

10.10.5 Vergleich: Frequenzgänge

Jetzt geht's ums Ganze, um die Abbildung der Eingangsspannung auf den Schalldruck. Also nicht mehr, wie z.B. in Kap. 10.3, um die Übertragungsfunktion einzelner Teilschaltungen, sondern um das Übertragungsverhalten des Gesamtsystems **Verstärker mit Lautsprecher**. Bei diesen Messungen stand der Lautsprecher (ggf. mit Verstärker) im reflexionsarmen Raum (RAR), d.h. in einem Raum, auf dessen 6 Begrenzungsflächen 80 cm lange Faserkeile Schallreflexionen weitgehend unterdrücken. Der Schalldruck wurde axial vor dem Lautsprecher mit einem Messmikrofon (B&K 4190) aufgenommen und in einer Workstation (Cortex CF 100) analysiert. Bündelungseffekte werden hierbei nicht erfasst, ihnen ist Kap. 11.4 gewidmet.

Die Urahnen der Gitarrenverstärker unterschieden sich nur wenig von anderen Audioverstärkern, das Designziel war offenbar eine möglichst breitbandige, frequenzunabhängige Übertragung. Einfache Verstärker hatten entweder gar kein Klangfilter (z.B. Fenders früher Champ), oder, welch Luxus, *einen* Tone-Knopf (Fender Deluxe). Später gab's dann zwei-, drei-, gar vierbandige Klangfilter, Vibrato und Hall, aber wie gesagt: das kam später. Der Klang der alten Verstärker war aber auch nicht schlecht, denn die Übertragung war eben doch nicht so frequenzunabhängig. Ursache war, ob die Entwickler das nun wussten oder nicht, die Frequenzabhängigkeit der **Lautsprecherimpedanz** (Kap. 11.2). Die frühen Verstärker-Endstufen waren nicht gegengekoppelt (z.B. Champ 5C1, Princeton 5D2, Deluxe 5B3, Super 5B4, Pro Amp 5C5, VOX AC15, Gibson GA-20, Gibson GA-40, Rickenbacker M11, Epiphone EA-50 u.v.a.m.), sodass zusammen mit den (im Ausgang hochohmigen) Leistungs-Pentoden ein charakteristischer Übertragungs-Frequenzgang entstand. **Abb. 10.10.23** zeigt dies am Beispiel des AC30, der zwar nicht zu den ganz frühen Verstärkern gehört, die gegenkopplungsfreie Endstufe aber zeitlebens beibehalten hat. Schließt man den Lautsprecherausgang mit einem 16- Ω -Widerstand ab, ist die Übertragung frequenzunabhängig; wechselt man zur Lautsprecherbelastung, erscheint um 65 Hz die Lautsprecher-Resonanz, um 170 Hz eine Gehäuse-Resonanz, und zu hohen Frequenzen hin der Beitrag der Schwingspulen-Induktivität. Ganz anders bei einer stark gegengekoppelten Endstufe wie z.B. im **JTM-45**: Sofern man nicht das Presence-Poti aufdreht, unterscheiden sich die Spannungspegel (Lautsprecher \cdot Widerstand) nur um ± 1 dB. Für den Gesamtfrequenzgang lassen sich drei Hauptkomponenten ausmachen: Das Klangfilter (soweit vorhanden), die Lautsprecher-Impedanz, und der Lautsprecher-Frequenzgang. Hinzu kommen Hochpässe (Koppel-C) und Tiefpässe (Miller-C), wie schon mehrfach beschrieben. Der in Abb. 10.10.23 dargestellte Gesamt-Frequenzgang zeigt eine deutliche Höhenanhebung, ohne dass hierfür eine spezielle Filterschaltung eingebaut wäre; das ergibt sich einfach aus hochohmiger Endstufe + Lautsprecher-Impedanz + Lautsprecher-Übertragungsfrequenzgang. Mit dem Cut-Filter könnte man die Höhen absenken, aber man will eigentlich nicht: Für viele hatte der Normal-Kanal sogar zu wenig Höhen, weshalb eine Treble-Version und der TB-Kanal entwickelt wurden.

