

10.10.6 Spezielle Verstärker: VOX, Fender, Marshall

VOX-Verstärker AC15, AC30

Die Charakteristik der VOX-Verstärker versteht man am schnellsten, wenn man bei der **Endstufe** beginnt. Die zeigt nämlich beim AC30/4, AC30/6 und AC30-TB große Ähnlichkeiten, und auch beim 1960er AC15 findet man diese Schaltung, dort allerdings mit nur 2 Endröhren. In **Abb. 10.10.23** ist das Verstärkungsmaß dargestellt, gemessen vom Phaseninverter-Eingang bis zum 16- Ω -Lautsprecher-Ausgang; einmal mit reeller Last (16 Ω), einmal mit den VOX-Lautsprechern (2x Celestion blue). Durch die hochohmige Quellimpedanz der Endstufe bildet sich die Lautsprecherimpedanz auf die Ausgangsspannung ab, wodurch bei der Gesamt-Übertragungscharakteristik lokale Maxima entstehen: um 70 Hz (Lautsprecherresonanz), bei 180 Hz (Gehäuse-Helmholtzresonanz), und breitbandig bei hohen Frequenzen (Lautsprecher-Induktivität; Details in Kap. 11). An reeller Last arbeitet die Endstufe praktisch frequenzunabhängig, mit einer minimalen Bassanhebung, die ihre Ursache im Cut-Filter hat. Der charakteristische SPL-Frequenzgang entsteht also nicht in der Schaltung per se, sondern als Interaktion von nicht-gegengekoppelter Endstufe, Lautsprecherimpedanz und Abstrahlcharakteristik. Bei all den hier dargestellten Frequenzgängen muss jedoch berücksichtigt werden, dass alle Widerstände $\pm 10\%$ Toleranz[⊗] aufweisen können, die Kondensatoren gelegentlich sogar $\pm 20\%$. Und weil sich der Gesamtfrequenzgang durch das Zusammenwirken vieler Bauteile ergibt, sind "über alles" beachtliche Abweichungen möglich.

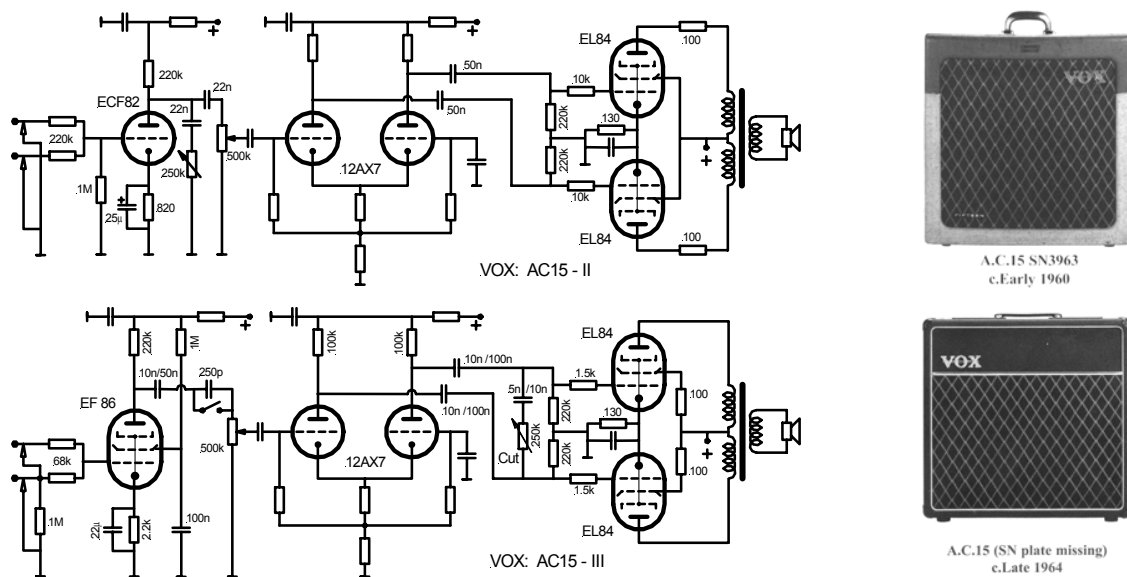


Abb. 10.10.26: VOX AC15, Normal-Kanal; "zweite Schaltung" (1959, oben), "dritte Schaltung" (1960, unten). Der auch vorhandene Vibrato-Kanal ist im Bild nicht dargestellt, Ergänzungen: Kap. 10.8.2. Bilder: Elyea.

In **Abb. 10.10.26** sind zwei Varianten der AC-15-Schaltung dargestellt. Sehr eigenwillig: In der 59er-Schaltung liegen 100- Ω -Widerstände in den *Anodenleitungen* der Endröhren. Hat da jemand Anode und Schirmgitter verwechselt? Und das war nicht nur ein Zeichnungsfehler, das wurde, wie Fotos in Elyeas Buch zeigen, auch so produziert. Im 1960er Nachfolger liegen die Widerstände dann da, wo sie hingehören: In den Schirmgitterzuleitungen. Die 60er-Schaltung war als Normal- und Bass-Modell auf dem Markt, mit entsprechenden Koppelkondensatoren. Mit geöffnetem Brilliance-Switch konnten die Tiefen abgesenkt werden, mit dem Cut-

[⊗] Zwei beim Röhrenhändler gekaufte 100-k Ω -Widerstände hatten je 120 k Ω , obwohl mit 10% spezifiziert. Ein Zugeständnis an ihre schwarze Kohle-Seele, die "*absolut High-End im Signalweg*" sicherstellen soll.

Potentiometer die Höhen (**Abb. 10.10.27**). Die in der 59er-Schaltung nicht in voller Schönheit erstrahlen konnten, weil die hochohmige Eingangsschaltung unzweckmäßig war. Hochohmig im Längsweig, im Querweig hingegen wegen des auf Masse liegenden zweiten 220-k Ω -Widerstandes zu niederohmig. Die **ECF82**, eine Kombination aus Triode und Pentode, wurde für den (hier nicht dargestellten) Modulator benötigt. So richtig wohl fühlt sich diese HF-Röhre (Oszillator, Mischstufe) aber auch nicht in dieser Umgebung, ihre Verstärkung ist nur mäßig. Doch viel Auswahl gab es nicht, wenn man eine Triode für den Normalkanal und nur eine Pentode für den gesamten Modulator wollte. Erst 1960 bekommt der AC15 den Deluxe-Modulator (Kap. 10.8.2), und die hochverstärkende **EF86** im Normalkanal. Die noch im selben Jahr im AC30/6 der **ECC83** weichen muss.

