

10.10.2 Stufentopologie, Pegel-Plan

In einem Gitarrenverstärker folgen mehrere Verstärkerstufen aufeinander, in typspezifischer Reihenfolge. Der Frequenzgang "über-alles" ergibt sich als kommutatives Produkt der Einzel-Übertragungsfunktionen, und somit wäre deren Reihenfolge egal. Jedoch nur bei linearem Betrieb, und der ist beim Gitarrenverstärker nicht der alleinige Betriebszustand. Es macht einen Unterschied, ob die Vor- oder die Endstufenröhre übersteuert wird, und es spielt auch eine Rolle, in welchem Frequenzbereich diese Röhren übersteuert werden. Beim Vergleich verschiedener Verstärker ist folglich auf die Stufenfolge zu achten.

In Kap. 10.2 wurde schon auf allgemeine Unterschiede hingewiesen, jetzt geht's um spezielle Verstärker. Hierbei ist allerdings die Parametervielfalt so riesig, dass rigoros vereinfacht werden muss. Da beim typischen Gitarrenverstärker 3 bis 4 Röhrenstufen aufeinander folgen, kann eine Vielzahl kombinierter Nichtlinearitäten entstehen. Erschwerend kommt hinzu, dass in und zwischen diesen Stufen Filterungen auftreten, die nicht auf den ersten Blick erfasst werden können. So wirkt z.B. ein einfaches Lautstärke-Potentiometer (Vol-Poti) auch als Höhenfilter, dessen Frequenzgang von der Schleiferstellung, aber auch von der Eingangskapazität der folgenden Röhre abhängt. Und falls an dieser Stelle auch die Summation zweier Kanäle stattfindet, beeinflusst u.U. das Vol-Poti des einen Kanals auch den Frequenzgang des anderen Kanals. Um die Anzahl der Darstellungen in Grenzen halten zu können, wurden alle Verstärker in **Standardeinstellung** vermessen. Der Vol-Knopf wurde hierzu in eine Stellung gedreht, in der bei **90 mV** Eingangsspannung (500 Hz) gerade die Endstufe zu begrenzen beginnt. Warum 500 Hz? Weil's irgendeine Frequenz werden muss – auch 673 Hz wäre möglich gewesen, oder 1000 Hz, oder eben 500 Hz. Warum 90 mV? Das ist eine Effektivspannung, die ein handelsüblicher Singlecoil-Tonabnehmer gut erreicht. Telecaster, Hals-Tonabnehmer, normaler Anschlag, 90 mV. Oder etwas mehr, oder etwas weniger, auch hier gilt: Irgendein Wert musste es werden, Willkür ist da unvermeidlich. Wie auch beim Begriff *'Vollaussteuerung'*. Beim OP ist die Clipping-Grenze klar definierbar, bei der Röhre mit ihrem steten Verzerrungsanstieg nicht. Weil bei einem Gitarrenverstärker HiFi-Standards deplaziert sind, wurden **25 dB Klirrdämpfung** als Grenze definiert.

Die **Tone-Potis** ("Klangsteller") wurden so eingestellt, dass eine genretypische Höhenanhebung entstand. Den generellen Frequenzgang gaben die Verstärker vor, die wenig Einstellmöglichkeiten boten (Tweed Deluxe, AC15), die anderen Verstärker mussten sich – so gut das ging – danach richten. Die Frage *'warum soll ich einen VOX so einstellen, dass er wie ein Fender klingt?'* ist berechtigt, verleitet aber dazu, den zweiten Schritt vor dem ersten zu tun. Es ist dem Verständnis sehr dienlich, wenn man bei einem Vergleich nicht gleichzeitig unterschiedliche Verzerrungen und unterschiedliche Frequenzgänge bewerten muss, sondern sich (bei ähnlichem linearen Verhalten) auf die Nichtlinearitäten konzentrieren kann. Wie eingangs erwähnt: Es gibt unendliche viele Möglichkeiten – andere Prioritäten sind durchaus auch sinnvoll, sprengen aber den hier gesetzten Rahmen.

In **Abb. 10.10.3** sind die Blockschaltbilder einiger Verstärker dargestellt, die Unterschiede in der Stufenfolge fallen sofort ins Auge. Das Klangfilter (Oval mit Pfeilen) sitzt mal nach der ersten, mal nach der zweiten Röhre, in einigen Fällen erfolgt seine Ansteuerung durch einen Kathodenfolger (zwei überlappende Kreise). Bei mehreren Verstärkern ist das Vol-Poti durch einen Kondensator überbrückt, der in einigen Fällen schaltbar ist (Bright-Switch). Koppelkondensatoren wurden nur eingezeichnet, wenn sie eine sehr hohe Grenzfrequenz bewirken (VOX). Die Addition des zweiten Kanals wird durch einen Widerstand angezeigt, der "im Nichts" endet, die letzte Stufe des Blockschaltbildes ist der Phaseninverter (PI). Die in dB angegebene Verstärkung ergibt sich bei Standardeinstellung ($f = 500\text{Hz}$).