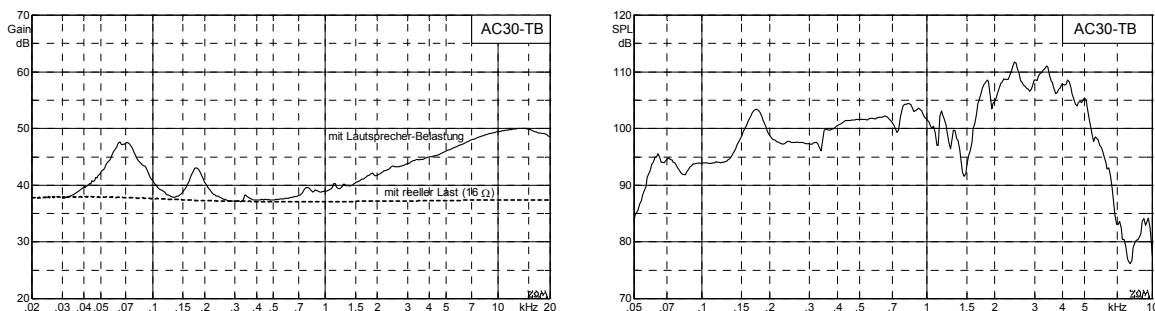


Abb. 10.10.23 links: VOX AC30-TB, Übertragung vom Phaseninverter-Eingang bis zum Lautsprecher-Ausgang; **rechts:** Übertragung vom Normal-Eingang bis zum SPL im RAR, Vol = 12⁰⁰.

In **Abb. 10.10.24** sind die Übertragungsfrequenzgänge einiger Endstufen (mit zugehörigem Lautsprecher) dargestellt. Der Sweep-Generator war für diese Messungen direkt mit dem Eingang des Phasen-Inverters verbunden, gemessen wurde in 2 m Abstand vor der Box (Messmikrofon B&K 4190). Die untere Kurve zeigt den Pegel der Lautsprecherspannung, normiert auf 500 Hz (zur Frequenzabhängigkeit der Lautsprecherimpedanz siehe Kap. 11.2). Bei stark gegengekoppelten Endstufen (z.B. JTM-45) bildet sich die Lautsprecherimpedanz wenig auf den Spannungspegel ab, bei wenig bzw. nicht gegengekoppelten Endstufen (Super Reverb, AC30-TB) beeinflusst die Lautsprecherimpedanz den Spannungspegel hingegen stark. Des Weiteren hat natürlich der verwendete Lautsprecher und die Gehäusekonstruktion (offen oder geschlossen) Einfluss auf das Übertragungsverhalten (siehe Kap. 11).