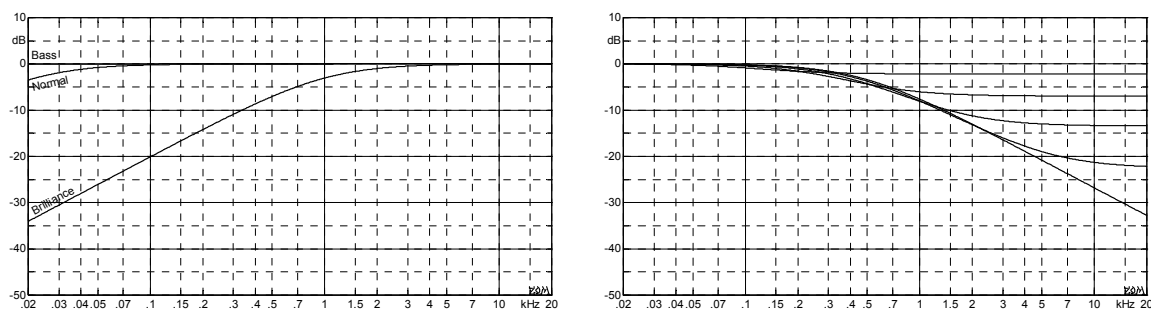


Abb. 10.10.27: Kopplung Vorstufe/Phaseninverter (Brilliance-Switch, links); Cut-Filter ("Normal", rechts)

Die spezielle Übertragungs-Charakteristik des AC15, AC30/4 und AC30/6 entsteht aus dem Endstufen/Lautsprecher-Frequenzgang; Klangfilter sind bei diesen Verstärkern ja nur in sehr bescheidenem Umfang vorhanden. Bei zunehmender Aussteuerung kommt noch die Kompression der Endstufe hinzu (Kap. 10.5.12), und die Dominanz der kubischen Verzerrungen (Kap. 10.10.4). Ob im Eingang jedoch eine EF86 oder eine ECC83 (12AX7) sitzt, sollte auf den Frequenzgang nur mittelbaren Einfluss haben. Beide **Röhren** arbeiten ab 0 Hz, und bis in MHz-Bereiche. Dennoch meint Jim Elyea: *"The 12AX7 had a narrower frequency range, with a bit more treble, but less bass response than the EF86. The EF86 gave a wider frequency range"*. "Mehr Treble", und trotzdem kleinere Bandbreite? Hängt natürlich davon ab, wie man *Treble* definiert, aber wie auch immer: wenn überhaupt, dann waren das Auswirkungen der Röhrenbeschaltung, und nicht der Röhre selbst. Petersen/Denney meinen übrigens zum Vergleich AC30/4 vs. AC30/6: *"The AC30/4 seemed to have a clearer tone"*. Und ergänzen: *"An EF86 has five elements as opposed to the three of a Triode, so it can have up to 25% more gain"*. Man möchte hinzufügen: 5/3 ist aber 67%. Natürlich stimmt die Anzahl der Elektroden, was hier stört, ist das "so". Beide Prozentangaben sind Unsinn, der Verstärkungsgewinn (EF86 vs. ECC83) beträgt über 100% ($\nu_U = 140$ bis 180 gegenüber 70).

Der "mittelbare" Einfluss der Eingangsröhre betrifft die Eingangskapazität, die Verstärkung und die Kanalkopplung. Die Pentode hat die kleinere **Gitter-Anode-Kapazität**, woraus ein messbarer Unterschied zur ECC83 resultiert (Miller-Effekt). Ein ähnlicher Unterschied ergibt sich aber auch, wenn man das Gitarrenkabel um $\frac{1}{2}$ m verkürzt, das sollte man deshalb nicht dramatisieren. Die **Verstärkungsunterschiede** sind hingegen beachtlich: +43...45dB bei der EF86 (je nach Röhre), gegenüber +37dB bei der ECC83 (jeweils in VOX-typischer Umgebung). Dazu 6 dB Verlust durch die Kanaladdition, sodass ein AC30/4 ca. vier- bis fünfmal soviel verstärkt wie ein AC30/6. Und dann hängt ja beim AC30/6 der Frequenzgang des Normal-Kanals von der Vol-Poti-Stellung des Bright-Channels ab. Und die **Koppel-Cs** sind auch noch unterschiedlich. Die **Lautsprecher** übrigens auch: Der Wechsel von Goodmans zu Celestion vollzog sich 1960, im selben Jahr, als AC30/4 und AC30/6 gleichzeitig am Markt waren. Viele Gründe also, Klangunterschiede zwischen den Verstärkern zu hören. Und nicht