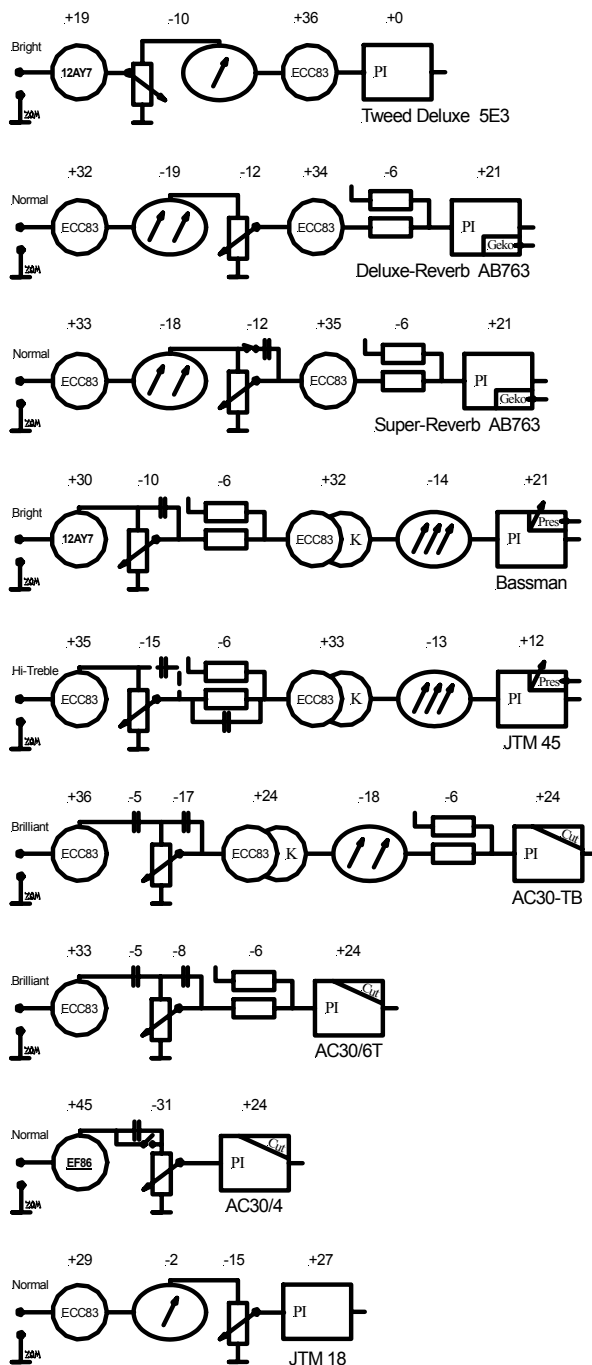


Abb. 10.10.3: Blockschaltbilder

Fenders **Tweed Deluxe** (5E3) hat als Klangfilter nur ein einziges Tone-Poti, mit dem die Höhen angehoben oder abgesenkt werden können. Der Phaseninverter ist eine Kathodyn-Schaltung, deren Spannungsverstärkung eins ist. Fenders **Deluxe Reverb** (AB763) hat bereits das weit verbreitete Treble-Bass-Filter, als Phaseninverter kommt (wie bei allen weiteren hier vorgestellten Verstärkern) ein Differenzverstärker zum Einsatz. Die Gegentaktendstufe wird in beiden Deluxe-Amps mit der 6V6-GT betrieben, im 5E3 mit Kathodenwiderstand, im AB763 mit negativer Gitterspannung. Der **Super-Reverb** (AB763) gleicht in vielen Details dem Deluxe-Reverb, hat aber zwei 6L6-GC als Endstufe. Dass sich bei allen diesen Verstärkern auch die Lautsprecher unterscheiden, soll hier nicht weiter vertieft werden. Der **Bassman** (5F6-A) ist eigentlich ein Bassverstärker, wird aber auch von Gitarristen geschätzt. Er hat als einziger der hier betrachteten Fender-Verstärker einen Kathodenfolger, und auch sonst weicht er von seinen Kollegen ab. So sitzt das Treble-Bass-Middle-Filter weit hinten im Signalfluss, ergänzt um ein in die Gegenkopplung integriertes Presence-Filter. Ganz ähnlich sieht's in Jim Marshalls **JTM-45** aus, der ja ein nachgebauter Bassman ist. Nur bei den Röhren gibt's Unterschiede, statt der 6L6-GC die KT66 als Endröhre, und im Eingang die etwas mehr verstärkende ECC83. Beim **VOX AC30** sind mehrere Entwicklungsstufen dokumentiert: Der mit vier Eingängen ausgestattete AC30/4 hat zur Klangeinstellung lediglich einen schaltbaren Hochpass, sowie einen im Phaseninverter sitzenden Tiefpass. Im Eingang arbeitet eine hochverstärkende Pentode, die aber schon im AC30/6 durch die ECC83 ersetzt wird. Dieser hat keinen Hochpass-Schalter mehr, sondern (neben seinem Vib/Trem-Kanal) einen Normal- und einen Brillanz-Kanal. Erst der AC30-TB bekommt zum Cut-Filter ein Bass-Treble-Filter dazu, sowie den verzerrungsfördernden Kathodenfolger. Ähnlich einfach wie der AC30/4 (der bis auf die Endstufe dem AC15 entsprach) ist Marshalls **18-Watt**-Verstärker aufgebaut, zum Klangeinstellen gibt's ein Tone-Poti, das wahlweise die Höhen oder die Tiefen absenken kann.

Bei all diesen Verstärkern entscheidet die Reihenfolge der Teilsysteme über deren Aus- bzw. Übersteuerung, und somit über den Klang. Auch wenn das Kleinsignalverhalten (der bei kleiner Aussteuerung gemessene Frequenzgang) ähnlich sein mag, spätestens beim Anschluss eines empfindlichen Humbuckers beginnen Unterschiede hörbar zu werden. Oder auch schon beim unempfindlichen Singlecoil, wenn man die Verstärkung weit aufdreht. Und da bieten manche Verstärker eine erstaunliche, ja fast schon unverständliche Reserve: Voll aufgedreht reichen z.B. am Eingang des AC30/4 schon 3 mV, um die Endstufe voll auszusteuern. Nein, Heavy Metal gab's noch nicht, als der AC30 um 1960 debütierte.

Eine Möglichkeit zur Darstellung des Spannungspegels auf seinem Weg durch den Verstärker bietet der **Pegelplan**, jedoch mit einem entscheidenden Nachteil: Darstellungen für nur eine Frequenz sind unzureichend, für mehrere Frequenzen unübersichtlich. In der Tonstudioteknik mit ihren immer gleichen "Kuhschwanzverzerrern" mag das ausreichen, bei der Vielfalt der in Gitarrenverstärkern anzutreffenden Filtern sind ergänzende Darstellungen erforderlich. Für den AC30-TB und den Super-Reverb sind in **Abb. 10.10.4** zwei Pegelpläne dargestellt, aus denen entnommen werden kann, dass sich insbesondere die zweiten Verstärkerstufen unterscheiden. Während beim AC30 Endstufe und Kathodenfolger bei gleicher Aussteuerung begrenzen, hat die 2. Stufe des Super-Reverb ca. 17 dB Reserve. Mit dem Ergebnis, dass beim Vox Endstufe *und* Zwischenstufe verzerren, während der Fender vorwiegend eine Endstufenverzerrung produziert. Bei 500 Hz, und bei der gewählten Einstellung. Denn dreht man an den Knöpfen, ändern sich die Pegelpläne wieder.

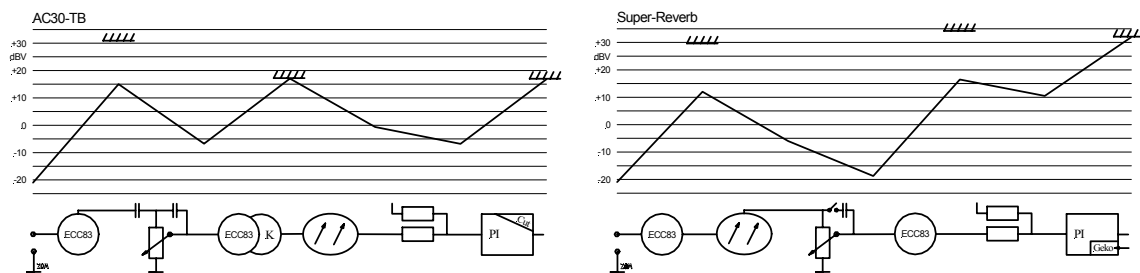


Abb. 10.10.4: Pegelpläne für den VOX AC30-TB und den Fender Super-Reverb, $f=500$ Hz.