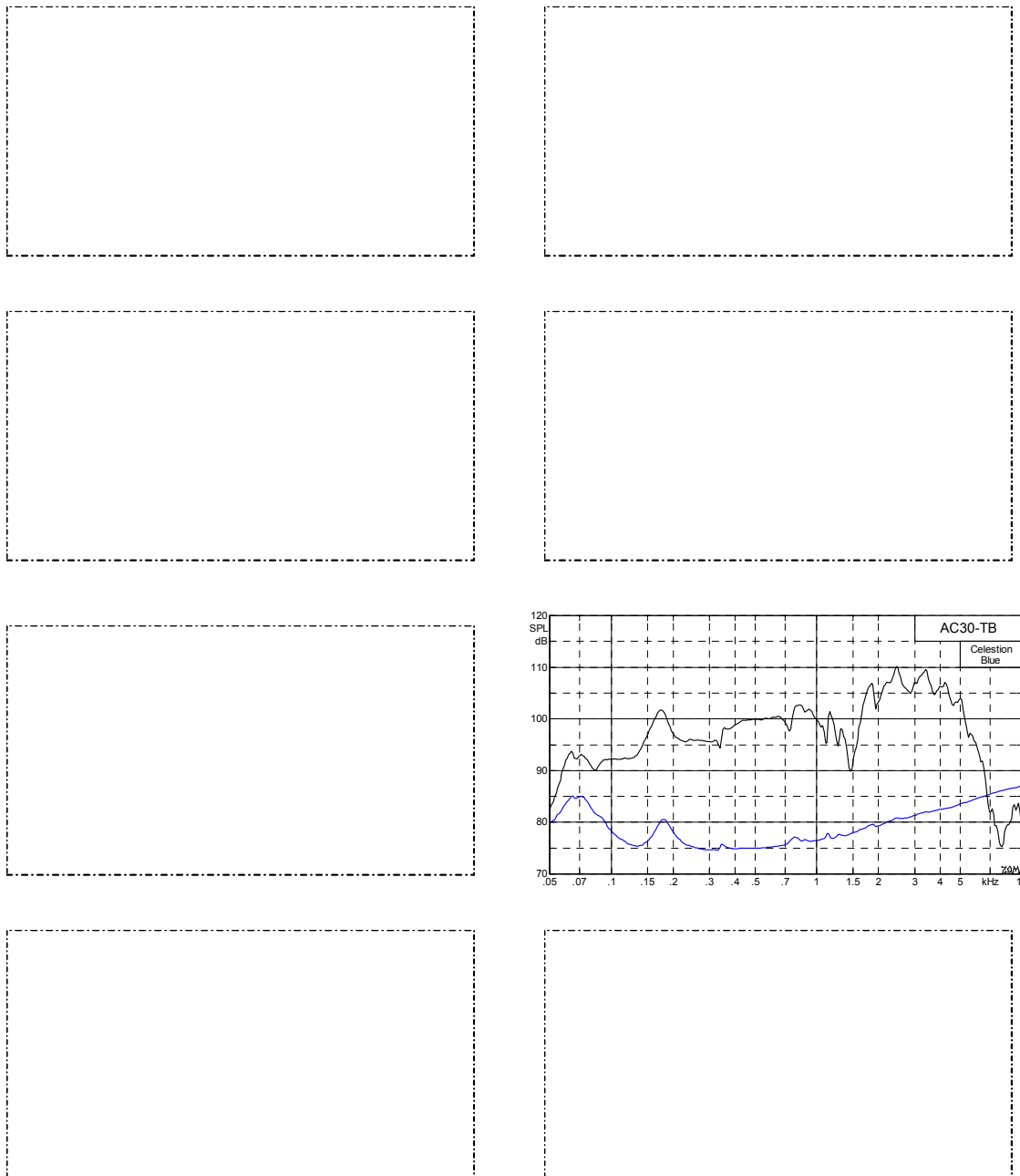


Abb. 10.10.24: Schallpegel ($d = 2\text{m}$) und Spannungspegel (untere Kurve). Normierung: 1 W bei 500 Hz. Schallpegelmessung im reflexionsarmen Raum auf Achse, Sinus-Sweep auf Phasen-Inverter eingepreßt. Misst man nicht (wie in Abb. 10.10.24) ab PI-Eingang, sondern ab Eingangsbuchse, bestimmt auch das **Klangfilter** (und weitere Teilschaltungen) die Übertragungscharakteristik. Für die

folgenden Messungen (**Abb. 10.10.25**) wurde das Klangfilter so eingestellt, dass sich für alle Verstärker eine ähnliche, höhenbetonte Übertragung ergab; durch die Beschränktheit einiger Filter war das in mehreren Fällen nur als grobe Näherung möglich.