zu vergessen: die **Mikrofonie** der EF86, der Hauptgrund für ihre frühe Pensionierung. Und für eine Schaltungsänderung: Nicht wenige EF86 wurden als Triode beschaltet (*to reduce microphonics; also lowered were the gain and the frequency response* [Elyea]). Und bei einigen AC15 wurde gleich die EF86 gegen eine ECC83 getauscht. Auch wenn der **AC15** nicht den radikalen Umbauten anderer Verstärker (z.B. Bassman) ausgesetzt war, Änderungen gab es schon: Von den bei Elyea aufgelisteten 17 Versionen betreffen viele die Optik und nebensächliche Details, es werden aber auch 3 verschiedene Schaltungsvarianten dokumentiert. Vom kaum bekannten EL34-AC30 gab es 5 Versionen, vom Bestseller AC30-Twin während der JMI-Zeit (1960 – 1967) 15 Versionen: Den **AC30/4** in Normal- und Bass-Version, den **AC30/6** in Normal-, Bass- und Treble-Version, vor und nach der sog. 'List of changes', mit 80 Ω oder 50 Ω Kathodenwiderstand, ab 1963 mit eingebauter Top-Boost-Schaltung. Danach kamen Halbleiterdioden anstelle der GZ34, Keramikmagnet-Lautsprecher, und sogar reine Transistorverstärker, aber das war nach der goldenen Ära, als die die JMI-Phase heute angesehen wird. Den Wechsel vom AC30/6 zum AC30-TB dokumentiert **Abb. 10.10.28**: Anfangs wurde die Brilliance-Unit als Zubehör nachgerüstet, ab 1963/64 dann ab Fabrik eingebaut. Die wichtigsten Vertreter des VOX-Flaggschiffes waren damit AC30/4, AC30/6, und AC30-TB. Jeweils "Twin", weil mit zwei Lautsprechern bestückt, und gelegentlich "Super Twin", wenn Verstärker und Lautsprecher in zwei getrennten Gehäusen residierten. Der AC30/4 hatte 2x2 Eingänge, AC30/6 und AC30-TB hatten 3x2 Eingänge. Die **AC30/4-Schaltung** entspricht weitgehend der in Abb. 10.10.26 dargestellten "dritten Schaltung" des AC15, hat aber vier statt zwei Endröhren, andere Transformatoren, und zwei Lautsprecher* statt einem. Im **AC30/6** wird die EF86 durch eine ECC83 ersetzt, wodurch ein zusätzlicher Kanal mit zwei (parallel liegenden Eingängen) entsteht. Seine beiden Kanäle, *Normal* und *Brilliant*, unterscheiden sich in den Koppel-Cs der Eingangsstufe: 47 nF gegenüber 500 pF, also Tiefenabsenkung im *Brilliance*-Channel (Abb. 10.10.28). Aus dem AC30/6 entstand der **AC30-TB** durch Einfügen der *Brilliance*-Unit. Ihr Kathodenwiderstand war zunächst kapazitiv überbrückt, später nicht mehr.

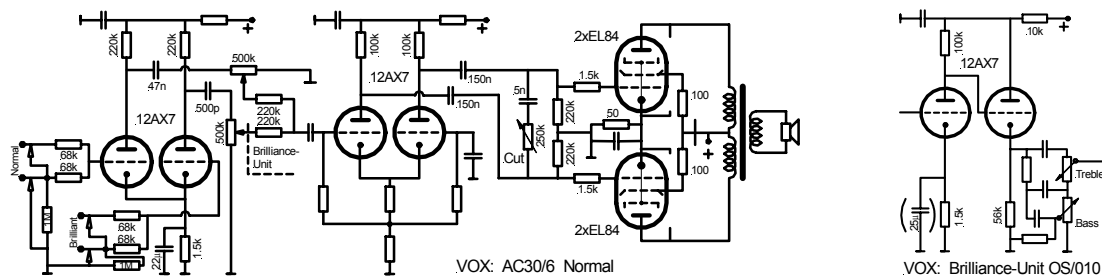


Abb. 10.10.28: VOX AC30/6. Von den insgesamt 4 Endröhren (je zwei parallel) sind nur zwei gezeichnet. Die rechts dargestellte Schaltung wurde im Brilliant-Channel nach dem Vol-Poti an der markierten Stelle eingefügt; zusätzlich wurde dieses Vol-Poti mit einem Bright-C (100 pF) überbrückt. Ergebnis: der **AC30-TB**.

AC15 und AC30 gab es zunächst als "Normal"-Modell, aber auch als "Bass"-Modell; später erschien auch noch ein "Treble"-Modell. Die "Bass"-Modelle hatten vergrößerte Koppel-Cs: In der Eingangsstufe des AC30/6 z.B. 100 nF statt 47 nF, bzw. 1000 pF statt 500 pF; außerdem wurde die Cut-Kapazität verdoppelt. Das "Treble"-Modell erfuhr mehr Änderungen, wie **Abb. 10.10.29** verdeutlicht. Außer Kathoden-Trennung und Bright-Cs wurden die Koppel-Cs vor den Endröhren auf 47 nF verkleinert, und der Cut-C auf 2.2 nF verkleinert. Durch die Auftrennung des Kathodenkreises der Eingangsröhre verschiebt sich aber deren Arbeitspunkt! Während beim "Normal"-Modell die Ströme *beider* Trioden über den 1.5 k Ω -Widerstand fließen, fließt beim "Treble"-Modell nur mehr einer. Für gleichen Arbeitspunkt hätte man folglich beim "Treble" 3 k Ω in die Kathodenleitungen einfügen müssen. Man hat nicht ...

* Den AC15 gab es auch als Twin, mit zwei (lowcost) Goodmans Lautsprechern [Elyea].

Die Höhenanhebung beim "Treble"-Modell wird überwiegend vom 220-pF-Kondensator verursacht, der verkleinerte Kathodenkondensator bewirkt lediglich 3 dB Höhenanhebung. Der 330-k Ω -Widerstand verhindert, dass bei voll aufgedrehtem Vol-Poti der Bright-C unwirksam wird, dadurch sinkt aber die maximal mögliche Verstärkung um 7 dB.

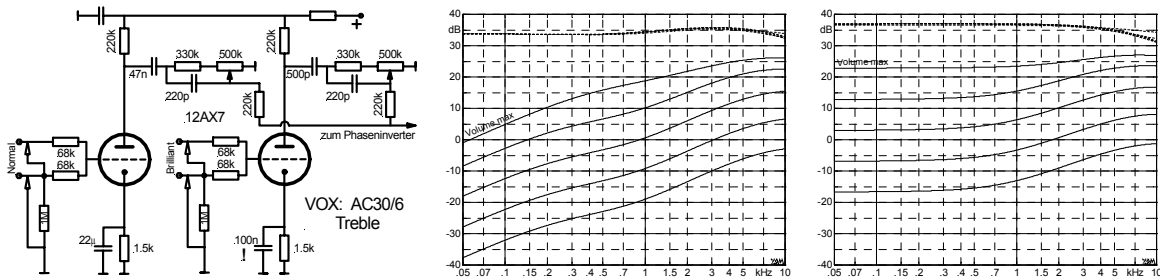


Abb. 10.10.29: VOX AC30/6 "Treble". Übertragungsmaß vom Eingang bis zur ersten Anode (---), bzw. bis zum Phaseninverter-Eingang; Brilliance-Kanal (Mitte), Normal-Kanal (rechts).

In Abb. 10.10.30 sind die Übertragungs-Frequenzgänge vom Eingang bis zum lautsprecherbelasteten Leistungsausgang bzw. bis zum Schallpegel im RAR dargestellt – eine einfache "Klangwaage", perfekt ausbalanciert. Die aufwändigere Klangfilterung des AC30-TB wurde schon in Kap. 10.3.1 vorgestellt.