Da es nur wenige Verstärkerstufen, aber viele Frequenzpunkte gibt, sollte nicht für jede Frequenz ein Pegelplan erstellt werden – besser ist es, für jede Stufe die Frequenzabhängigkeit der Aussteuerungsreserve anzugeben (Headroom-Chart, Kap. 10.10.3). Und auch nur für die Röhrenstufen, denn passive RC-Schaltungen verzerren im Rahmen der hier angestellten Betrachtungen nicht. Dass es mit der Angabe einer Aussteuerungsgrenze eigentlich nicht getan ist, offenbart **Abb. 10.10.5**: Die Aussteuerungsabhängigkeit der Klirrdämpfung ist variantenreich (mehr dazu in Kap. 10.10.4). Das rechte Bild zeigt den Frequenzgang vom Eingang bis zu der lautsprecherbelasteten Endstufe. Die kleinen Resonanzzacken werden von der Lautsprecherimpedanz verursacht, die auch für einen Teil der Höhenanhebung verantwortlich ist. Die beiden Frequenzgänge sind zwar nicht identisch, aber doch ähnlich, was von den Klirrdämpfungen nicht behauptet werden kann: Bei Übersteuerung produziert der Super-Reverb (neben dem hier nicht dargestellten k_3) starke quadratische Verzerrungen, beim VOX kann hingegen bei Übersteuerung der k_2 gegenüber dem k_3 vernachlässigt werden. Soviel übrigens zum Thema: Bei Röhren dominieren (gegenüber Transistoren) quadratische Verzerrungen. Mehr hierzu in Kap. 10.10.4.

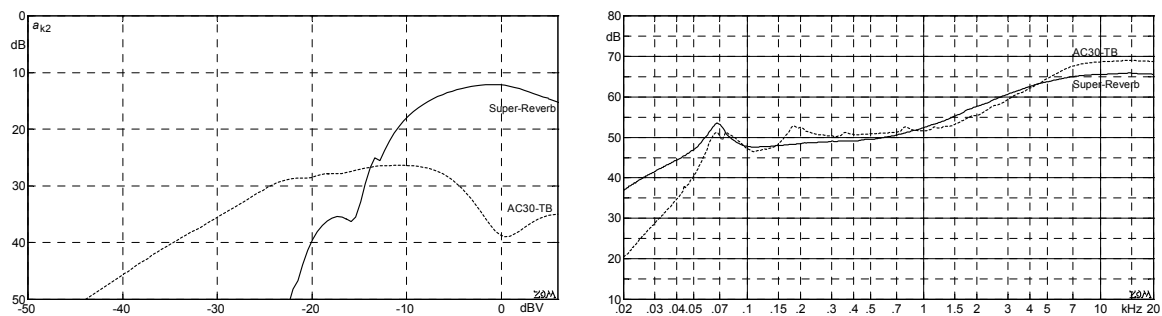


Abb. 10.10.5: Klirrdämpfungen a_{k2} (500 Hz) vom Verstärker-Eingang bis zum Endstufen-Ausgang (links), Frequenzgang in Standard-Einstellung vom Verstärker-Eingang bis zum Endstufen-Ausgang (rechts).

10.10.3 Der Headroom-Chart

Headroom bedeutet Aussteuerungsreserve, Headroom-Chart also "die grafische Darstellung des Frequenzgangs der Übersteuerungsreserve", und weil das ziemlich lang ist, bleibt's englisch kurz. Ein Headroom-Chart zeigt für jede Verstärkerstufe einen Frequenzgang; aber nicht den Übertragungsfrequenzgang, sondern die gegenüber der Endstufenbegrenzung vorhandene Aussteuerungsreserve. Da die Endstufenbegrenzung (Clipping) der Bezug ist, verläuft deren Kurve waagrecht bei 0 dB. Liegt z.B. die Kurve der 1. Stufe bei einer bestimmten Frequenz bei -12 dB, so kann die 1. Stufe bei dieser Frequenz um 12 dB mehr ausgesteuert werden als die Endstufe. In **Abb. 10.10.6** sind vier Headroom-Charts dargestellt. Beim **Super-Reverb** (Normal-Kanal) verläuft die Kurve der 2. Stufe fast konstant bei -17 dB, was bedeutet, dass diese Stufe bei jeder Frequenz erst verzerrt, wenn die Endstufe schon um 17 dB übersteuert wird. Hingegen hat die 2. Stufe des **VOX** (AC30-TB, Brill-Kanal) bei 100 Hz nur ca. 4 dB Reserve, um 1 kHz übersteuern 2. Stufe und Endstufe sogar bei annähernd gleichem Eingangssignal. Die Aussteuerungs-Reserve der 1. VOX-Stufe nimmt tieffrequent ab, weil bei ihm zwischen 1. und 2. Stufe ein Hochpass die Tieftonübertragung abschwächt.

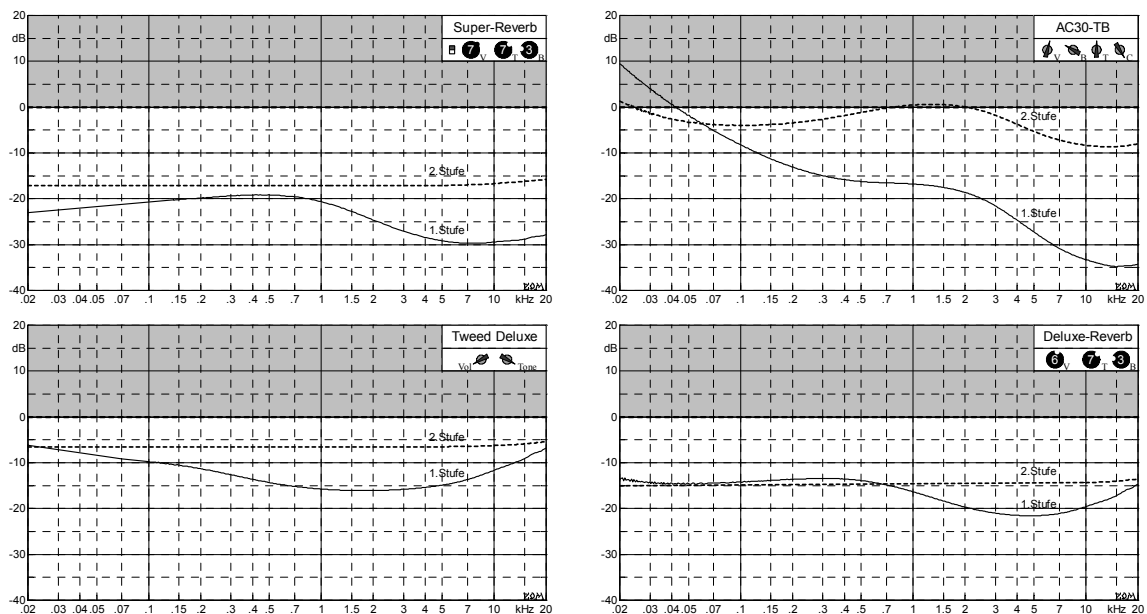


Abb. 10.10.6: Headroom-Chart für Fender Super-Reverb (AB763, o. links), VOX AC30-TB (oben rechts), Fender Tweed Deluxe (5E3, unten links), und Fender Deluxe-Reverb (AB763, unten rechts).

