

10.5.10 Wie klingt die 6L6?

"6L6 = seidige, klare Höhen zusammen mit definiertem, tiefen Bassanteil", so sagt's die Werbung. Oder: "EL-34 = Feine Höhen und definierter Bass- und Mittenbereich." Oder: "The 6L6 have more of a midrange tone". Oder: "The KT-90 will give a little more bass and treble, as compared to a EL-34." Andererseits ist Schaltungstechnik-Handbüchern zu entnehmen, dass Verstärker-Röhren ab 0 Hz frequenzunabhängig bis in Bereiche übertragen, die sich nicht nach kHz, sondern nach MHz bemessen: So empfiehlt etwa Osram die KT-66 für HF-Verstärker "for frequencies up to 30 Mc/s". Es hängt eben sehr davon ab, mit welcher Schaltung die Röhre zusammenarbeitet. Die Röhrenparameter muss man im ersten Schritt als frequenzunabhängig annehmen – daraus folgt aber nicht, dass die ganze Endstufe frequenzunabhängig arbeitet. Und wenn man die Röhren auswechselt, kann sich durchaus der Übertragungsfrequenzgang ändern. Daraus darf aber auch wieder nicht abgeleitet werden, dass eine spezielle Röhre generell mehr (oder weniger) Höhen produziert.

Man kann das Verhalten einer Röhrendstufe getrennt im linearen und nichtlinearen Betrieb untersuchen, auch wenn das bei einem Gitarrenverstärker, der gewollt übersteuert werden kann, nicht ganz unproblematisch ist. Aber zum einen gibt es ja durchaus Gitarristen, die einen möglichst unverzerrten Sound wollen, zum anderen wäre die alleinige Fixierung auf ein linear *und* nichtlinear verzerrendes System sehr unanschaulich (u.a. weil hierfür keine Übertragungsfunktion definiert ist). Im näherungsweise linearen Betrieb bestimmen mehrere Komponenten den Betragsfrequenzgang der Endstufe: Koppelkondensatoren (zusammen mit ihren Belastungswiderständen), der Ausgangsübertrager, der Lautsprecher. Man darf bei einem Gitarrenverstärker nicht in *einen* Endstufen-Frequenzgang und *einen* Lautsprecher-Frequenzgang trennen, und hoffen, diese beiden Diagramme seien systembeschreibend. Für Spannungseinprägung lässt sich (auf Achse) schon *ein* Lautsprecher-Frequenzgang definieren, für Stromeinprägung auch, aber das ist bereits ein anderer. Und für 10 Ω Verstärker-Innenwiderstand erhält man wieder einen anderen Lautsprecher-Frequenzgang. Ähnlich bei der Endstufe: Mit 8 Ω Belastung sieht ihr Frequenzgang anders aus als mit 16 Ω , und mit Lautsprecher-Belastung erhält man wieder andere Kurven.

Ein Kriterium, in dem sich Endröhren unterscheiden können, ist ihr **Innenwiderstand**. Er ist bei Pentoden (die als Pentoden betrieben werden!) typischerweise ziemlich hochohmig: So um 30 k Ω könnte man ansetzen, wohl wissend, dass dieser Wert auch vom Arbeitspunkt, d.h. vom Ruhestrom, abhängt (Kap. 10.5.7 und 10.5.8). Ändert sich der Röhren-Innenwiderstand, so ändert sich auch der Verstärker-Innenwiderstand. Aber: Nun kommt die **Gegenkopplung** ins Spiel. Bei stark gegengekoppelten Endstufen (Kap. 10.5.6) hat eine Änderung des Röhren-Innenwiderstandes kaum Auswirkungen auf den Verstärker-Innenwiderstand, bei nicht gegengekoppelten Endstufen sind diese Auswirkungen hingegen beachtlich. Man darf folglich von Übertragungseigenschaften, die man am nicht gegengekoppelten Verstärker festgestellt hat, nicht generell auf ebensolche Übertragungseigenschaften beim gegengekoppelten Verstärker schließen. Je höherohmig ein Verstärker Ausgang, desto mehr werden Resonanzen und hochfrequente Bereiche betont. Das alleine rechtfertigt aber in keiner Weise den Kauf besonders teurer Röhren (auch wenn der Handel das suggeriert): Mit billigen Bauteilen kann man den Frequenzgang der Endstufe in weiten Grenzen variieren, solange es um die linearen Eigenschaften geht. Gut möglich auch, dass die Austauschröhre (gegenüber ihrer Vorgängerin) weniger verstärkt – dann muss man halt am "Volume-Knopf" mehr aufdrehen. Falls es sich um eine gegengekoppelte Endstufe handelt, könnte sich bei Änderungen der Schleifenverstärkung auch der Frequenzgang ändern (Kap. 10.5.6), aber auch das ist mit einfachen Mitteln in den Griff zu kriegen. Linear betrieben kann man mit jeder Endröhre jeden Frequenzgang erreichen, das ist Standard-Ingenieurwissen.