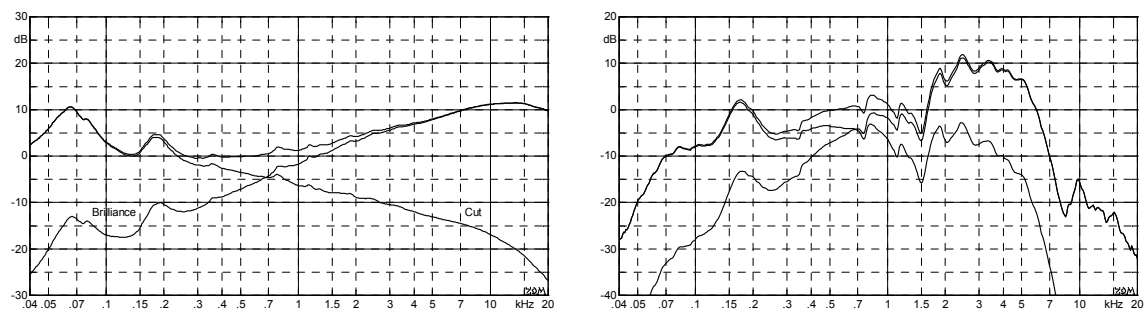


Abb. 10.10.30: VOX AC30/4. Übertragungsmaß bis zum Leistungsausgang (links), bzw. bis zum Schallpegel.

Eine Besonderheit der frühen Jahre, die heute kaum noch genutzt wird, ist der **Vibrato**-Kanal. Schon die zweite AC15-Version hatte ihn in der Deluxe-Ausführung, sowie alle AC30. Seine Funktion ist in Kap. 10.8.2 erläutert. Brilliant- und Normal-Kanal brauchen je eine Triode, der Vibrato-Kanal braucht deren sechs. Sechs sells, auch hier – das war ein zugkräftiges Verkaufsargument. Problematisch war nur, dass das niederfrequente LFO-Signal nicht völlig unterdrückt werden konnte, trotz wohldurchdachter Brückenschaltung. Deshalb wurde schon im Gibson GA70 ein mehrstufiger Hochpass eingebaut, den sich auch der VOX "borgte". Der Übertragungsfrequenzgang dieses Hochpasses ist in Abb. 10.10.31 dargestellt.

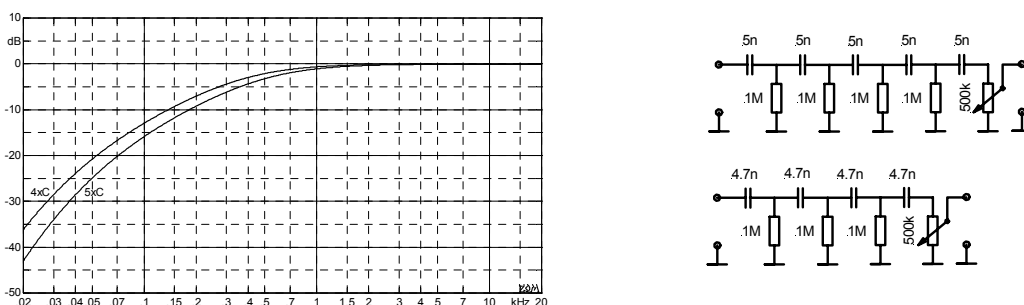


Abb. 10.10.31: Hochpass im Vibrato-Kanal (VOX AC15, AC30/4 fünfstufig, VOX AC30/6 vierstufig).

Dass dieser Hochpass auch die Tiefen des Nutzsignals absenkte, musste akzeptiert werden; er entsprach damit in etwa dem *Brilliance-Switch*. Warum allerdings auf diesen 500-Hz-Hochpass noch ein Hochpass folgt (PI-Eingang), dessen Grenzfrequenz beim Normal-AC30/4 nur 8Hz beträgt, beim Bass-AC30/4 sogar nur 0.8 Hz, das hätte wohl nur Dick Denney erklären können. Oder auch nicht. Egal – auch das sind sie, die Mythen der Vergangenheit, die dem wabernden Nebel der dionysischen 60er entsprangen, und im Dickicht des WWW, des weltweiten Wildwuchses, eine neue Bleibe fanden.

Gegen 1967 endet die goldene Zeit der Ur-Vöxe, die Umsätze fallen ins Bodenlose, wogegen auch der Rauswurf des Firmengründers Tom Jennings nicht hilft. Im März 1969 gehen fast die Lichter aus, VOX ist "*in preparation for its liquidation* [Elyea]". Ab dann geben sich die Käufer die Klinke in die Hand: 'Corinthian Securities', 'Birch Stolec', 'Dallas Arbitr', 'Rose Morris' kaufen und verkaufen die Reste, zuletzt übernimmt **Korg**. Und lässt (ab 1993) wieder die AC30-Fertigung aufleben – bei Marshall, Dank guter Beziehungen. Und tatsächlich, der Relaunch gelingt, VOX ist wieder da (Kap. 10.10.7). Und wirbt kräftig mit dem Ruhm vergangener Tage.

Angesichts der verschiedenen Varianten wird deutlich, dass es "den" AC30-Sound so wenig gibt wie "den" Fender-Sound, obwohl die gegenkopplungsfreie EL84-Endstufe zusammen mit der speziellen Lautsprecher/Gehäuse-Konstruktion schon Gemeinsamkeiten schafft. Aber die Gleichung *Beatles-Sound* = *VOX-Sound* ist dann doch zu einfach, auch wenn die Werbung gern in diese Richtung geht. Denn dann müsste man auch schreiben *Beatles-Sound* = *Stones-Sound*, oder *Shadows-Sound* = *Queen-Sound*, und das passt einfach nicht. Jim Elyea widmet sich 20 Seiten lang der Frage, wann die Shadows welchen Verstärker bekommen haben, und was wann womit aufgenommen wurde. Noch umfangreicher (und unübersichtlicher) bei den Beatles. Das war nicht "der" VOX, da wurde der nächst größere genommen, kaum dass er auf dem Markt war. Zwar spielte Lennon nachweislich auf einem AC15, aber halt auch auf AC30, AC50, und AC100. Und sogar auf 7120 und Conqueror – doch das waren, man traut sich's kaum zu schreiben, Hybrid- bzw. Transistor-Verstärker. Aber auch das ist *VOX-Sound*.



