

10.10 Vergleichende Analysen

Die bisherigen Kapitel hatten größtenteils die Analyse spezieller Teilschaltungen zum Thema, nun kommen komplette Gitarrenverstärker. Vorab soll nochmals auf die große Variabilität alter Verstärker hingewiesen werden: Passive Verstärkerbauteile konnten 20%, manchmal sogar 30% Toleranz aufweisen, typgleiche Röhren streuen in ihren Übertragungsparametern, Schaltungen wurden herstellerseits undokumentiert modifiziert, sodass z.B. "der" Tweed-Deluxe in großer Streubreite existiert – selbst als 5E3.

10.10.1 Denn sie wussten, was sie taten?

In einem alten Princeton stecken 3 Röhren, 2 Trafos, 11 Widerstände, 10 Kondensatoren, 2 Potentiometer, alles in allem also: geniales Wunderwerk eines genialen Schaltungstechnikers, dessen geniale Ideen sich bis heute jeglicher Analyse verweigern. Ähnlich ist's angeblich mit alten Vöxen, seltenen Parks, originalen JTMs, oder wie sonst diese Preziosen heißen mögen. Nun war es in Kriegs- oder Nachkriegszeiten sicher nicht ganz trivial, einen Leistungsverstärker zu entwickeln und in Serie zu produzieren, übermenschlicher Genialität bedurfte es aber auch nicht. Vollständige Basis der zugrunde liegenden Mathematik war wohl in vielen Fällen $U = RI$ und $P = UI$, ergänzt um das Wissen, dass Kondensatoren um so besser leiten, je höher die Frequenz ist. Nicht wahr, liebe Fachmagazin-Redakteure, das ist es doch, was einen Schaltungsexperten auszeichnet? In Kriegszeiten war's ja verständlich: Da ging man mehr oder weniger begeistert zur Royal Air Force, ärgerte sich über den ständig kaputten Funk, hatte nach glücklichem Austausch eines geplatzten Capacitors unerwarteten Erfolg, war fortan Technician, wenn nicht gar Engineer, und hatte den Grundstein zur späteren Entwickler-Karriere gelegt. Nicht, dass die Theorie unbekannt gewesen wäre: Im 1934 erstmals aufgelegten Langford-Smith findet man auf hunderten Seiten Grundlagen zur Schaltungstechnik, die auch heute noch hochschultauglich sind. Indes, die Zeiten waren schwierig, nicht jeder, der studieren wollte, konnte das auch. Damals. Dass anno 2007 der G&B-Schaltungs-"Experte" zu einem Deluxe-Reverb-Reissue erklärt, "*dass durch solchen Plastikkram mehr als 400 V Betriebsspannung fließen*", tja, das ist dann wohl auch wieder irgendwie kongenial.

Es ist heute unmöglich, bei alten Schaltungen eindeutig zu sagen, was zufällig entstand, und was Ergebnis zielgerichteter Entwicklung war. Vermutlich wussten die Entwickler damals selbst nicht so genau, was sie da zusammengelötet hatten. Zum einen war wohl die technische Ausbildung in vielen Fällen dürftig, zum anderen galt das auch für das Equipment. PCs gab's 1950 noch nicht, "Elektronenrechner" auch nicht, Transistoren nur als Labor-Prototyp, sodass die Laborgeräte ausschließlich röhrenbetrieben waren. Das ging ganz gut bei Tongenerator und Oszilloskop, aber schon bei der Klirrfaktormessung wurde es schwierig. Ganz unmöglich war's zwar nicht, *hp* (ab 1939) und *B&K* (ab 1942) bauten bereits Audio-Messgeräte, aber teuer war's. Wollte man mit **Brüel&Kjaer** einen kleinen Audio-Messplatz einrichten, zahlte man z.B. noch 1987 für Pegelschreiber 25.206.-, Sinusgenerator 15.867.-, FFT-Analyzer 46.299.-, Klirranalysator 60.758.-, Terz-Analyzer 65.448.-, alles in allem also DM 213.578.-, wenn man sich mit einkanaliger FFT zufrieden gab. Zweikanalig war um 41.986.- teurer, und wenn man – welch Luxus – einen Drucker wollte ... nein, den wollte man nicht wirklich, denn der hätte zusätzliche 28.282.- gekostet. Typ 2313, Graphik-Drucker (Color? black! only!!), DM 28.282.- ... allein dafür hätte man 3 vollbetankte VW-Käfer bekommen. Als die vielgerühmten Verstärker-Ahnen entstanden, waren ihre Schöpfer 'Radio-Amateure', gerade eben dem Teenager-Alter entwachsen. Und folglich vollumfänglich mit hellgrünen Präzisionsmessgeräten ausgerüstet? Nein, sicher nicht – die hatten bestenfalls Tongenerator, Oszilloskop und ein oder zwei "MaVoMeter". Und einen LötKolben.