Schwieriger wird's im nichtlinearen Betrieb. Sowohl Phaseninverter als auch Endröhren können übersteuert werden. Bei Endröhren mit großer Verstärkung ist anzunehmen, dass diese zuerst verzerren; haben sie hingegen eine kleine Verstärkung, rücken die Verzerrungen des Phasen-Inverters mehr in den Vordergrund. Wenn von Endstufen-Verzerrungen die Rede ist, muss folglich auch des **Phaseninverters** gedacht werden. Eine übliche Kathodyn-Schaltung (Kap. 10.4.2) kann eine Spannung bis ca. 40 V Amplitude erzeugen – zu wenig, wenn die Gitter-Kathode-Spannung der Endröhren auf -50 V eingestellt ist. Paraphase und Differenz-Verstärker können hingegen selbst bei -60 V die Endröhren ohne Probleme bis an bzw. über die Grenze aussteuern, deshalb muss immer die gesamte Endstufe betrachtet werden.

Eine Möglichkeit, das nichtlineare Röhrenverhalten zu beschreiben, bietet das Ausgangskennlinienfeld, eine Alternative hierzu ist die Transferkennlinie $I_a(U_g)$. Alle Endröhren haben im Audiobereich frequenzunabhängige Verstärkungsparameter – ihre maximalen Ströme sind aber lastabhängig. Und weil der Lastwiderstand (d.h. der Lautsprecher) frequenzabhängig ist, ist auch die maximal abgebbare Leistung röhrenspezifisch frequenzabhängig. In **Abb. 10.5.36** ist das Ausgangskennlinienfeld zweier Endröhren dargestellt. An 2200 Ω Lastwiderstand wird Röhre A mehr Maximalleistung abgeben, an 1100 Ω geben beide dieselbe Maximalleistung ab, an 550 Ω gibt B mehr ab. Die maximale Leistungsabgabe ist in diesem Beispiel impedanzabhängig, und bei frequenzabhängiger Impedanz somit frequenzabhängig. Dem rechten Bild kann entnommen werden, dass bei größerem Lastwiderstand (a) schon bei $U_{g1} = -8$ V eine Stromsättigung eintritt – die Transferkennlinie schwenkt in die Waagerechte.

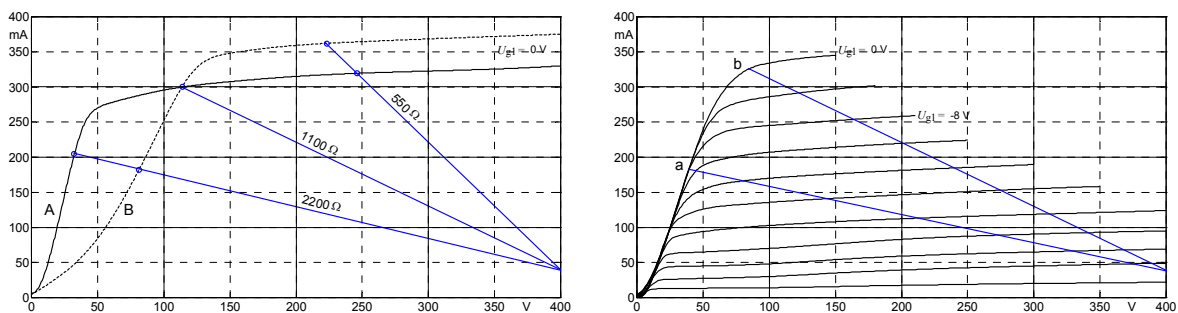


Abb. 10.5.36: Ausgangskennlinienfeld: Anodenstrom vs. Anodenspannung.