Abb. 10.10.32: Verschiedene AC30 [Jim Elyea: VOX Amplifiers, The JMI Years].

Fender-Verstärker

"In the 20's, Leo Fender was a bookkeeper who got into ham radio* as a hobby". So beginnt Dave Funk in seinem TUBE AMP WORKBOOK die Beschreibung eines äußerst einflussreichen Buchhalters, dessen Verstärker und Instrumente Geschichte schreiben sollten. Nach kurzer Zusammenarbeit mit Doc Kaufman startet Leo Fender 1946 in Fullerton (Kalifornien) seine **Fender Electric Instrument Company** und baut zunächst Verstärker nach Schaltungen des "Radiotron Designer's Handbook", später (1950) auch Elektrogitarren und -bässe. Sehr viele verschiedene Verstärker, Dave Funk braucht allein 250 Seiten für die Schaltpläne, und kommt doch nur bis in die 70er-Jahre. Die unziemliche Frage "hat's denn nach 1964 überhaupt noch nennenswerte Fender-Verstärker gegeben?" übergehen wir mit einem kurzen "ja", und versuchen, Ordnung in die Vielfalt zu bringen. Fender-Verstärker der frühen Periode wurden durch ein **Nummernsystem** gekennzeichnet, dessen erste Stelle auf das Jahrzehnt hinweist: 5 auf die 50er-Jahre, 6 auf die 60er. An zweiter Stelle steht ein Buchstabe, der die Änderungsvariante dokumentiert, die dritte Stelle spezifiziert das Modell. 5B3 ist der Deluxe von 1952, sein Nachfolger ist der 5C3. Der Bassman von 1952 war der 5B6, der Twin war der 5B8. Man vermutet, dass der Buchstabe als Code für das Jahr gedacht war, dass dieses System aber um 1955 zusammenbrach, weil nicht mehr jeder Verstärker jedes Jahr revidiert werden konnte. Für manchen ist es äußerst wichtig, das Produktionsjahr auf den Monat genau zu datieren, das soll hier nicht das Thema sein. Als ungefähre Anhalt: A = 51, B = 52, C = 53, D = 54, und ab E = 55 wird's ungenau, bis um 1960 die G-Varianten kommen. Ab 1963 folgt mit der AA763-Schaltung eine modellübergreifende Vereinfachung, mit der Revision AB763.

Modell	Name	Produktionsstart, typische Endröhren	Leistungsklasse
1	Champ	1946/47, 1x6V6-GT	*
2	Princeton	1946/47, 1x6V6-GT	*
3	Deluxe	1947, 2x6V6-GT (Model 26)	**
4	Super	1950, 2x6L6-GC (Dual Professional)	***
5	Pro	1950, 2x6L6-GC	***
6	Bassman	1951, 2x6L6-GC	***
7	Bandmaster	1952, 2x6L6-GC	***
8	Twin	1952, 2x6L6-GC ⇒ 4x6L6-GC	****
9	Tremolux	1955, 2x6V6-GT ⇒ 2x6L6-GC	**
10	Harvard	1956, 2x6V6-GT ⇒ 2x6L6-GC	**
11	Vibrolux	1955, 2x6V6-GT ⇒ 2x6L6-GC	**
12	Concert	1960, 2x6L6-GC	***
13	Vibrasonic	1959, 2x6L6-GC	***
14	Showman	1961, 4x6L6-GC	****
15	Reverb Unit	1961, Federhall, keine Leistungsendstufe	-
16	Vibroverb	1963, 2x6L6-GC	***

Tabelle: Fender-Verstärker; die verfügbaren Quellen sind unvollständig und z.T. widersprüchlich.

Bezüglich des Aussehens unterscheidet man: Die ganz frühen **K&F**-Verstärker (1945-46), die 'Woodies' im Holz-Look (ab 1947), und die darauf folgenden 'Twotone-Vinyl-Amps'. Dann kommen Fenders berühmte 'Tweed'-Verstärker (ab 1948), nach ihrem lackierten Stoffüberzug benannt. Danach helles und dunkles Braun 'Brownface' (1959 – 63), verschiedene Weiß-Töne 'Blonde, Cream' (1960 – 64), 'Blackface' (1964 – 67), schließlich 'Silverface' (1967 – 81). Alles nicht auf den Tag genau – die Quellenlage ist dürftig.

* "ham" bedeutet hier nicht Schinken, sondern Amateur

Für den heutigen Altwarenhandel mag ja das taggenaue Produktionsdatum von Bedeutung sein, aus technischer Sicht sind Schaltung, Bauteile, Gehäuse und Lautsprecher wichtiger. Da gab es einige Richtlinien, aber auch viele Ausnahmen. Verständlich, dass nicht alle Verstärker am selben Tag das neue Klangfilter bekommen konnten, und dass erst Lagerbestände aufgebraucht wurden, bevor das neue Modell auf den Markt durfte. Die Unterschiede sind so extrem vielfältig, dass sie auch nicht annähernd vollständig dargestellt werden können: Da fällt ein Kondensator weg, um zwei Jahre später wieder aufzutauchen und wieder zu verschwinden, da variieren die Kapazitätswerte ohne erkennbare Regeln, da werden Gegenkopplungen eingebaut und kurz darauf wieder verworfen, verschiedene Vibrato-Konzepte durchprobiert, und vieles mehr. Das alles ist nicht zu kritisieren, so entwickeln sich Produkte – es erschwert aber die Dokumentation. Die alten Oktalröhren weichen neueren Novalröhren, ein Quecksilberdampf-Gleichrichter tritt an und gleich wieder ab, die Phasenumkehrstufe mutiert von der Paraphase-Schaltung (1946, ab 1951 mit Gegenkopplung) zur Kathodyn-Schaltung (um 1955) und zum Differenzverstärker (um 1956, Kap. 10.4). Die Ausgangsleistung wächst (beim Twin z.B. von 18 W auf 185 W), und die Lautsprecher entwickeln sich natürlich mit: Vom schwachen Alnico-Lautsprecher zum hochbelastbaren Keramiksystem. Doch nicht alles, was als Verbesserung gedacht war, wird von den Gitarristen auch als solche empfunden, und deshalb werden alte Konzepte neu aufgelegt, "Reissues" auf den Markt gebracht, "Historic-" und "Vintage-Modelle" wiederbelebt.