Man konnte ja auch mit wenig Ausrüstung Verstärker zusammenlöten, die Schaltungen waren bekannt. **Jim Elyea** schreibt in seinem VOX-Buch, es sei üblich gewesen, bei der Konkurrenz zu klauen, was das Zeug hielt. Na gut, direkt 'klauen' schreibt er nicht: "*JMI, like everyone else, borrowed literally wherever appropriate... It was not uncommon for the engineers at JMI to bring in the equipment of other manufacturers, take them apart for ideas, put them back together, and sell them in the shop*". Man 'borgte' sich Ideen, auch noch 1984: Da ließ ein GF kurz vor der Frankfurter Messe seine Entwickler auf ein japanisches Konkurrenzgerät die eigene Frontblende schrauben, und präsentierte es stolz als neu entwickeltes Hallgerät. Sicherheitshalber nahm er's aber jeden Abend mit auf sein Hotelzimmer – wäre doch zu blöd gewesen, wenn's ein anderer geklaut hätte. **'Knowhow-Transfer'** war und ist üblich, nicht nur in Fernost. Marshalls JTM ist ein nachgebauter Fender Bassman, das Gitarren-Vibrato war vorher schon ein Orgel-Vibrato, das VOX-Klangfilter kommt vom Gibson GA-70 (der wiederum von Fenders Pro-5E5-A inspiriert war), Marshalls 18-Watter war vorher schon als Watkins Dominator am Markt erfolgreich, Gibson *'disassembled every Fender-Amp'* [Elyea /Smith]. Natürlich waren das keine 100%-igen Kopien, irgendwas wurde schon verändert – und wenn's nur das Aussehen war. In der Regel aber auch ein paar Schaltungsdetails, irgendwo musste sich ja die eigene Genialität Bahn brechen (**Abb. 10.10.1**).