Schon diese ersten Betrachtungen zeigen, dass sich beim Austausch der Endröhren sowohl das lineare, als auch das nichtlineare Verhalten der Endstufe ändern kann. Es darf aber nicht davon ausgegangen werden, dass ein bestimmter Röhrentyp (z.B. die EL-34) einen speziellen Frequenzgang aufweist. Denn nochmals: Alle Röhrenparameter sind im Audiobereich frequenzunabhängig. In Zusammenarbeit mit einer speziellen Schaltungsperipherie kann und wird jede Röhre aber ein System ergeben, dessen Gesamtverhalten frequenzabhängig ist. Weil es bei Gitarrenverstärker-Endstufen nicht unübersehbar viele grundverschiedene Schaltungsvarianten gibt, können Erkenntnisse, die an einem Verstärker gewonnen wurden, auf einige andere Verstärker übertragen werden. Wenn z.B. bei Hörversuchen an einem 4- Ω -Tremolux eine spezielle 6L6-GC brillant klingt, wird sie das mit großer Wahrscheinlichkeit auch in einem 4- Ω -Bandmaster tun, weil der denselben Ausgangsübertrager verwendet. Dass sich hierbei die Lautsprecherimpedanzen unterscheiden, ist bereits eine Unwägbarkeit, dass sich selbst vom selben Hersteller gekaufte 6L6-GC unterscheiden können, eine weitere. Steckt dann diese 6L6-GC, eben noch Fender-Testsieger, in einem Marshall, kann sie plötzlich sehr enttäuschen. Oder auch nicht – das hängt vom persönlichen Geschmack, dem Musikstil, der speziellen Schaltung, dem Lautsprecher und der speziellen Röhre ab. Pauschalurteile wie "die KT-66 ist eine HiFi-Röhre" sind Unsinn, wenn damit besondere Verzerrungsfreiheit suggeriert werden soll. Weil: Alle Röhren wurden ursprünglich für HiFi entwickelt, oder nicht?

In **Abb. 10.5.37** sind Transfer-Messungen typischer Endröhren dargestellt. Diese Messwerte können und sollen nur den prinzipiellen Verlauf derartiger Kurven erläutern, Kaufempfehlungen können daraus nicht abgeleitet werden. Zum einen, weil z.B. die KT-66 zweier Hersteller sich total unterscheiden können, zum andern, weil selbst die KT-66 *eines* Herstellers sich unterscheiden können. Für eine halbwegs belastbare Statistik müsste man Röhren in großer Anzahl kaufen – bei Stückpreisen bis über 50 Euro nicht wirklich erstrebenswert.