Je höher die Kurve liegt, desto kleiner ist die Aussteuerungsreserve relativ zum Endstufen-Clipping.

Der Tweed **Deluxe** koppelt von der 2. Stufe (kapazitiv) direkt auf den Phaseninverter, deshalb verläuft der Headroom-Chart der 2. Stufe parallel zur (horizontalen) Endstufen-Kurve. Hier ist aber viel weniger Reserve als z.B. beim Super-Reverb vorhanden, weil die Kathodyn-Schaltung des Tweed Deluxe keine Spannungsverstärkung erzeugen kann. Ganz anders im **Deluxe-Reverb**, der schaltungstechnisch dem Super-Reverb viel näher ist als seinem Urahn Tweed Deluxe. Dass er nicht ganz die hohen Reserven des Super-Reverb erreicht, liegt u.a. an seiner kleineren Betriebsspannung. Ändert man die Einstellung des **Volume-Potentiometers**, so verschiebt sich nur die Kurve der 1. Verstärker-Stufe: Je größer die Verstärkung, desto weiter sinkt diese Kurve nach unten (= größere Aussteuerungsreserve der 1. Stufe gegenüber der Endstufe). Da zwischen der 2. Röhre und dem Phasen-Inverter bei den o.a. Verstärkern keine Potentiometer liegen, kann die Kurve der 2. Stufe nicht verändert werden. Im Gegensatz zu Fenders Bassman, und seinem Marshall-Clone, dem JTM-45.

Bei den meisten Fender-Verstärkern ist das Klangfilter *vor der zweiten Röhre* angeordnet, in den Jahren 1954 – 1956 entstanden aber auch Verstärker mit dem berühmten Kathodenfolger als zweite Stufe, und *nachgeschaltetem* Klangfilter. Als Quelle dieser Schaltung kann man das RCA Receiving-Tube-Manual vermuten, das in seiner 1954er Ausgabe (RC 17) erstmals eine 12AU7 mit Kathodenfolger und "Bass and Treble Tone-Control" vorstellt. Und just im selben Jahr bekommt der Twin (5D8) eine ganz ähnliche Schaltung, und auch Gibsons Entwickler greifen diese Idee auf und bauen in den GA70/77 einen Kathodenfolger ein, wobei sie aber das Klangfilter abändern. Wenig Mühe mit Änderungen macht man sich hingegen bei VOX, für den AC30-TB übernimmt man Gibsons Klangfilter einfach 1:1. Auch im 5D6-Bassman kommt 1954 erstmalig der Kathodenfolger mit anschließendem Klangfilter zum Einsatz, Inspirationsquelle für Marshalls Ken Bran und seinen JTM-45. Die jeweiligen Röhren werden alle in Anoden-Basis-Schaltung (= **Kathodenfolger**) betrieben, Röhrentyp und periphere Beschaltung variieren aber. Bei RCA ist's die 12AU7, bei Fender zunächst die 12AY7, bei Gibson, VOX und Marshall die 12AX7. Bei allen Verstärkern kommt eine Doppeltriode zum Einsatz, d.h. eine Röhre, die in einem Glaskolben zwei voneinander unabhängige Trioden enthält. Unabhängig, aber äquivalent. Und das ist gar nicht so günstig, denn die erste Röhre arbeitet in Kathoden-Basis-Schaltung (keine Wechsellspannung an der Kathode), die zweite jedoch in Anoden-Basis-Schaltung. Die erste Röhre soll die Spannung verstärken, die zweite den Strom (**Abb. 10.10.7**).

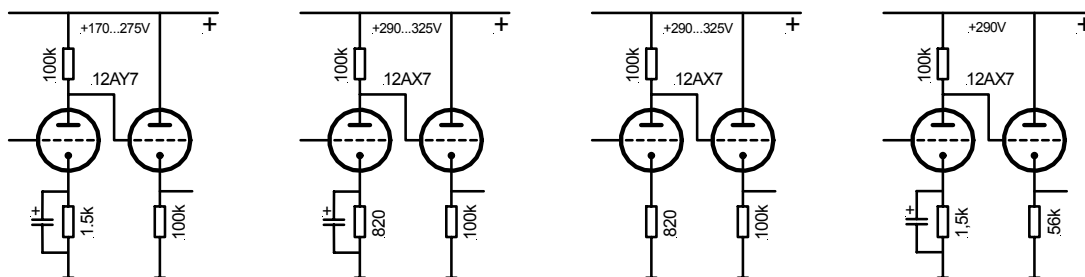


Abb. 10.10.7: Doppeltriode mit Kathodenfolger (Kap. 10.2.2). Die rechte Schaltung gehört zum AC30-TB.

Fender setzt zunächst die 12AY7 ein (**Abb. 10.10.8**), wechselt dann aber zur 12AX7. Deren Verstärkung ist nominell etwas größer, ihre Aussteuerbarkeit aber kleiner als die der 12AY7. Grund: Die erste Röhre kann die Anodenspannung (und damit in etwa auch die Ausgangsspannung) nur bis ca. 120 V verringern, und ungefähr genau so viel bleibt an der zweiten Röhre hängen, wenn diese durchsteuert. Damit stehen am Ausgang (bei mäßiger Verzerrung) nur ca. ± 35 V zur Verfügung. Das nachfolgende Klangfilter schwächt dieses Signal um z.B. 15 dB ab, und dann bleibt u.U. nicht mehr genug zum Aussteuern des Phaseninverters.