Sucht man nach Gemeinsamkeiten aller Fender-Verstärker, wird man fündig*, um aber schon im nächsten Moment Ausnahmen zu entdecken. Ja, Leo Fender liebte Countrymusic, sodass die Vermutung berechtigt ist, seine Verstärker sollten bei dieser Musik eine gute Figur machen. Und, ja, Übersteuerung war in seinen Ohren vermutlich eine Fehlfunktion. Brillante Höhen waren erwünscht, und in Verbindung mit den typischen Fender-Singlecoils auch leicht produzierbar. Allen Fender-Combos aber einen gemeinsamen Soundcharakter unterstellen zu wollen, nein, das ginge zu weit. Nicht nur quer über alle Modelle, sondern auch innerhalb einer Entwicklung (z.B. vom 5B3-Deluxe zum AB868-Deluxe) finden sich allenthalben große Unterschiede, und deshalb gibt es nicht einmal "den" charakteristischen Deluxe-Sound.

Den ganz alten **Deluxe** von 1947 muss man zum Vergleich nicht heranziehen, der existiert nur mehr in homöopathischen Dosen. Ab 1954 wird er als **5D3** interessant, da bekommt er moderne Novalröhren (12AY7, 12AX7, 2x6V6GT, 5Y3GT), eine stabile Eingangsschaltung, die gegengekoppelte Paraphase-Schaltung, und spielt damit anscheinend so gut, dass die Endstufe ganz ohne Gegenkopplung auskommt. Die größte Änderung beim **5E3** ist der Wechsel von Paraphase zu Kathodyn, begleitet von kleineren Kapazitäts-Änderungen und weiteren Modifikationen. Ob es einen **5F3** gegeben hat, wird kontrovers diskutiert, ein Schaltplan ist nicht bekannt. Der 1960er **6G3** hat eine zusätzliche 12AX7, für den Vibrato-Effekt und den Wechsel von der Kathodyn-Schaltung zum Differenz-Verstärker. Außerdem liegen jetzt die Kathoden der Endröhren auf Masse (*fixed bias*), der negativen Gitterspannung wird das Vibratosignal überlagert. Sicher nicht optimal, denn diese Endstufe ist gegengekoppelt. Im Netzteil muss die 5Y3GT einer GZ34 weichen, und in der Vorstufe hat jetzt jeder Kanal ein eigenes Klangfilter. Beim 1963er **AA763-Deluxe** kommt erstmals der LDR-Modulator zum Einsatz, jeder Kanal erhält eigene Treble/Bass-Filter, und so wurde aus einem 10-Watt-Verstärker (5 Röhren, 3 Knöpfe) ein 21-Watt-Verstärker (11 Röhren, 8 Knöpfe). Ende der Fahnenstange? Nein, der **Deluxe-Reverb** legt noch eins drauf und bietet, wie der Name sagt, zusätzlich einen Federhall: 15 Röhren, 9 Knöpfe. Es versteht sich von selbst, dass all diese Modifikationen Änderungen im linearen und vor allem nichtlinearen Verhalten nach sich ziehen, und somit Auswirkungen auf den Klang haben.

* nein, das gemeinsame Fender-Logo ist dann doch zu wenig

Die topologischen Unterschiede zweier Deluxe-Verstärker zeigt **Abb. 10.10.33**. Schon die Eingangsröhren differieren (Kap. 10.11), wie auch ihre Anodenbeschaltung. Beim 5E3 ist das Vol-Poti "reverse" beschaltet, eine Eigenart vieler ganz früher Verstärker. Änderungen der Schleiferstellung ändern direkt die Röhrenverstärkung; bei zugeordnetem *Volume* arbeitet die Röhre auf einen Kurzschluss – was ihr als Stromquelle aber nicht schadet. Auch das simple Tone-Poti hat Rückwirkungen auf die Anode, und überdies sind beide Kanäle verkoppelt. Das lässt sich leicht analysieren, aber schwer darstellen, weil alles von allem abhängt. Der AB763 summiert die beiden Kanäle hingegen erst direkt vor dem Phaseninverter (PI), und ermöglicht hiermit eine weit bessere Entkopplung (**Abb. 10.10.34**). Die Wirkung des Tone-Filters dokumentiert **Abb. 10.10.35**: Ein von der Stellung des Vol-Potis abhängiges, breitbandiges Treble-Filter, ohne das für spätere Versionen charakteristische Mitten-Loch (Kap. 10.3). Das reverse beschaltete Vol-Poti ist unzuweckmäßig, durch seine Verkopplung mit der Röhre ändert sich im mittleren Drehbereich die Verstärkung nur wenig (um 10 dB zwischen 2 und 8). Und dann beeinflussen sich die beiden Vol-Potis auch noch gegenseitig.

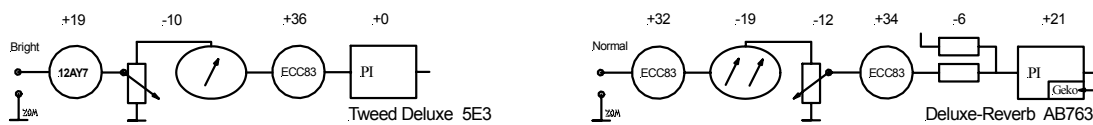


Abb. 10.10.33: Vergleich 5E3-Deluxe (Tweed) vs. Deluxe-Reverb (Blackface). Die angegebenen Verstärkungen beziehen sich auf die Standardbedingung aus Kap. 10.10.2 (90 mV / 500 Hz für Vollaussteuerung).