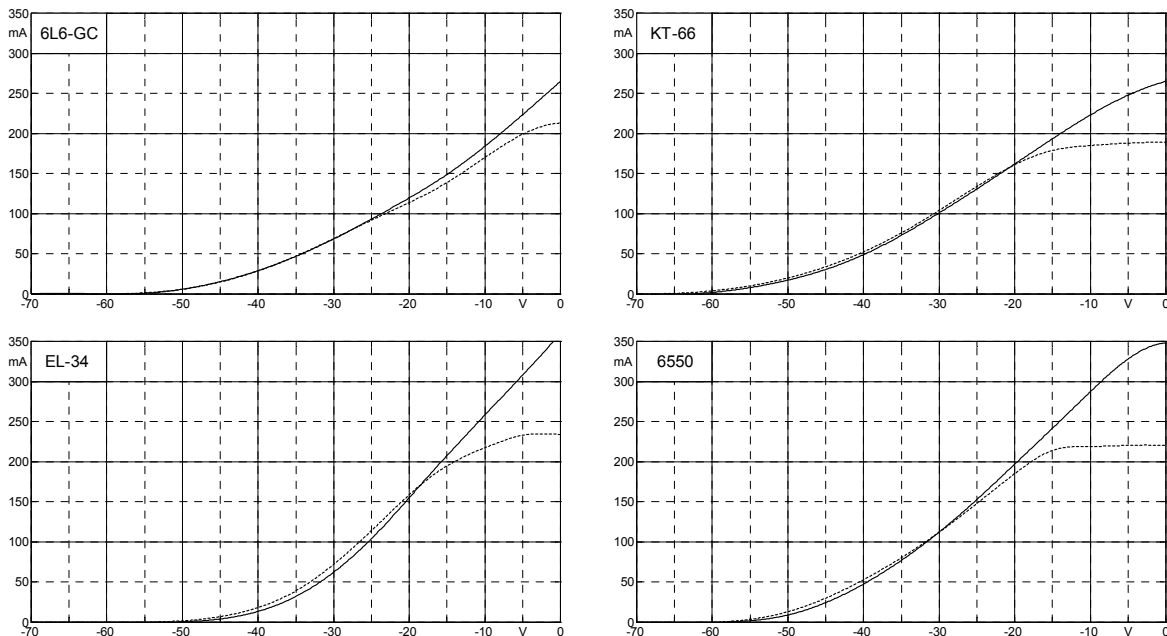


Abb. 10.5.37: Unterschiede im Transferverhalten (Messwerte). Reelle Last, 8 Ω (—), 16 Ω (----). JTM-45.

Die Messungen wurden an einem JTM-45 mit reellem Lastwiderstand durchgeführt. Man erkennt Unterschiede in der Verstärkung (groß bei EL-34, kleiner bei 6L6-GC und KT-66), was aber nicht überrascht: Das offenbaren auch die Datenblätter unter Steilheit. Man erkennt große Maximalströme bei EL-34 und 6550, was Rückschlüsse auf die Lautstärke ermöglicht, und man sieht bei der 6L6-GC ähnliche Kurven für 8 Ω / 16 Ω , während zur 6550 deutliche Unterschiede sichtbar werden. Legt man nun einen speziellen Lautsprecher-Impedanzfrequenzgang zugrunde, kann man aus dem Unterschied der beiden Kurven auf prinzipielle Klangunterschiede schließen. Beide Kurven ähnlich = lastunabhängige Stromeinprägung, deutliche Unterschiede = weniger Leistung an hochohmiger Last, d.h. weniger Höhen. Natürlich muss für derartige Aussagen auch noch das lineare Verhalten analysiert werden, erst aus der Gesamtbetrachtung ergibt sich eine belastbare Aussage.

Kann man aus diesen Messungen schon ableiten, dass die EL-34 früh verzerrt, während die 6550 "solid and clean" bleibt, wie Pittman in seinem Tube Amp Book schreibt? Ehe man sich jetzt auf die leicht unterschiedlichen 16- Ω -Kurven stürzt, sollte der Blick einen Moment bei Pittman's Bias-Spannungen verweilen: -50 V bei der EL-34, und -68 V bei der 6550. Das passt aber überhaupt nicht zu Abb. 10.5.37! Man wird A.P. nicht völlige Ignoranz unterstellen wollen, vermutlich arbeitet sein Referenzverstärker mit einer größeren Betriebsspannung als der o.a. JTM-45. Eine vergrößerte Schirmgitterspannung würde eine negativere Steuergitterspannung erklären, aber: Wie allgemeingültig sind dann Pittman's Aussagen? Seine subjektive Klangbewertung soll nicht angezweifelt werden, sein GT-Electronics-Dual-75-Amp ist aber nicht gerade allgegenwärtig, und mit -50 V (EL-34) auch nicht gerade arttypisch. Bei einem 50-W-Marshall wären's -34 ... -40 V, meint Pittman einige Seiten weiter hinten.

Und noch etwas fällt bei seinem Tube Amp Book auf: Da unterscheiden sich zwei Röhren (6L6-OS vs. 6L6-B) leicht in ihren Verzerrungen: "The 6L6-OS clips a little sooner". Jede einzelne Röhre wird aber gleichzeitig nach ihrer Verzerrungscharakteristik selektiert und mit Ziffern gekennzeichnet: 1 – 3 = early Distortion, 4 – 7 = normal Distortion, 8 – 10 = late Distortion. Das ist erforderlich, weil wegen unvermeidlicher Fertigungsstreuungen auch alle Röhren *eines* Typs unterschiedliche Daten haben. Verzerrt nun eine 6L6-OS mit 10er-Rating immer noch früher als eine 6L6-B mit 1er-Rating?? So lobenswert Aspen Pittman's Ansatz zur Quantifizierung ist, in dieser riesigen Wüste muss man sich verlaufen: Die Schaltungen sind unterschiedlich, die Ausgangsübertrager, die Lautsprecher, die Röhren – die subjektiven Erwartungshaltung bzgl. Sound sowieso. In einem Marshall, meint Pittman, klingt die 6550 "loud and crunchy". Wer das nicht möchte, baut auf EL-34-Bestückung um, denn die EL-34 klingt "smoother, with warmer distortion". Wenn man weiterblättert, kann die EL-34 aber auch "gritty and a little squashy" klingen, und die 6550 "fat and clean". Oder "extrem hart", wenn man zu deutschen Autoren wechselt. Da findet man allerdings auch, dass der EL-34 ein "warmer Ton" attestiert wird, was nicht so richtig zu "gritty" passen will. Dafür hat die EL-34 in der deutschen Werbung eine "dynamische Ansprache", während die US-Kollegen zu dem Urteil kommen: "The EL-34-Setup seemed to lack dynamics". Auch bei der 6L6-GC reichen die Bewertungen von "fetten, eher mittig singenden Sounds in der Verzerrung" bis "eher instabil und matschig".

