

10.8.5.3 Range-Master (Dallas Arbiter)

Einer der berühmten Verzerrer aus der Anfangszeit des Hardrocks ist der von der englischen Firma Dallas Arbiter hergestellte "Range-Master", der auch als **Treble-Booster** bezeichnet wird. "Geboostet" werden sollen die Höhen, aber nicht einfach in der Weise, wie das beim Aufdrehen des Treble-Potentiometers erfolgen würde, sondern nichtlinear, mit einer guten Portion nichtlinearer Verzerrungen. Die Schaltung des Range-Masters (**Abb. 10.8.30**) ist denkbar einfach: Über den relativ kleinen 6.8-nF-Kondensator geht's auf einen Transistor, der das Signal ca. 60-fach verstärkt. Da übliche Tonabnehmer mehrere 100 mV erzeugen können (selbst 4 V sind nicht unmöglich), wird dieser Transistor fast immer übersteuert. Schon im Eingang (U_1) sind aber zwei Besonderheiten zu berücksichtigen: Die Eingangsimpedanz des Transistors ist mit ca. 10 k Ω ziemlich niederohmig, und deshalb bewirkt der Koppelkondensator (6.8 nF) eine starke Tiefenabsenkung. Zur Berechnung der Grenzfrequenz darf jedoch nicht nur der Eingangswiderstand des Range-Masters angesetzt werden, denn auch der Tonabnehmer-Innenwiderstand ist Teil der Eingangs-Masche. 6.8 nF und 10 k Ω ergäben als Grenzfrequenz 2.3 kHz, je nach Tonabnehmer sinkt dieser Wert auf 1 – 2 kHz.

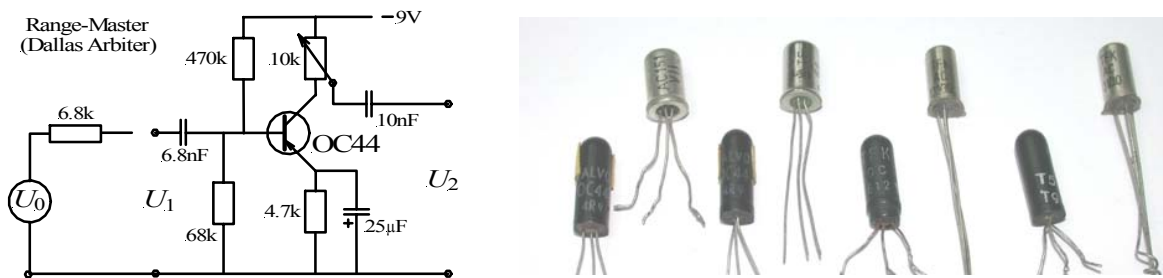


Abb. 10.8.30: Range-Master: Schaltbild (links), alte Germanium-Transistoren (rechts).

Der im Range-Master verwendete **OC44** ist ein Germanium-HF-Transistor der ersten Stunde, der vermutlich billig zu haben war, weil er angesichts rasanter Technologiefortschritte als veraltet galt. Auch wenn er voll durchsteuert, bleibt (bei üblicher Last) der Kollektorstrom unter 1 mA, in Ruhe fließen nur 0.2 mA durch das Ausgangs-Potentiometer. Der Basisstrom beträgt hierfür ca. 1 – 2 μ A, die Basis-Emitter-Spannung ist kleiner als 100 mV. Der Quotient aus Kollektor- und Basisstrom, die Stromverstärkung $B = I_C / I_B$, streut fertigungsbedingt sehr stark, hier sind Werte zwischen etwa 50 ... 200 möglich, und deshalb streut auch der Arbeitspunkt: Typischerweise liegen ohne Signal -6.8 ... -7 V am Kollektor. Bei Betrieb an einer neuen Batterie, denn auch deren Spannung bestimmt das Übertragungsverhalten.