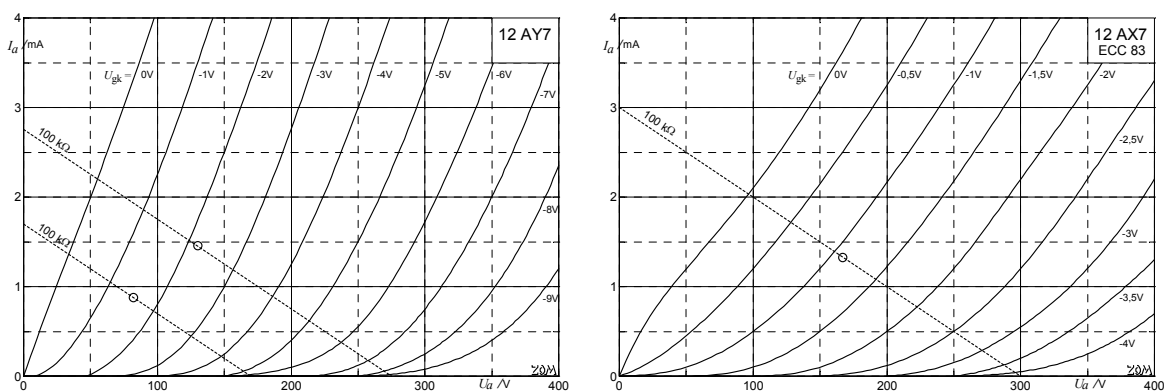


Abb. 10.10.8: Ausgangs-Kennlinien der im Kathodenfolger verwendeten Doppel-Trioden (Fender).

Der Kathodenfolger erzeugt damit im Fender-Verstärker nur so gerade eben die für die Endstufe erforderliche Spannung – möglicherweise der Grund, dass er dort ab ca. 1960 nicht mehr verwendet wird. Anders bei VOX: Dort hält der Kathodenfolger gerade Einzug, während er bei Fender rausfliegt. VOX "borgt" sich die Schaltung aber nicht bei Fender, sondern bei Gibson, die im GA70 und GA77* erstmals einen Kathodenfolger einsetzen. Mit ganz erstaunlicher Dimensionierung: Hier wird nicht, wie bei Fenders Wechsel von der 12AY7 zur 12AX7, der erste Kathodenwiderstand halbiert, sondern der zweite. Warum auch immer. Der Ruhestrom der zweiten Triode (Abb. 10.10.9) wird dadurch so groß, dass erheblicher Gitterstrom fließt, mit Konsequenzen für Aussteuerbarkeit und Nichtlinearität (Kap. 10.2.2).

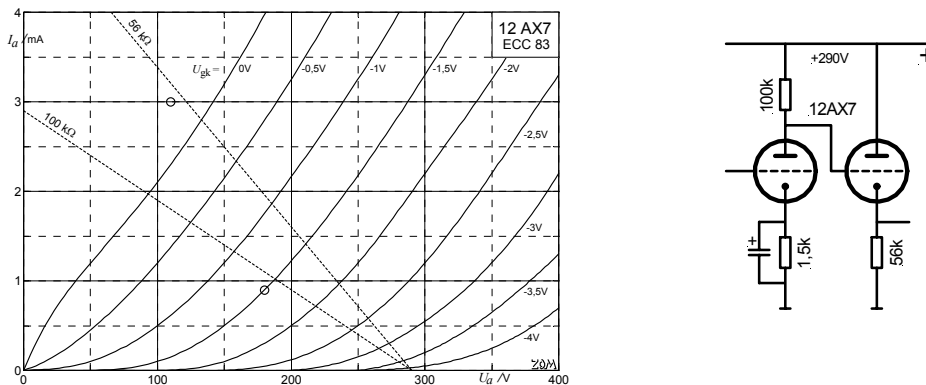


Abb. 10.10.9: Ausgangs-Kennlinien der im Kathodenfolger verwendeten Doppel-Triode (VOX AC30-TB).

Man kann natürlich mutmaßen, dass genau diese Nichtlinearitäten für einen guten Gitarrensound erforderlich seien. Doch warum bleiben Fender und Gibson dann nicht dabei, warum versucht Leo Fender kurz nach ihrem Debüt, eben diese Nichtlinearität durch Gegenkopplung zu verringern (z.B. Super 5E4 – 5F4)? Warum verschwindet sie ab ca. 1960 aus allen Fender-Verstärkern? Und das war noch vor CBS! Im Nachhinein verklären sich viele Entscheidungen zu genialen Meisterleistungen – die sie vermutlich nie waren. Elyeas VOX-Buch kann gut mit diesen Diskrepanzen leben: Einerseits entwarf Dick Denney den AC30 genau nach seinen Vorstellungen, andererseits ist die TB-Schaltung (Kathodenfolger und Klangfilter) eine exakte Kopie vom Gibson-Verstärker. Einerseits gibt die EL84-Endstufe den Sound, den Dick wollte, andererseits flog die zunächst verwendete EL34 nicht aus Soundgründen raus, sondern weil dadurch der Verstärker "two inches too tall" geworden wäre. Einerseits hatte Dick's amplifier "more clean headroom than most other amplifiers", andererseits "high harmonic content" und "plenty of even numbered harmonics". Die Messung der Ausgangsspannung zeigt dann wieder etwas ganz anderes, nämlich odd numbered harmonics (Kap. 10.10.4). Neben allen Spekulationen gibt es noch einen objektiven Grund: Der Phaseninverter des AC30 braucht zur Vollaussteuerung weniger als 10% der Spannung, die bei Fender benötigt wird (EL84 vs. 6L6GC), die schlechte Aussteuerbarkeit des Kathodenfolgers war im VOX also eher zu ertragen als im Fender. Und im Marshall? Ken Bran kopiert nicht die VOX-Dimensionierung, sondern übernimmt die Fender-Schaltung. Weil's aber auch damit eng wird, optimiert er das auf den Kathodenfolger folgende Klangfilter auf geringe Grunddämpfung (Abb. 10.3.12). Dass der Kathodenfolger nicht als spezieller Gitarren-Verzerrer angesehen wurde, dokumentieren Marshall's PA-Verstärker: Auch alle Mikrofonsignale müssen durch den Kathodenfolger – und die sollten ja wohl nicht extra verzerrt werden. Oder Gibsons Kathodenfolger: "Unusual clear bell-like treble". Was sonst, anno 1958? Zerre war später.

* Auch eine Variante des Gibson GA30 hatte vorübergehend einen Kathodenfolger

Mutmaßen wir noch etwas weiter. Möglicherweise glaubten einige Entwickler, ein Klangfilter würde nur richtig funktionieren, wenn es von einem (tatsächlich oder vermeintlich) niederohmigen Kathodenfolger angesteuert wird. Deshalb geht im **AC30-TB** nur der Brillanz-Kanal durch den K-Folger, nicht aber der Normal- und der Vib/Trem-Kanal – die haben nämlich kein derartiges Filter. Wäre der K-Folger so wichtig für den Sound, man hätte wohl alle Kanäle durch ihn geschickt. Erst im **AC50** bekommen Brillanz- und Normal-Kanal je einen eigenen K-Folger – weil jetzt jeder Kanal sein eigenes Klangfilter hat. Im **JTM-45**, Marshalls erstem Verstärker, ist die Endstufe stark gegengekoppelt, und braucht zur Vollaussteuerung eine relativ hohe Spannung. Der davor liegende Kathodenfolger muss deshalb weit ausgesteuert werden, und verzerrt erheblich. Gewollt? Anscheinend nicht, denn sehr bald wird die Endstufen-Gegenkopplung verringert*, und damit verlieren die K-Folger-Verzerrungen an Bedeutung. Und gerade deshalb ist alle Welt auf der Suche nach den ganz alten Marshalls? Vielleicht. Vielleicht auch nicht.