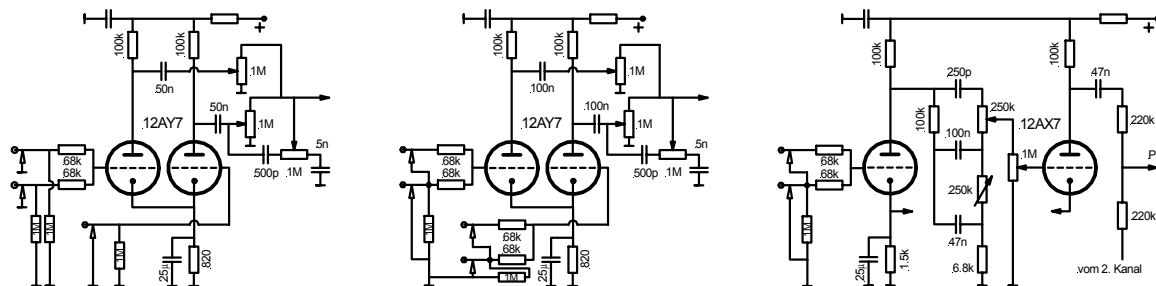


Abb. 10.10.34: Deluxe-Eingangsschaltungen: 5D3 (1954), 5E3 (Tweed, 1955), AB763 (Blackface, 1963).

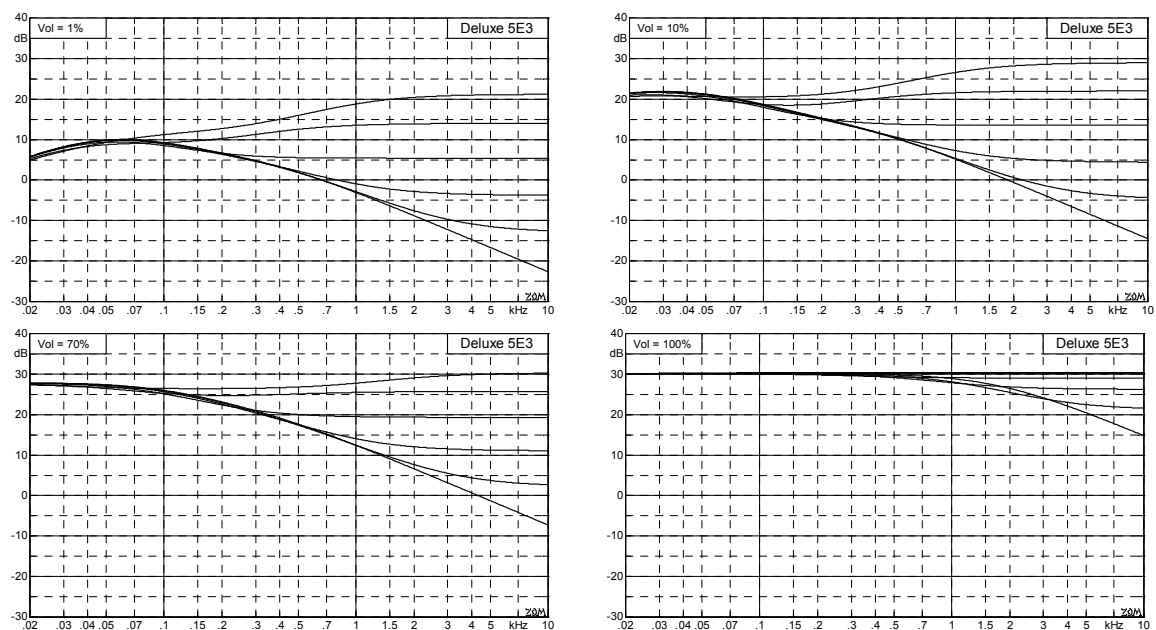


Abb. 10.10.35: 5E3-Deluxe, Übertragung der ersten Stufe, Tone-Poti; Vol-Poti des anderen Kanals zugeordnet.

Erst im 1960 produzierten 6G3-Deluxe sind die beiden Vol-Potis *normal* beschaltet, ab dem 1963er-Deluxe erhalten beide Kanäle je einen Bass- und Treble-Steller. Die Klirrdämpfungen a_{k2} der Vorstufe sind in **Abb. 10.10.36** dargestellt: Beim 5E3-Deluxe verringert sich beim Zurückdrehen des Vol-Potis der Anoden>Lastwiderstand, die Verstärkung nimmt ab, gleichzeitig nehmen die Verzerrungen zu. Weit aufgedreht sind seine Verzerrungen geringer als die des Deluxe Reverb, was an der geringeren Verstärkung der 12AY7 liegt. Dass die Verzerrungen auch noch von der individuellen Röhre abhängen wurde schon erwähnt (Kap. 10.1.4).

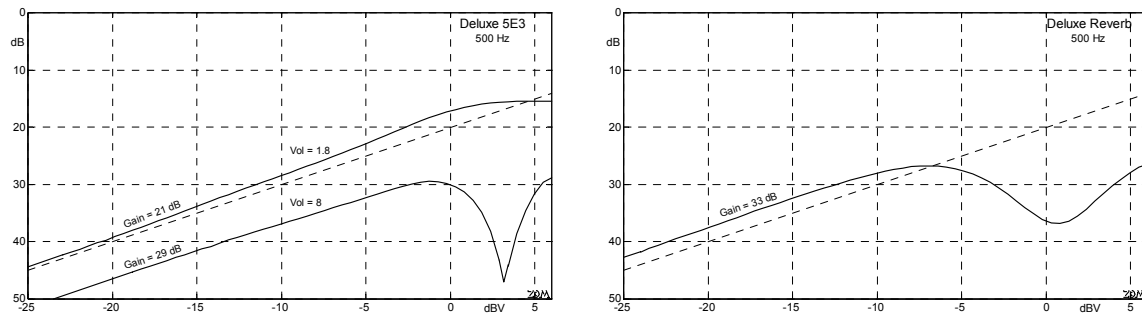


Abb. 10.10.36: Quadratische Klirrdämpfung vom Verstärker-Eingang bis zur ersten Anode. Das *reverse* beschaltete Vol-Poti findet man auch bei anderen Fender-Verstärkern, z.B. im Pro, im Princeton, und im Super.

