstärker wird vor den Messcomputer oder das Oszilloskop geschaltet und schützt sowohl das Messsystem als auch den Prüfling vor Schäden oder Fehlmessungen. Ein Beispiel für so einen Isolationsverstärker (auch Differenzastkopf genannt), ist der Philips PM-8940 (Bild 2). Mit Hilfe eines Isolationsverstärkers können wir Endstufenausgänge jeglicher Konstruktion direkt abgreifen, ohne uns über Kurzschlüsse Gedanken machen zu müssen.

Kommen wir zum nächsten Problem. Moderne Leistungsstufen bieten hohe Impulsleistung bei gleichzeitig verhältnismäßig geringen Dauerleistungen. Daher kommt als Messsignal eigentlich nur noch ein Sinusimpuls infrage. Es ist leider nicht einheitlich definiert, wie lang das Impuls/Pausenverhältnis sein soll. Hier hat jeder Hersteller seine eigene Betrachtungsweise und die Daten in den Gerätespezifikationen sind daher nur selten vergleichbar. Bei den tools 4 music-Messungen verwenden wir einen sogenannten Burstimpuls bei 1 kHz mit 20 ms Länge, gefolgt von einer 480-ms-Pause mit zehnfach kleinerer Amplitude. Zur genauen Auswertung der effektiven Momentanwerte im Impulsverlauf hilft uns das Messsystem weiter. Während bei einem normalen Oszilloskop unter Able-

tungsweise und die Daten in den Gerätespezifikationen sind daher nur selten vergleichbar. Bei den tools 4 music-Messungen verwenden wir einen sogenannten Burstimpuls bei 1 kHz mit 20 ms Länge, gefolgt von einer 480-ms-Pause mit zehnfach kleinerer Amplitude. Zur genauen Auswertung der effektiven Momentanwerte im Impulsverlauf hilft uns das Messsystem weiter. Während bei einem normalen Oszilloskop unter Able-



Der Lautsprecherausgang ist auf Masse bezogen, hier kann ein Oszilloskop problemlos angeschlossen werden



Bei einer Brückenendstufe würde das Oszilloskop einen satten Kurzschluss verursachen