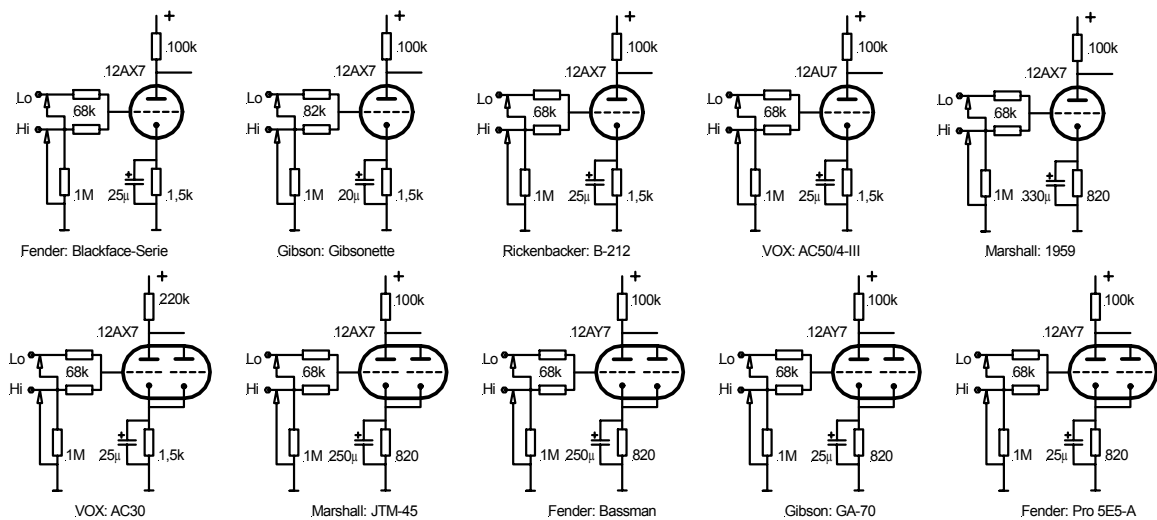


Abb. 10.10.1: Eingangsschaltungen verschiedener Gitarrenverstärker

In Elyeas VOX-Buch findet sich mehrmals der Hinweis, Dick Denneys Prototypen seien "Vogelnester" gewesen, kunstvoll zusammengelötete Bauteilehaufen. *'Dick's working was a more organic approach, involving endless fiddling with individual parts until he got the sound he was after. He didn't care what the value of a part was; all that mattered was if it sounded right.'* Dass Denney einen schweren Hörschaden hatte, störte dabei nicht wirklich. Nein, nicht, weil er dadurch mit seine Kundschaft auf Ohrenhöhe war, sondern weil er trotz Hörschaden wusste, was der Markt wollte. Was seine Schaltungen so trieben, wusste er nicht immer. Dass sein von Wurlitzer inspirierter **Phasenmodulator** auch Amplitudenmodulation konnte, entdeckte er erst, als sein Schraubenzieher in die Schaltung fiel und zwei Leitungen verband [Elyea]. Überhaupt der Vib/Trem-Kanal: Da folgt auf einen 500-Hz-Hochpass ein weiterer Hochpass, der beim Normal-Modell 8 Hz Grenzfrequenz hat, beim Bass-Modell 0.8 Hz. Das ist so, und wird nun von Generation zu Generation so weitergereicht. Oder der **JTM-45**, Jim Marshalls heiligste Kuh. Inzwischen auch als Reissue am Markt, aber u.a. mit geändertem Kathoden-Elko. Empfehlung: *'Der 330-µF-Elko sollte gegen einen 250 oder 220 µF getauscht werden. Das minimiert den Bass etwas [G&B 8/06].'* Die passendere Begründung

wäre gewesen: weil das in der Originalschaltung auch so war. Einfache Abschätzung: Mit Kathoden-Innenwiderstand ($1/S$) und Kathodenwiderstand (820Ω) ergibt sich die Polfrequenz zu 2 Hz ($330 \mu\text{F}$), bzw. zu 2,7 Hz ($250 \mu\text{F}$). Bei genauerer Rechnung müsste man noch den Anodenwiderstand berücksichtigen, aber: muss man das wirklich? Wie relevant sind 2 Hz bei einem Gitarrenverstärker? Man wäre ja durchaus geneigt, auch noch über Ausgleichsvorgänge nachzudenken, würde der G&B-Autor nicht an anderer Stelle schreiben, Schaltdraht klänge anders als Litze, und Silberdraht klänge 'grausam'. Ja, ja, die HiFi-Welt ... und blau isolierter Draht klingt luftiger, und braun isolierter irgendwie ... beschissen. Ganz am Rande: Bei einem Elektrolyt-Kondensator war der genaue Kapazitätswert noch nie so ganz wichtig, da findet man als Toleranz schon mal $+50/-20\%$ aufgedruckt.

Wie entstand der **250- μF -Kathodenelko**? Schwierig, echt, da kann man nur spekulieren. Leo Fenders erster Bassman (5A6) hatte Pentoden im Eingang, mit normalen 10- μF -Elkos. Die zweite Variante (5B6) bekam eine Doppeltriode (6SC7) mit gemeinsamer Kathode, und den berüchtigten 250- μF -Oschi*, der fast so groß war wie ein Netzteil-Siebelko. Warum?

