

10.6.3 Wicklungskapazitäten und -unsymmetrien

Damit die Gegentakt-Endstufe beide Signal-Halbwellen betrag- und phasenrichtig zusammensetzen kann, müssen die beiden Primärwicklungen des Ausgangsübertragers gleichartig sein. Sind sie natürlich nicht, weil sie nicht an der selben Stelle im Wickelkörper sein können. Wickelt man zuerst die eine Primärwicklung, und darauf die andere, so erkennt man sofort die ungleiche Drahtlänge. Messungen im oberen Frequenzbereich werden zudem Unterschiede im Kopplungs- bzw. Streufaktor und in der Wicklungskapazität erkennen lassen. Um diese Probleme abzumildern, unterteilt man die Wicklungen (**Abb. 10.6.7**), und wickelt diese Teilwicklungen abwechselnd übereinander (bei **mehrkammerigen** Übertragern auch nebeneinander).

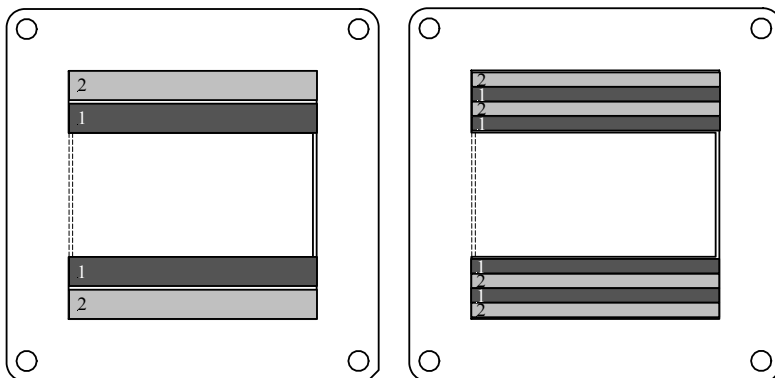


Abb. 10.6.7: Wicklungsaufbau. Bei der 'verschachtelten' Wicklung (rechtes Bild) wechseln sich Teile verschiedener Wicklungen ab. Bei aufwändig gebauten Übertragern findet man mehrfach verschachtelte Primär- und Sekundärwicklungen.

Im RL -Ersatzschaltbild des Übertragers (**Abb. 10.6.2**) ist die relative **Bandbreite** (f_H/f_T) reziprok zum **Streufaktor**; bei günstigem Wicklungsaufbau erreicht man drei Frequenzdekaden, was auch für HiFi-Qualität ausreicht. Die **Wicklungskapazität** darf aber nicht völlig ignoriert werden, zum Beschreiben der hochfrequenten Übertragungscharakteristik ist im Ersatzschaltbild zumindest *eine* Kapazität erforderlich (z.B. **Abb. 10.6.3**). Und diese Kapazität bestimmt (zusammen mit den anderen Parametern) die obere Grenzfrequenz, sie ist genau so wichtig wie die Streuinduktivität. Als Beispiel werden zwei Übertrager untersucht, die beide für den Fender **Deluxe Tweed** angeboten werden: Der 1750E von Hammond, und der TAD-1839. In **Abb. 10.6.8** sind für Last = $8\ \Omega$ bzw. $80\ \Omega$ Übertragungsfrequenzgänge angegeben, die (bei Stromeinprägung auf *eine* Primärspule) am sekundären Ausgang gemessen wurden. Beide Übertrager zeigen bei reeller $8\text{-}\Omega$ -Last eine hochfrequente Resonanzüberhöhung, Auswirkung von Streuinduktivität und Wicklungskapazität. Da Lautsprecher aber keine reellen Widerstände darstellen (**Kap. 11**), wurde ergänzend auch bei $80\text{-}\Omega$ -Belastung gemessen, und dabei werden plötzlich gravierende Unterschiede sichtbar. Spezifikationen bei Nennbelastung sind folglich ein notwendiges, aber kein hinreichendes Kriterium.

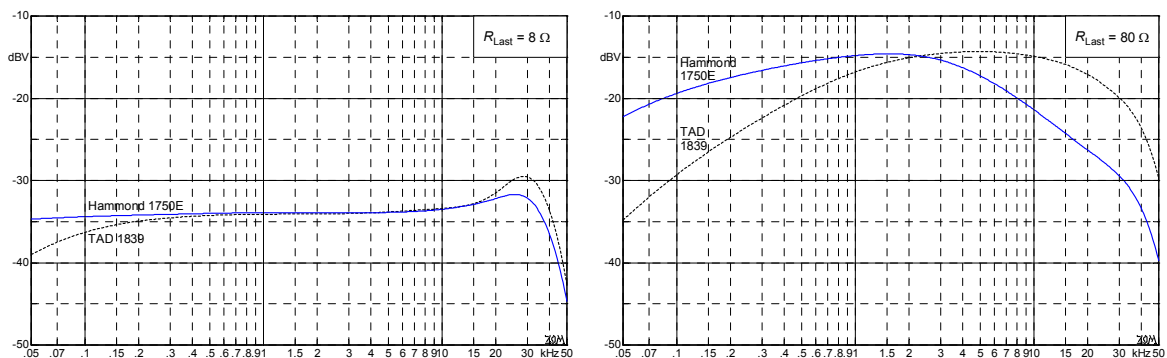


Abb. 10.6.8: Übertragungsfrequenzgänge bei Stromeinprägung ($0.16\ \text{mA}$) auf *eine* Primärwicklung.