Die beiden Trioden (12AX7) im K-Folger eines JTM-45 (Abb. 10.10.7) müssen weit ausgesteuert werden, und verzerren deshalb. Jedoch sind diese Verzerrungen sehr stark röhrenabhängig, wie **Abb. 10.10.10** belegt. Insbesondere die quadratischen Verzerrungen ändern sich u.U. um mehr als den Faktor 10, wenn eine 12AX7 gegen eine andere 12AX7 getauscht wird. Also, nicht (wie gelegentlich zu lesen) "die erste Röhre ist die wichtigste", sondern die zweite. Wobei aber kein physikalischer Bezug zu besonders alten Röhre hergestellt werden darf; die können gut, aber auch schlecht sein, und rechtfertigen keinen Aufpreis. Röhrenkennlinien sind, wie schon in Kap. 10.1 gezeigt, unterschiedlich gekrümmt, und verzerren deshalb unterschiedlich. Es wäre hilfreich, wenn die Dummschwätzer und -schreiber der sogenannten Fachmagazine in ihren monatlichen Elogen (*für Marshalls von Anfang 64 bis Ende 65 nur Brimar-Röhren in die Eingangsstufe*) einmal Messungen der Kennlinie oder der Verzerrungen veröffentlichen würden. Es mag ja sein, dass in einem speziellen Marshall die dort verwendete Brimar-12AX7 für den Super-Sound sorgt. Dass ein Gitarrist, der jahrzehntelang Test- und sonstige Berichte schreibt, irgendwann einmal beurteilen kann, was guter Sound ist, soll ja gar nicht angezweifelt werden. Zu kritisieren ist nur, wenn aus derartigen Erkenntnissen undokumentierte Pauschalurteile werden, die in dieser Allgemeinheit unzutreffend sind.

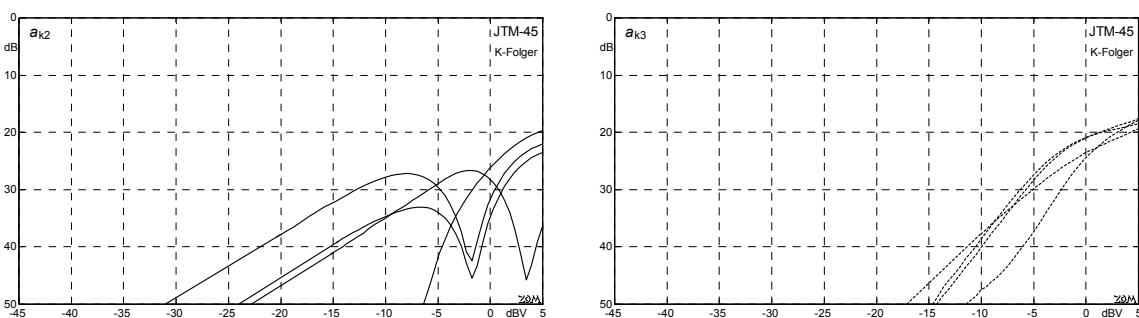


Abb. 10.10.10: JTM-45, Klirrdämpfungen des Kathodenfolgers; vier unterschiedliche 12AX7. $R_Q = 200 \text{ k}\Omega$.

Das Thema Klirrdämpfungen der einzelnen Verstärkerstufen wird hier nicht weiter verfolgt, Einzelheiten hierzu kommen in Kap. 10.10.4. Zunächst müssen noch die Headroom-Charts einiger weiterer Verstärker analysiert werden – Verstärker, deren Klangfilter nicht nach der Eingangsröhre sitzen, sondern direkt vor dem Phaseninverter (Fender, Marshall).

* Erst von der 16- Ω -Wicklung abgehend über 27 $\text{k}\Omega$, dann über 47 $\text{k}\Omega$, schließlich über 100 $\text{k}\Omega$ ab 8- Ω -Wicklung. Röhren (KT66, EL34) und Primärimpedanz (8 $\text{k}\Omega$, 3.4 $\text{k}\Omega$) variierten ebenfalls.

Die objektive Analyse der Marshall-Verzerrungen ist ziemlich unüberschaubar, weil nicht nur vier Klang-Potis zu berücksichtigen sind; Marshalls gab's mit zwei verschiedenen Endröhren-Typen, zwei verschiedenen Ausgangs-Übertragern, verschiedenen Gegenkopplungen, unterschiedlichen Überbrückungs-Kondensatoren. Um die wichtigsten zu nennen – daneben gab's noch weitere Kurzläufer. **Abb. 10.10.11** zeigt einige ausgewählte Beispiele: Links oben eine Standard-Einstellung, passend zu Abb. 10.10.6. Rechts daneben ist der Urahn, links unten die Einstellung für vergessliche Gitarristen (alles auf 10). Rechts unten eine Variante, die ihre Höhenanhebung vor allem aus der Endstufe bezieht (Presence-Poti auf 8).