1. Während im aktiven Kanal das Signal vom Gitter zur Anode invertiert wird, gelangt es auch über die zweite Röhre auf den Summationspunkt (Anode) – und weil es sich hierbei um eine Gitter-Basis-Schaltung handelt, nicht-invertiert. Somit addieren sich zwei zueinander gegenphasige Signale, es kommt zu Abschwächungen. Aber nur bei ganz tiefen Frequenzen, denn dieser Kathodenumweg stellt einen Tiefpass dar. Mit 10 μF hätten bei 5 Hz gerade einmal 3 dB gefehlt – für einen E-Bass immer noch voll ausreichend, und eigentlich kein Grund, gleich den 25-fachen Kapazitätswert zu nehmen.
2. Der dicke Elko sollte Brumm minimieren, der von der Röhren-Heizung in die Schaltung einstreut. Gut möglich, aber: Beim Princeton, der anfangs ebenfalls mit der 6SC7 arbeitet, reichten 25 μF im Kathodenkreis.
3. Ein Bassverstärker muss tiefe Frequenzen übertragen können, OK. Aber gleich 250 μF ? Sowohl Ausgangsübertrager als auch Lautsprecher sind ja weit davon entfernt, derartigen Infraschall auch nur ansatzweise richtig wiedergeben zu können.
4. Da konnte jemand Leos Handschrift nicht lesen, und hat versehentlich statt 25 μF eben 250 μF bestellt/geliefert, und zwar gleich 1000 Stück. Nein, auch nicht.

Es bleibt rätselhaft, auch aus anderen Gründen: Warum behält Leo Fender die 250 μF bei, als er beim Bassman zur 12AY7 wechselt? Das war nun eine moderne Doppeltriode, mit zwei völlig getrennten Systemen, und trotzdem bekommt sie im Bassman den dicken 250- μF -Elko. Und zwar gute 5 Jahre lang – erst beim 6G6-Bassman reicht dann plötzlich wieder der 'kleine' 25- μF -Elko. Wie beim Deluxe, dort aber gleich von Anfang an (5D3). Oder beim Pro (5D5), oder beim Super (5D4), alle von Anfang an mit 25 μF . Nur im Bassman sitzen 250 μF . Weil's ein Bassverstärker ist, akzeptiert. Jetzt kopiert aber Marshall's Ken Bran eben diesen Bassman und macht daraus einen Gitarrenverstärker ... natürlich ebenfalls mit 250- μF -Kathodenelko. Und alle Bluesbreaker-Epigonen halten eisern daran fest, denn auch heute wissen sie nicht immer, was sie da tun. Man könnte – weil die Grenzfrequenz gar so tief liegt – nach anderen Kriterien suchen, nach Ausgleichs-Zeitkonstanten etwa, die bei Übersteuerung eine Rolle spielen, doch auch da wird man nicht fündig. Denn einmal verwendet Marshall den 820- Ω -Widerstand für zwei parallel-liegende Kathoden, einmal aber auch für die Einzel-Kathode, da hätte man doch 1600 Ω ... nein, hat man nicht. Fender wechselt ja auch von der 12AY7 zur 12AX7, ohne den Kathodenwiderstand anzupassen – dabei sind das ziemlich unterschiedliche Röhren. Egal, hauptsächlich die Kiste brennt nicht ab. Das RCA-Receiving-Tube-Manual empfiehlt für die 12AX7 (bei 300V/100k Ω) als Kathodenwiderstand 1.5 k Ω , das war wohl die Startposition – ab dann wurde wohl einfach irgendwie nachgebaut.

* Oschi, der: "Etwas, das durch seine Größe beeindruckt"; [Thorben, Oschi-Experte].