Die Verzerrungen der Vorstufenröhre müssen nur beachtet werden, wenn der Tonabnehmer eine hohe Spannung liefert. 100 mV_{eff} am Eingang eines 3E5, dessen Vol-Poti auf 8 steht, erzeugen in der Vorstufe gerade einmal $k_2 = 0.5\%$; die Endstufe ist hierbei jedoch schon weit übersteuert, wie auch die Headroom-Charts dokumentieren (Kap. 10.10.3). Zur Endstufe gehört immer auch der Phaseninverter, in seiner jeweiligen Variante (Paraphase, Kathodyn, Differenzverstärker, Kap. 10.4). Der 5D3 hatte die gegengekoppelte Paraphase, der 5E3 die Kathodyn-Schaltung, der AB763 den Differenzverstärker. Die Kathodyn-Symmetrierung ist akzeptabel, "über alles" ist k_2 beim 5E3 im ganzen Aussteuerungsbereich kleiner als k_3 (Abb. 10.10.20). Bei dem ab 1956 eingesetzten **Differenzverstärker** hängt die Symmetrie u.a. von den Anodenwiderständen ab. Vertraut man darauf, dass Kohle-Widerstände "absolut High-End" sind, riskiert man große Toleranzen, und eine große Streubreite beim k_2 . Im 6G3-Deluxe sind die **Anodenwiderstände** ungleich, im AA763 gleich, im AB763 wieder ungleich. Gleich heißt immer 100 kΩ je Widerstand, ungleich ist 82 kΩ und 100 kΩ. Ähnlich beim Super Amp: Im 6G4 ungleich, im AA763 gleich, und im AB763? Laut Schaltplan gleich, laut Layout ungleich. Das kommt auch noch hinzu: die Unterlagen können Fehler enthalten.

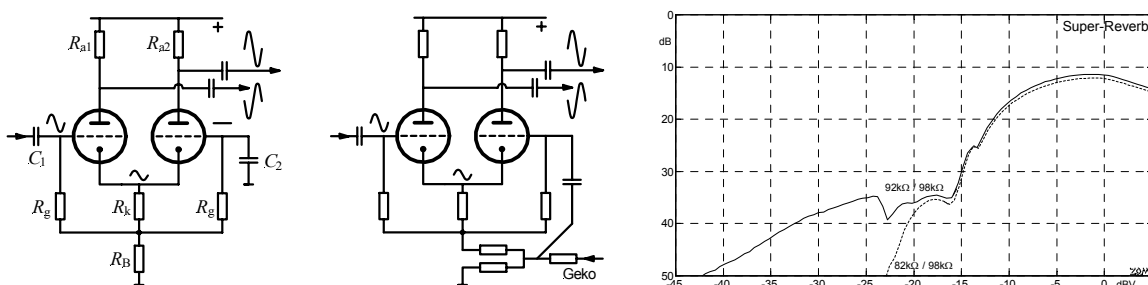


Abb. 10.10.37: Differenzverstärker ohne/mit "Über-Alles-Gegenkopplung"; Quadratische Klirrdämpfung.

Weil in **Abb. 10.10.37** die rechte Triode über die Kathode angesteuert wird (Gitter-Basis-Schaltung) ist ihre Verstärkung etwas kleiner als die der linken – das kann man ausgleichen, indem man den rechten Anodenwiderstand größer macht als den linken, z.B. 82 kΩ / 100 kΩ. Für die vom Ausgangstrafo kommende Gegenkopplung arbeitet jedoch die linke Triode in Gitter-Basis-Schaltung – als Kompromiss bieten sich gleich große Widerstände an.

Spielen diese kleinen Unsymmetrien überhaupt eine Rolle? **Abb. 10.10.37** zeigt hierzu für einen Super-Reverb (AB763) Messungen. Gemäß ihren Farbringen sollten die Widerstände 82 k Ω / 100 k Ω haben, tatsächlich hatten sie 92 k Ω / 98 k Ω , der 82-k Ω -Widerstand war um 12% zu groß. Er wurde durch einen Widerstand mit korrektem Wert ersetzt, wodurch der k_2 bei kleiner Aussteuerung deutlich abnahm. Hierzu kann man verschiedene Meinungen haben:

- 1) Die Verzerrungen eines Gitarrenverstärkers sollten gering sein, eine derartige Symmetrierung ist sinnvoll. N.B.: Auch Endröhren und Trafo können für Unsymmetrie sorgen!
- 2) Erst mit quadratischen Verzerrungen klingt der Gitarrenverstärker genretypisch. N.B.: w.o..
- 3) Klirrfaktoren unter 3% sind zumeist unhörbar. N.B.: Mit anderer Widerstandspaarung sind auch größere Verzerrungen möglich.

Fender-Schaltpläne erlauben für die Anodenwiderstände des Differenzverstärkers 5% Toleranz, belegen aber auch verschiedene Schaltungs-Typen: 82 k Ω / 100 k Ω , 100 k Ω / 100 k Ω , 47 k Ω / 47 k Ω , sowohl mit der 7025, als auch mit der 12AT7. Eine große Variationsbreite, allein im Phaseninverter. Schon das macht deutlich, dass ein bestimmtes Modell (der Pro, der Deluxe) in sehr verschiedenen Varianten gebaut wurde. Einige Verstärker wie der Pro haben über die Jahre zumindest ihre Endröhren behalten (6L6, später die nicht identische 6L6GC), die Arbeitspunkterzeugung wechselte aber von 'automatisch' (Kathodenwiderstand) auf 'fest'. Die Anodenspannung änderte sich auch, von 350 V auf 440 V. Der Princeton hat zunächst eine einzige Endröhre (6V6), später derer zwei. Der Twin startet mit zwei 6L6, und erhält in späteren Versionen vier 6L6GC (bzw. vier 5881). Der Tremolux hat anfangs zwei 6V6GT, später zwei 6L6GC. Dass die Klangfilter oft jedes Jahr geändert wurden, ist in Kap. 10.3 dokumentiert, dass Koppel-Cs und kleine Abblock-Cs von Jahr zu Jahr variierten, sprengt den Rahmen einer knappen Darstellung.

Doch es gibt auch Ähnlichkeiten: Der Pro entspricht dem Super, nur die Lautsprecher differieren: Der Super hatte 2x10", der Pro 1x15". Anfangs – später änderte sich das wieder, da erhält der Super 4x10", und der Pro 2x12". Beide Verstärker haben wiederum Ähnlichkeit mit Bandmaster und Concert, nur die Lautsprecherbestückung differiert, und deshalb in einigen Fällen auch der Ausgangsübertrager. Der Tremolux war ein modifizierter Deluxe, mit Vibrato bzw. Tremolo (bei Fender synonym verwendet), der Vibrolux war ein abgemagerter Tremolux. Der Showman war die zweiteilige Variante (piggyback) vom Twin.

Text in Bearbeitung