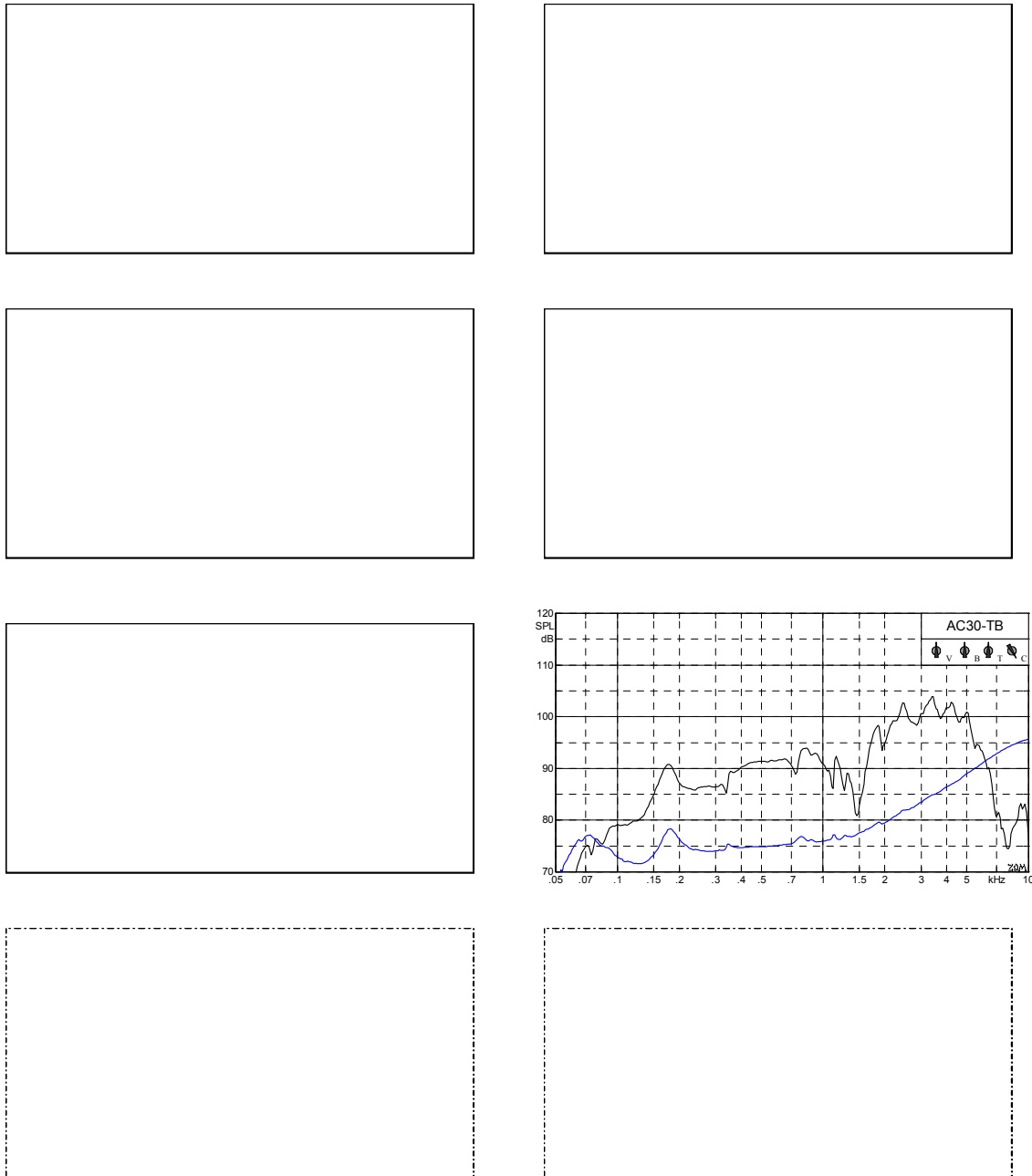


Abb. 10.10.25: Schallpegel ($d = 2\text{m}$) und Spannungspegel (untere Kurve).
Schallpegelmessung im reflexionsarmen Raum auf Achse, Sinus-Sweep auf Verstärker-Eingang eingepreßt.

Zwischen den einzelnen Messkurven zeigen sich erwartungsgemäß Unterschiede. Beim Vergleich mit den Headroom-Charts (Kap. 10.10.3) erkennt man aber, dass die Unterschiede im nichtlinearen Verhalten mindestens ebenso groß sind. Sobald also ein Verstärker wesentlich verzerrt, reicht es nicht mehr, nur den Übertragungsfrequenzgang zu ermitteln (der, so sagt die Theorie, dann sowieso nicht mehr definiert ist).