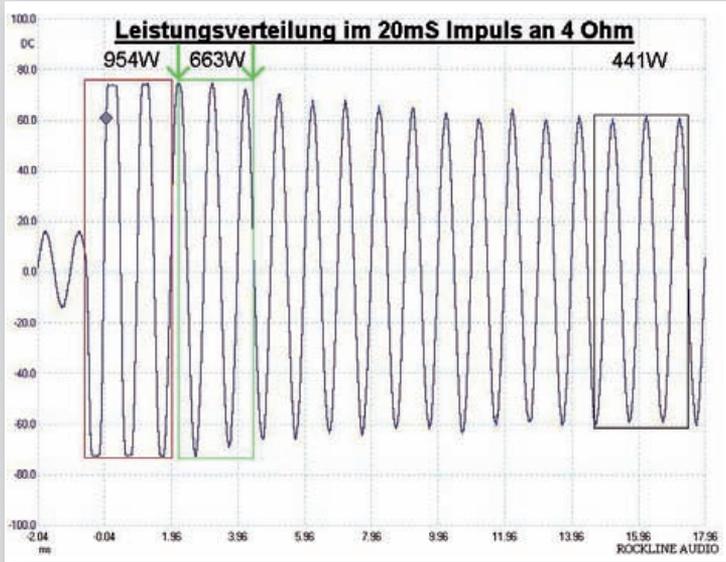


Bild 3: KME DA-428 Impulsleistungsdiagramm

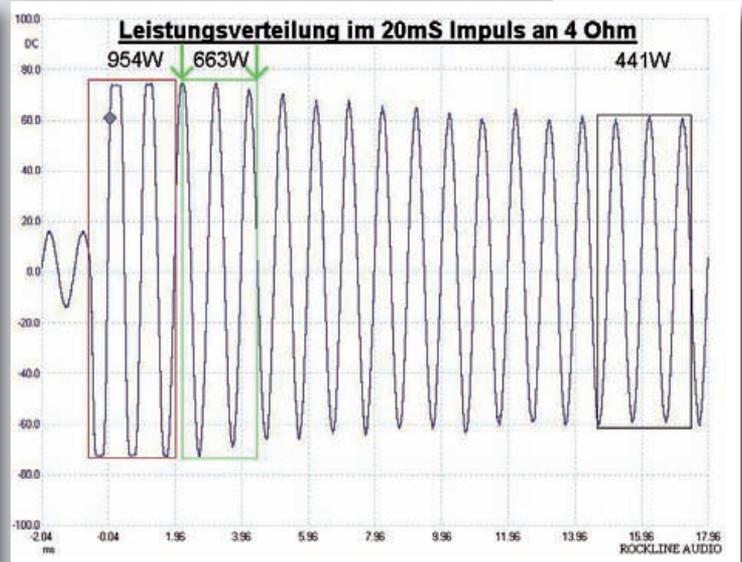


Bild 4: Powersoft Digam LQ-2804

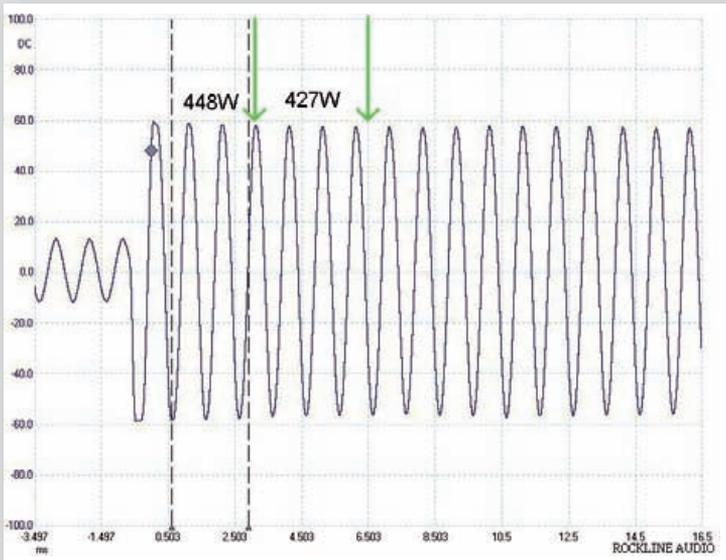


Bild 5: Ecler MPA 4-400R

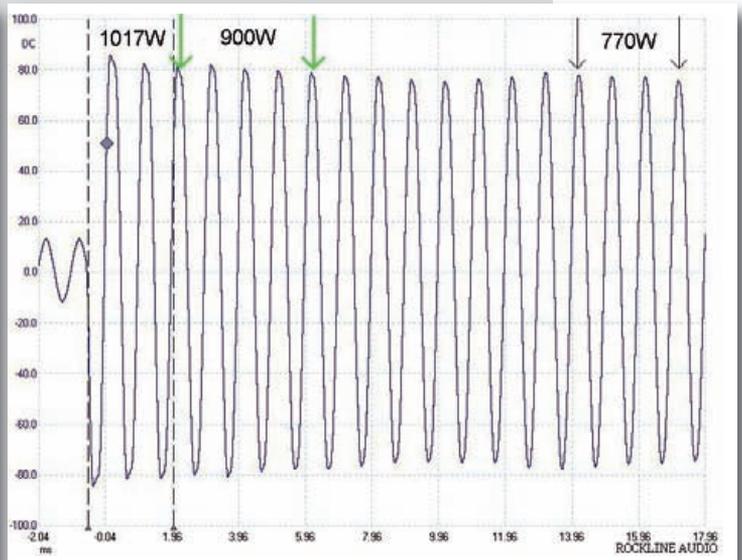


Bild 6: RAM Audio S-4004

sung der Amplitudenhöhen bei separater Umrechnung auf die Effektivwerte erst nachgerechnet werden muss, zeigt unser System die Leistung direkt im frei wählbaren Zeitabschnitt an. In Bild 3 schauen wir uns das am Beispiel der KME DA-428 Endstufe einmal genauer an.

Die KME DA-428 zeigt bei der Messung der Ausgangsleistung an 4 Ohm sehr schön die Wirkung des Leistungslimiters in der Werkseinstellung. Betrachten wir doch mal die Momentanwerte innerhalb des 20 ms währenden Testimpulses. Das rot umrahmte Feld beinhaltet die ersten 2 ms mit maximaler Ausgangsamplitude und sichtbaren Verzerrungsanteilen in Form von Clipping. Die zur Verfügung stehende Leistung errech-

net unser Messsystem mit hinterlegtem 4 Ohm Referenzwert zu 954 Watt Ausgangsleistung. Doch bereits nach 2 ms begrenzt die Endstufe deutlich, wie unschwer im grünen Feld erkennbar ist. Die Momentanwerte erreichen dabei immer noch 663 Watt und die Verzerrungsanteile sind inzwischen auf unter 1 Prozent THD zurückgegangen. Zum Ende des Impulses ist die deutlich reduzierte Ausgangsleistung von 441 Watt zu sehen (schwarz umrandet), bevor der Impuls nach der abgelaufenen 20 ms Messdauer eine Pause von 480 ms macht. Zur Wertung in unsere Leistungstabellen betrachten wir nun den Zeitabschnitt bei maximal 1 Prozent Verzerrungen, in unserem Beispiel das Zeitfenster zwischen 2 und 4 ms. Auch diese Werte errechnet unser