Schließt man den Range-Master an einen Verstärker mit 1 M Ω Eingangswiderstand an, bildet der Ausgangs-Kondensator (10 nF) zusammen mit der Last einen Hochpass mit ca. 16 Hz Grenzfrequenz. Wählt man hingegen den unempfindlicheren Verstärkereingang (136 k Ω), erhöht sich diese Grenzfrequenz auf 114 Hz. Insgesamt sind also **zwei Hochpässe** wirksam: Einer am Range-Master-Eingang, und einer am seinem Ausgang. Der Emitterwiderstand ist so wirksam überbrückt, dass der hierbei entstehende Hochpass in seiner Wirkung auf die Bassfrequenzen ignoriert werden kann. Nicht ignoriert werden darf er mit Blick auf die Arbeitspunktverschiebung, die bei Aussteuerung entsteht, denn hierbei kommt es zu Umladungen des Emitterkondensators: Wegen des nichtsinusförmigen Emitterstromes verschiebt sich bei starker Aussteuerung die Emitterspannung um ca. 0.2 V ins Negative. In ähnlicher Weise ändert sich die Polarisationsspannung des Eingangskondensators: Der bei Übersteuerung fließende unsymmetrische Basisstrom verringert die mittlere Spannung am Eingangs-C. Diese Potentialverschiebungen sind das "Geheimnis" des Range-Masters – und nicht das vermeintlich einzigartige Verhalten des OC44.

Ein Original-OC44 kann mikrofonisch sein und/oder stark rauschen, sein Reststrom kann jenseits von gut und böse sein, und trotzdem wird er zu Preisen gehandelt, die um das Fünzigfache über denen moderner Transistoren liegen. Und der einzigartige Sound? Den erzielt man auch mit anderen Transistoren. Natürlich müssen das PNP-Germanium-Transistoren sein, und eine individuelle Kontrolle ist auch bei moderner Ware erforderlich. Ein Original-OC44 muss aber nicht in den Range-Master – das Betriebsverhalten verschiedener Transistoren kann nämlich erstaunlich ähnlich sein. Zwar findet man große Unterschiede bei den Grenzdaten, also z.B. bei der maximalen Kollektorspannung: 20 V, oder 100 V. Oder beim maximalen Kollektorstrom: z.B. 10 mA, oder 2000 mA. Und natürlich bei der β -Grenzfrequenz: 150 kHz, oder 10 kHz. Doch alle diese Grenzen sind für einen mit 9 V betriebenen Verzerrer nachrangig. Wichtig sind Stromverstärkung (statisch und dynamisch) und Reststrom, und bei beiden Werten war der OC44 nicht atypisch. Wie sonst könnte B. C. Meiser* als Ersatz empfehlen: AC122, AC128, oder, besonders geeignet, der AC151. Und da schreibt nicht etwa (wie so oft in Magazinen) der Blinde vom Licht, nein, da schreibt ein erfahrener Schaltungstechniker. Nota Bene: Der **AC128** wird in Datenblättern "für langsame Schalter" oder "für kleine NF-Endstufen" empfohlen, der **AC122** für NF-Vorstufen, der **AC151** für NF-Vor- und -Treiberstufen. Der **OC44** war hingegen als HF-Transistor für den Mittelwellenbereich gedacht, und trotzdem lassen sich diese Transistoren austauschen. Und natürlich gibt es noch haufenweise andere. Der spezielle Sound kommt nicht von einem besonderen Transistor, sondern von der (gar nicht so unüblichen) unsymmetrischen und signalabhängigen Übertragungskennlinie.