Zur Designphilosophie früher Gitarrenverstärker findet man im VOX-Buch eine interessante Aussage: *1935 for the first time an effort was made to do more than amplify the signal of an electric guitar. Rather, the idea was to alter the tone, both making the electric guitar a different instrument, not just a louder guitar, and also making the amplifier itself an important part of the sound [Elyea].* Manche Hersteller gelangten aber auch erst wesentlich später zu dieser Erkenntnis: *In late 1957, it was a natural to apply the Hi-Fi designation to the new amplifier (VOX AC2/30).* Ähnlich Dave Funk über den frühen Bassman: *Everything was very technical, hi-fi, and by the book.* Die ersten Gitarrenverstärker hatten entweder gar keine Möglichkeit zur Klangbeeinflussung, oder eine primitive Tonblende zur Höhenabschwächung (Kap. 10.3). Auch Dick Denneys **VOX AC15** folgte diesem Design-Ziel, er sollte möglichst "**HiFi-mäßig**" übertragen. Der Normal-Kanal hatte zunächst nur ein Potentiometer zum Höhenabsenken; die untere Grenzfrequenz ergab sich aus den Koppelkondensatoren zu < 20 Hz, die obere Grenzfrequenz wg. unvermeidlicher Störkapazitäten zu ungefähr 17 kHz – das hätte man auch in eine Musikbox einbauen können. Lediglich die Endstufe widerstand dem Trend zur Gegenkopplung – ohne ging's offenbar besser. Wie schon vorher bei Fender, bei Gibson, und vielen anderen, die gegenkopplungsfreie Endstufe war nämlich keine VOX-Erfindung. Dass hingegen im Vib/Trem-Kanal auf einen 500-Hz-Hochpass noch ein 0.8-Hz-Hochpass folgt, das ist, nun ja, "voxtypisch".

In **Abb. 10.10.2** sind die Frequenzgänge zweier Bassman (bzw. 'Bassmen') dargestellt, jeweils vom Eingang bis zur zweiten Stufe. Im Vergleich zur Grundfrequenz der tiefsten Saite eines E-Basses ($E_1 = 41.2$ Hz) scheint der 5B6 reichlich überdimensioniert. Beim späteren 5F6-A hängt die untere Grenzfrequenz sogar noch vom Vol-Poti des zweiten Kanals ab, was ihre Bedeutung damit noch deutlicher in den Hintergrund drängt.

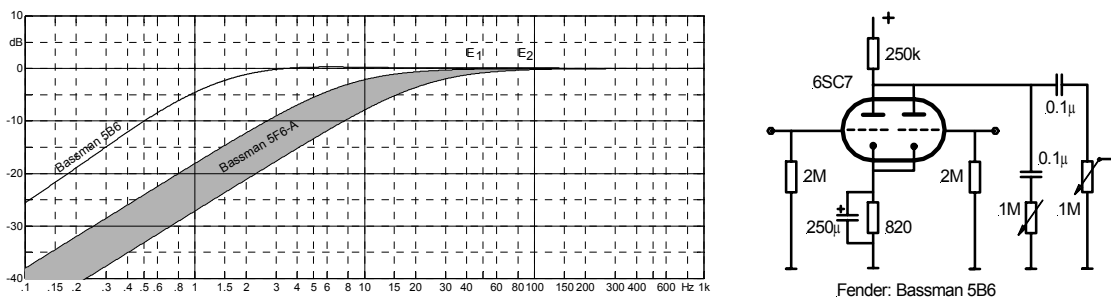


Abb. 10.10.2: Betragsfrequenzgänge zweier Fender-Bassman. Saitengrundfrequenz: Bass (E1), Gitarre (E2).

Man sollte folglich nicht nach Ursachen suchen, die nie vorhanden waren. Vieles ergab sich durch heute nicht mehr zweifelsfrei erkennbare Umstände, oder rein zufällig – diesbezüglich entspricht die Verstärkertechnik durchaus der klassischen Literatur. Warum windet es beim **Erlkönig**? Darüber kann man seitenweise "Besinnungsaufsätze" schreiben, dabei ist's so einfach: Weil sich Wind auf Kind reimt. Hätte man damals seinen Nachwuchs nicht *Kind*, sondern z.B. "*Quank*" genannt, das unzählige Deutschstunden füllende Epos hätte gelautet: *Wer reitet so spät durch Nacht und Gestank? Es ist der Vater mit seinem Quank. Er hält des Knaben holdes Gesicht, er hält die Nase, er hält sie dicht.* Nein, wäre kein Hit geworden ...