Es ist ja nicht nur sinnvoll, sondern unerlässlich, den Klang einer Schallquelle nach auditiven Kriterien zu bewerten. Messkurven sind (hoffentlich) präzise und objektiv, haben aber nichts mit subjektiven Wahrnehmungen zu tun. Deshalb Hörversuche. Wenn dabei der EL-34 sowohl viel, als auch wenig Dynamik attestiert wird, sind mehrere Ursachen denkbar: Das wurde mit unterschiedlichen Verstärkern ermittelt, mit unterschiedlicher Musik, oder eben mit unterschiedlichen EL-34. Denn offensichtlich darf sich alles EL-34 nennen, was auf einem Oktalsockel einen 8 – 9 cm langen und 33 mm dicken Glaszylinder sitzen hat. Der Röhrenhandel schickt Ausschuss, der die in Philips-/Siemens-/Mullard-Datenblättern veröffentlichten Sollwerte nicht erreicht, nicht erbost an den Hersteller zurück, sondern verkauft diesen Schrott mit Aufpreis als "besonders selektierte" Ware. Was sogar irgendwie stimmt. Dass da nicht schon andere draufgekommen sind? "Für 500 Euro Aufpreis bekommen Sie einen selektierten Fernsehapparat, bei dem die linke Bildschirmhälfte dunkel bleibt." Das wäre keine gute Idee? Nun, bei Verstärkerröhren ist's schon eine. Und sogar legal – denn heute nennt man seine Röhren nicht mehr EL-34, sondern EL-34-SVT, EL-34-Cz, EL-34B-STR, EL-34C, EL-34R, und schon kann man Mängelrügen abwenden. Das heißt nun nicht, dass alle diese Röhren die Spezifikationen nicht erfüllen, einige übertreffen sie sogar – aber einige bleiben eben 20% unter dem Strom-Sollwert. Wieder andere erreichen zwar die spezifizierten Maximalströme, differieren aber in ihrer Steilheit. Anscheinend sind die Streuungen so groß, dass bei Groove-Tubes jede Röhre einer von zehn (!) Untergruppen zugewiesen werden musste. Und diese 10 Untergruppen (Ratings) müssen sich doch signifikant unterscheiden haben, sonst hätten ja z.B. drei gereicht. Berücksichtigt man nun noch, dass Endstufenröhren von Treiberröhren angesteuert werden, deren Daten ebenfalls merklich streuen, dass sie aus Netzteilen versorgt werden, deren Gleichrichterröhren (trotz individueller "Selektion") nur als Ausschuss zu bezeichnen sind (siehe Abb. 10.7.4), so bleibt auf die Frage 'wie klingt die 6L6' nur die ernüchternde Antwort: "Keine Ahnung". Sorry, folks, thou ask'st the wrong man.

"...muss ich darauf hinweisen, dass meine Versuche, die klanglichen Unterschiede verschiedener Röhren-Typen in Soundfiles abzubilden, keine zufriedenstellenden Ergebnisse brachten. Der Aufnahme/Wiedergabe-Prozess minimiert diese auf ein Minimum, sodass von den beschriebenen Unterschieden kaum etwas übrig bleibt und man kaum noch Rückschlüsse auf die 'erlebten' Unterschiede beim Spielen ziehen kann". (U. Pipper, G&B 6/09).