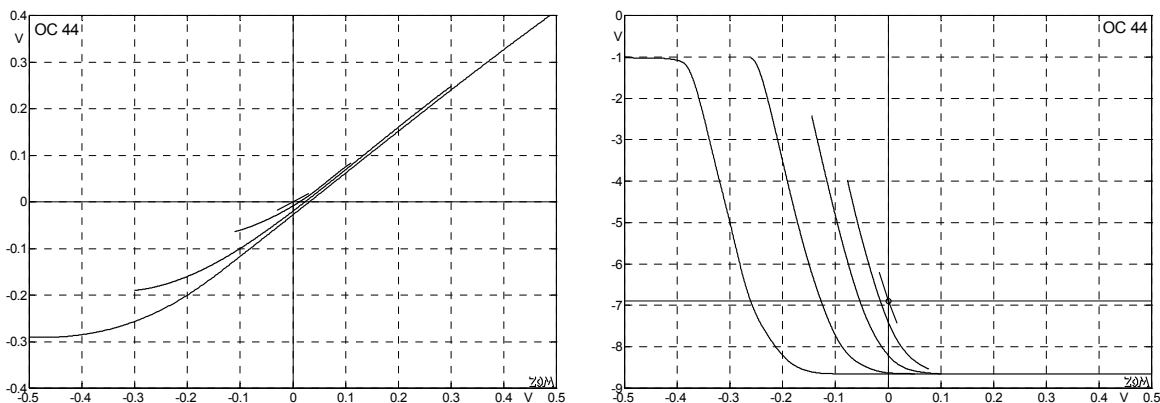


Abb. 10.8.31: Range-Master: Übertragungskennlinien; $U_0 \Rightarrow U_1$ (links), $U_1 \Rightarrow U_2$ (rechts).

In **Abb. 10.8.31** ist im rechten Bild das Übertragungsverhalten vom Eingang (U_1) bis zum Ausgang (U_2) dargestellt, der Arbeitspunkt (AP) ist als Achsenkreuz eingezeichnet. Bei kleiner Aussteuerung ist der Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung in etwa linear (kurzes, gerades Kennlinienstück), mit steigender Amplitude werden die Kennlinien länger, krümmen sich, und verschieben sich nach links zu negativeren Eingangsspannungen. Ursache der Verschiebung ist, wie schon erwähnt, die Umladung der Kondensatoren. Würde sich die Kennlinie nicht verschieben, so käme schon bei $U_1 = -0.2$ V zu einer beidseitigen Begrenzung, mit Verschiebung erst bei $U_1 = -0.4$ V. Anders ausgedrückt: Das Verschieben des Arbeitspunktes bewirkt, dass die Kennlinie unsymmetrischer wird, wodurch (bei Sinusaussteuerung) die geradzahigen Verzerrungen betont werden. Eine weitere Wirkung: Da der Arbeitspunkt signalabhängig driftet, ändern sich die Übertragungsparameter stärker als bei einer stationären Kennlinie – der Gitarrenton klingt lebendiger. All das ist aber, um es nochmals zu betonen, nicht alleinige Eigenheit des OC44, das macht jeder geeignete Transistor. Doch wisse: Viele sind geeignet, wenige aber auserwählt...

* G&B, 01/2002.

Im linken Bild der **Abb. 10.8.31** ist der Zusammenhang zwischen U_0 und U_1 dargestellt. Hierbei wurde eine Spannungsquelle über $6.8\text{ k}\Omega$ an den Eingang des Range-Masters angeschlossen, dessen nichtlineare **Eingangsimpedanz** Ursache der Kennlinienkrümmung ist. Für einen (passiven) Magnet-Tonabnehmer stellt der Range-Master eine sehr spezielle Last dar: Nichtlinear, und relativ niederohmig, sodass sich die Tonabnehmerresonanz nicht ausbilden kann. **Abb. 10.8.32** zeigt die Auswirkung unter der Annahme linearer Filterung: Die niederohmige Belastung reduziert die Höhen ab ca. 1 kHz , der Längskondensator schwächt die Tiefen, sodass von der Tonabnehmer-Quellenspannung (hier: Strat) zum Range-Master-Eingang eine **Bandpasscharakteristik** mit 1.5 kHz Mittenfrequenz entsteht.