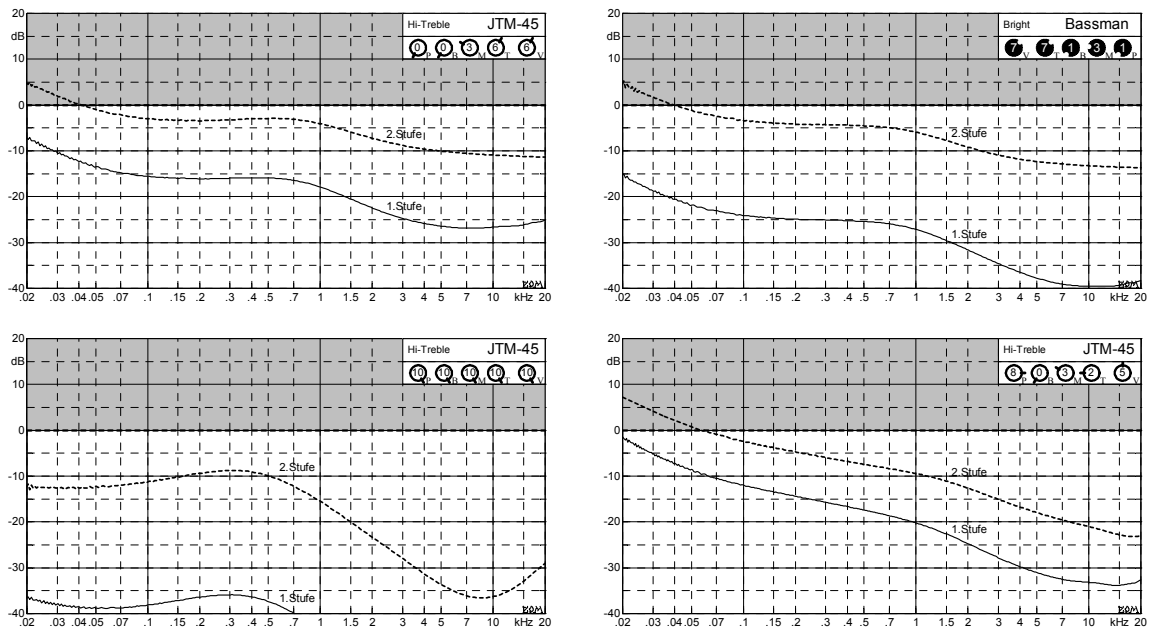


Abb. 10.10.11: JTM-45, Headroom-Chart. Bei diesem Verstärker war das Vol-Poti nicht kapazitiv überbrückt. Zum Vergleich ist rechts oben die Messung vom Fender Bassman (5F6-A) angegeben.

Auffällig ist die geringe Dynamik der zweiten Verstärkerstufe. Dreht man die Klangknöpfe auf, verringert sich die Filterdämpfung, und die zweite Stufe erhält mehr Dynamik, vergrößert man die Verstärkung, bekommt die erste Röhre mehr Dynamik (NB: re. Endstufe!). Den Schritt vom JTM-45 (KT66) zum JTM-50 (EL34) verdeutlicht **Abb. 10.10.12**: Wechselt man nur Endröhren (mit Bias) und Ausgangstrafo, hat die 2. Stufe geringfügig weniger Reserve, verringert man zusätzlich die Endstufen-Gegenkopplung, wird die 2. Stufe weniger weit angesteuert und gewinnt an Dynamik. (Ergänzungen hierzu in Kap. 10.10.4).

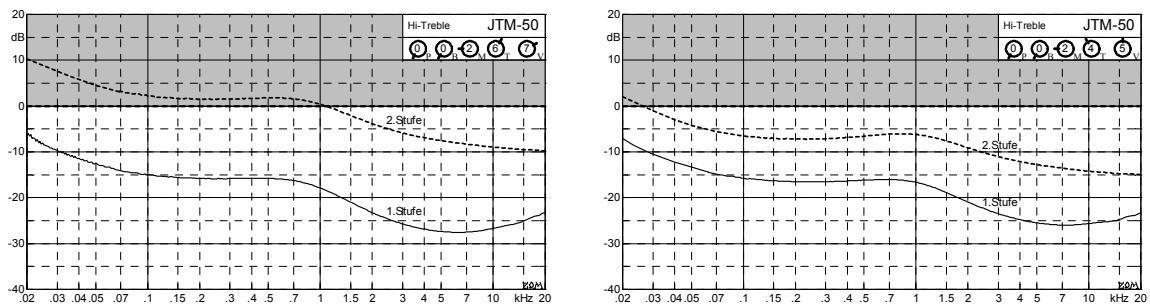


Abb. 10.10.12: JTM-50 (EL34), Endstufen-Gegenkopplung $27\text{ k}\Omega/16\ \Omega$ (links), $100\text{ k}\Omega/8\ \Omega$ (rechts). Im Lauf der Jahre wurde die Gegenkopplung verringert, und damit die Aussteuerungsreserve der 2. Stufe vergrößert.

Abschließend noch ein paar Verstärker ohne Zwischenstufe: **Marshall's 18-Watt-Verstärker** (von 1965 – 1967 gebaut) hängt die beiden Eingangstrioden einfach an den Anoden zusammen, Quelle erheblicher Vorstufen-Verzerrungen (L. Fender hatte das 13 Jahre vorher beim 5B6-Bassman versucht). Anscheinend unerwünscht, der nachfolgende 20-Watt-Nachfolger summiert wieder konventionell. Beim **VOX AC15** steckt eine Pentode (EF86) im Eingang, wie auch bei dem mit 4 Eingangsbuchsen ausgestattete Nachfolger **AC30/4**; ihr wurden aber Mikrofonie und mangelnde Zuverlässigkeit nachgesagt. Bei dem auf 6 Buchsen erweiterten **AC30/6** erfolgte deshalb der Wechsel zur ECC83. Von diesem AC30/6 (das ist noch nicht der AC30-TB) gab es drei Varianten: Normal, Bass, Treble. Erst der nachfolgende **AC30-TB** bekommt dann den verzerrenden Kathodenfolger als 2. Verstärkerstufe.

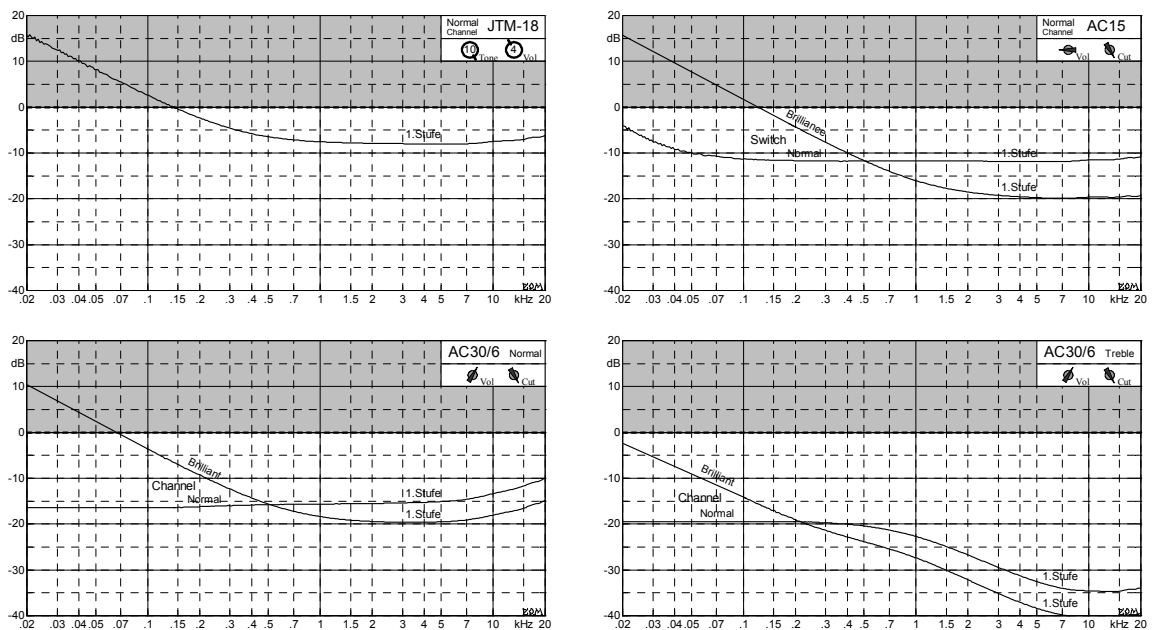


Abb. 10.10.13: Vergleich Marshall JTM-18, VOX AC15_1960, VOX AC30/6_Normal, VOX AC30/6_Treble.