Programm mit Hilfe der integrierten Effektivwertausgabe. Die weiteren drei Diagramme der anderen „Kandidaten“ bieten die Möglichkeit zum direkten Leistungsvergleich unter Belastung an. Es ist verblüffend, wie in der kurzen Impulslänge von gerade mal 20 ms die Ausgangsleistung um rund 30 Prozent reduziert wird. Wir folgern daraus, dass die Endstufe sehr impulsfreudig ist, aber lang anhaltende Signale auf Werte innerhalb der Netzteil- und Ausgangsstufendimension reduziert.

Bei allen Messungen wurden die Endstufen an vier Kanälen gleichzeitig betrieben. Wie unschwer zu erkennen ist, reagieren die internen Limiter je nach Netzteilauslegung und Herstellerprogrammierung unterschiedlich. So bieten die KME DA-428 und die Powersoft Digam LQ-2804 beeindruckende Impulsspitzen, während die Endstufen Ecler MPA-4-400R und RAM Audio S-4004 wesentlich längere Zeitabschnitte mit nahezu konstanter Leistungsabgabe bereitstellen. Auch gibt die Auswertung der ersten Burstabschnitte Hinweise auf die Einsatzschwelle und Reaktionszeit des verwendeten Limiters. So benötigt die KME DA-428 etwa 2 ms bis zur Begrenzung auf unverzerrte Pegel, während beispielsweise die Powersoft Digam LQ-2408 keine Verzerrungen zulässt.

Aufgrund der augenscheinlich nur recht kurzen Maximalleistungen geben wir uns mit den Ergebnissen noch nicht zufrieden und konfrontieren die Prüflinge mit einem Dauersinus. Dabei steht der thermische Haushalt der Endstufe im Mittelpunkt sowie die tatsächliche zeitlich nicht begrenzte Dauerleistung an der minimal zulässigen Lastimpedanz. Hier trennt sich oftmals deutlich die Spreu vom Weizen. Nicht selten bietet eine Endstufe in dieser Disziplin so viel Leistung an, dass die normale 16-A-Netzsteckdosenversorgung im Labor aufgrund zu hoher Strombelastung abschaltet. Deswegen haben wir einen separaten 32-A-Kreis verlegt, um wenigstens stromversorgungstechnisch den Möglichkeiten manches Probanden nachzukommen. Die so gemessenen Sinusausgangsleistungen veröffentlichen wir ebenfalls, als Obergrenze wird dabei ein Klirrfaktor von maximal einem Prozent toleriert.

Doch kommen wir zurück zur Praxis im Bühnengeschehen und erinnern uns an die Struktur der Musiksignale. Da haben wir sie wieder, die Impulse, aus denen das Spektrum der Wiedergabe besteht. Diese Impulse gilt es zu verstärken, und der Kreis zur Messung mit messtechnisch leicht erfassbaren Burstsignalen schließt sich zu einer praxisgerechten Aussage. ■

Noch Fragen? redaktion@tools4music.de

Anzeige

In eine neue Dimension starten.



Digitale Controller Endstufen DA 428 und DA 230

Die Funktionalität: INNOVATIV

digitale Class-D Verstärkertechnologie kombiniert mit 16-Core DSP mit Matrix-Router und umfassenden Audiofunktionen plus audio-optimiertes PFC Schaltnetzteil

Die Bedienbarkeit: DURCHDACHT

alle Eingaben direkt über Navigationspad und Encoder einstellbar; grafikfähiges Display und RGB LEDs bilden Ausgabeschnittstelle und informieren über aktuelle Betriebsparameter

Die Software: KOMFORTABEL

Schnelle und übersichtliche Erstellung von eigenen Presets mittels optionaler PC-Software »Preset-Editor«, Datenübertragung mit SD-Karte über integrierten Karten Slot

Das Anwendungsspektrum: UMFANGREICH

Von 4-Wege-Monitor über Systembetrieb mit passiven Komponenten hin zur Realisation von Mehrkanalsystemen (5.1/7.1 Surround-Sound) und das alles fernsteuerbar z.B. über Mediensteuerung

Die Konstruktion: ROADTAUGLICH

Upside-Down-Design minimiert Schmutzablage, leichtgewichtig und hoch stabil, betriebssicher