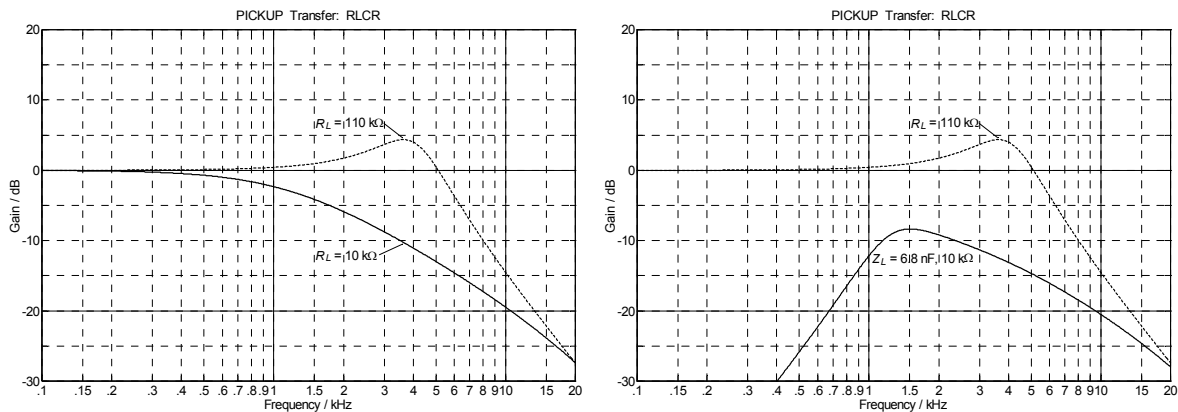


Abb. 10.8.32: Tiefpass-Modell des belasteten Tonabnehmers (vergl. Kap. 5.5.4). Im linken Bild ist der Strat-Tonabnehmer reell mit $10\text{ k}\Omega$ belastet, im rechten Bild mit der Reihenschaltung aus 6.8 nF und $10\text{ k}\Omega$.

Die nichtlineare Verzerrung zeigt **Abb. 10.8.33** für sinusförmige Aussteuerung. Die untere Halbwelle der Kollektorspannung wird zuerst abgeschnitten, die Kennlinie ist nicht punktsymmetrisch, das Tastverhältnis deshalb nicht 50% . Für diese bei 500 Hz durchgeführten Messungen wurde der Eingangskondensator auf 680 nF vergrößert, um lineare und nicht-lineare Verzerrungen gut trennen zu können. Im Normalbetrieb (6.8 nF) ergibt sich hingegen eine Verkopplung linearer und nichtlinearer Verzerrungen.

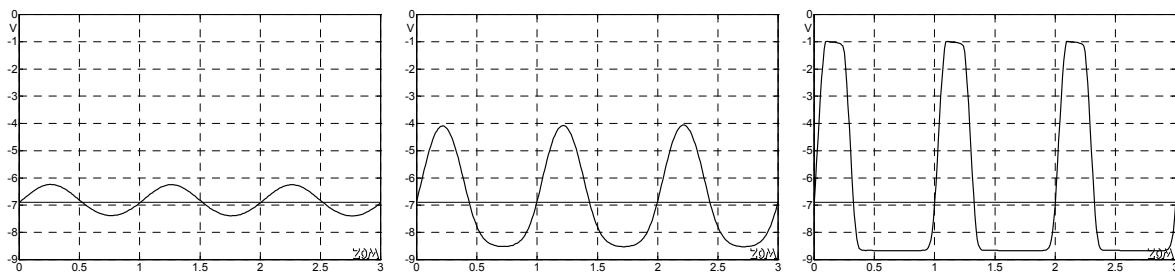


Abb. 10.8.33: Range-Master: Kollektorspannungen bei sinusförmiger Aussteuerung; $f = 500\text{ Hz}$.

In der nachfolgenden Tabelle sind Transistoren aufgelistet, die als Ersatz für den OC44 verwendet werden können; die Grenzwerte sind Datenblättern entnommen (V_a , T_e , S_i , u.a.).

	OC44	AC122	AC125	AC126	AC128	AC151	2N508	2N527	OC71	OC75	OC77
kHz	150	15	17	17	15	15	45	35	10	8	3.5
mA	5	100	200	200	2000	200	100	500	10	10	125
V	15	18	32	32	32	32	16	45	30	30	60

Tabelle: Transistoren, die zum OC44 vergleichbar sind [B.C. Meiser, Gitarre & Bass 1/02]. Die Streubreite der Daten lässt nur den Schluss zu, dass praktisch jeder Ge-Kleinsignaltransistor geeignet ist; optimales $\beta = 80-110$.