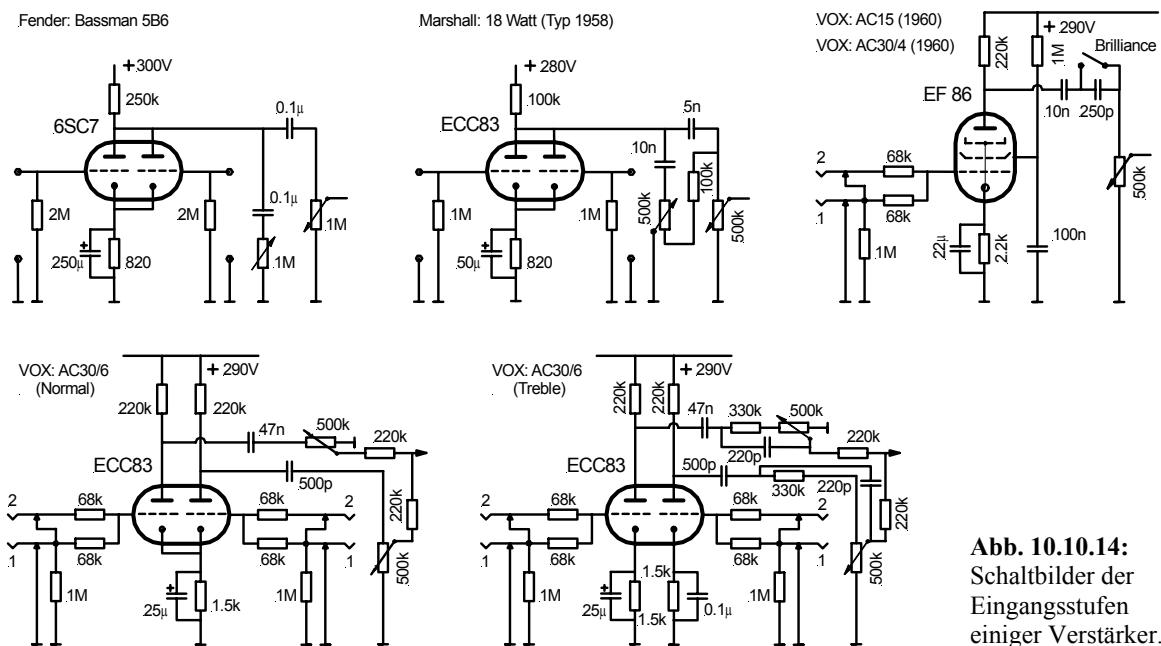


Abb. 10.10.14: Schaltbilder der Eingangsstufen einiger Verstärker.

Die genaue Identifizierung der **VOX**-Verstärker bzw. -Kanäle ist nicht ganz einfach: Da gibt es zunächst im AC15 und AC30/4 den **Brilliance-Switch**, der eine Bassabsenkung ermöglicht. Der AC30/6 macht aus dieser Schalloption 2 Kanäle (mit je 2 Buchsen): Den **Normal-Channel** und den **Brilliant-Channel**, der auch Bright-Channel heißt (oder Brillanz-Kanal). Die im AC15 nur alternativ schaltbare Klangcharakteristik (viel *oder* wenig Bass) ist im AC30/6 also ständig in zwei parallelen Kanälen verfügbar. Verwirrenderweise kam der AC30/6 aber auch noch in drei verschiedenen Modell-Varianten auf den Markt: Bass/Normal/Treble. "Normal" kann also den **Kanal** bezeichnen (im Gegensatz zu Brilliant oder Vib/Trem), oder das **Modell** (im Gegensatz zu Bass oder Treble). Dass Bass und Treble dann auch noch die Klangfilter-Potis des AC30-TB bezeichnen kann, das ist schon wieder irgendwie normal.

Das **Fazit** dieser Headroom-Analysen fällt zwiespältig aus: Einerseits offenbaren die Charts charakteristische Unterschiede in der Aussteuerungs-Reserve der einzelnen Verstärker, andererseits aber auch wieder nicht – denn die Parametervielfalt ist einfach zu groß, selbst wenn man die Modell-Vielfalt einmal beiseite lässt. Das kaum überschaubare Durcheinander beginnt bei den Röhren, geht weiter mit den Potentiometer-Einstellungen, der Definition einer Standard-Bedingung, und endet beim Willen bzw. Unwillen, zu den schon am Tisch liegenden 50 Diagrammen weitere 100 hinzuzufügen. Bei den Übertragungs-Frequenzgängen ändert sich erfreulich wenig, wenn man eine **Röhre** gegen eine typgleiche andere tauscht, bei den Klirrfaktoren kann sich viel ändern. Nicht nur, wenn man die gut erhaltene Siemens-ECC83 einsteckt, sondern auch, wenn man eine 12AX7-AC gegen eine andere 12AX7-AC tauscht. Und erst die hochgelobten **Kohlepresswiderstände**: Einige halten nicht einmal die (an sich schon unzumutbare) 10%ige Toleranz ein. Dass in einem fast 50 Jahre alten VOX ein optisch einwandfreier 100-k Ω -Widerstand 300 k Ω hatte, ist ärgerlich, aber nachvollziehbar. Dass der vorgesehene neue Ersatzwiderstand ("absolut High-End") statt 100 k Ω dann 117 k Ω hatte, führte zu diversen nichtdruckbaren Eruptionen. Nach erfolgreichem Chill-Down und der Vermutung, es könnte ja ein Einzelfall sein, dann die Erkenntnis: Alle 10 Kohlewiderstände dieser "High-End-Charge" waren ähnlich weit neben dem Sollwert. Die abgebildeten Diagramme sollten deshalb nicht aufs Zehntel-dB interpretiert werden, sondern "orientierend". Als wesentliche Erkenntnis ist festzuhalten, dass der **Kathodenfolger** erheblich verzerrt. War das der Grund, warum der Erbauer des berühmten AC30-TB zu Jim Elyea sagte, er bevorzuge den AC30/6 [Elyea, Section 4]?