Die Kurzdiagnose zu Abb. 10.6.8 könnte lauten: *Der Hammond hat zu wenig Höhen, der TAD zu wenig Bässe*. Doch das ist zu sehr vereinfacht, die Bewertung muss differenzierter ausfallen. Die Messungen erfolgten ja bei ziemlich kleinem Primärstrom, und da ist – siehe Abb. 10.6.6 – die Hauptinduktivität relativ klein. Und im hohen Frequenzbereich wird eine reale Lautsprecherimpedanz auch nicht $80\ \Omega$ erreichen, also sind ergänzende Messungen mit realer Lautsprecherbelastung nötig. **Abb. 10.6.9** zeigt hierzu Messungen, bei denen der Ausgangsübertrager mit einem in ein Deluxe-Gehäuse eingebauten **Jensen-P12N** belastet war. Mit Stromeinprägung offenbart sich wieder die leichte Bassschwäche des TAD-Übertragers, die aber bei Betrieb an einer Endstufe mit zunehmender Aussteuerung an Bedeutung verliert. Das Höhendefizit des Hammond-Übertragers bleibt auf Bereiche begrenzt, die für einen bis ca. 5 kHz übertragenden 12"-Lautsprecher keine praktische Bedeutung haben, sodass nunmehr das **Fazit** lautet: In dem für E-Gitarren wichtigen Übertragungsbereich hat der Hammond-1750E gegenüber dem TAD-1839 marginale Vorteile, die einen kleinen Preisaufschlag rechtfertigen würden. Doch Überraschung: Der 1839 kostet anno 2012 bei TAD stolze 86,20 Euro, der Hammond 1750E hingegen bei Tube-Town nur 34,70 Euro. Sowohl TAD als auch Tube-Town bieten eine ganze Reihe weiterer Ausgangsübertrager an, Kap. 10.6.5 bringt hierzu ergänzende Messergebnisse.

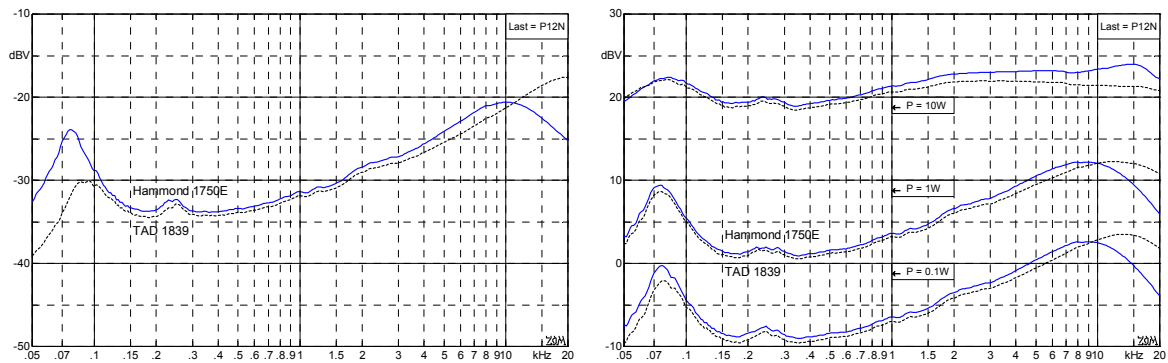


Abb. 10.6.9: Übertragungsfrequenzgänge bei Lautsprecherbelastung; Stromeinprägung (li.), Endstufe (re.). 20 dBV ergeben an $8\ \Omega \Rightarrow P = 12.5\text{W}$, zu $P = 10\text{W}$ gehört ein Spannungspegel von 19 dBV. Bei Spannungspegeln um 20 dBV tritt (bei dieser 6V6-GT-Endstufe) bereits eine deutliche nichtlineare Begrenzung auf.

In Abb. 10.6.8-9 wurde die Übertragung von *einer* Primärwicklung auf die Sekundärwicklung untersucht – es gibt aber *zwei* Primärwicklungen, die unterschiedlich magnetisch und kapazitiv auf die Sekundärseite koppeln. **Abb. 10.6.10** zeigt hierzu beide Übertragungsfunktionen. Auch hier wird deutlich, dass ein reines *RL*-Ersatzschaltbild nicht ausreicht. Aber auch, dass die Unterschiede auf Bereiche begrenzt bleiben, die im Gitarrenverstärker irrelevant sind.

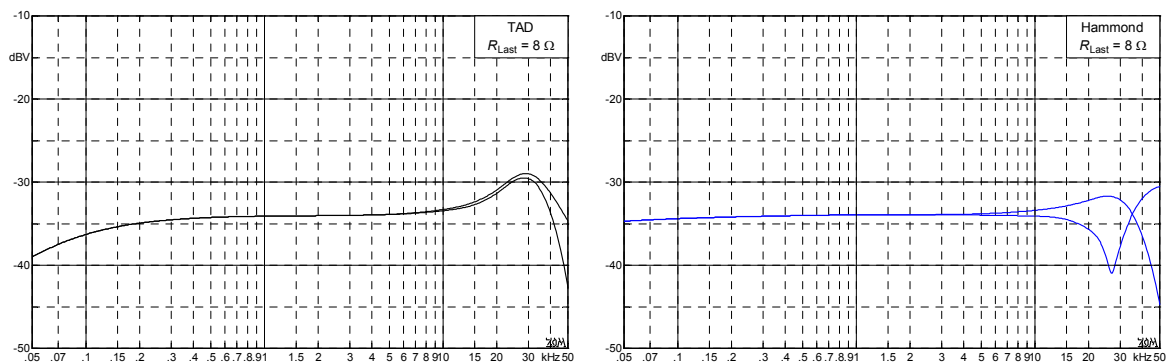


Abb. 10.6.10: Übertragungsfrequenzgänge. Primäre Stromeinprägung, unsymmetrische Primärwicklungen.