

Die Elektrik der Fender Stratocaster, Teil 3

Von Bernd C. Meiser

In den vergangenen beiden Folgen haben wir den Fender Stratocaster Pickup analysiert und die elektrischen sowie die magnetischen Eigenschaften erläutert. Heute werden Tone- & Volume-Poti in Interaktion mit dem Pickup untersucht.

Tone-Poti

Betrachtet wird nun die klassische Strat in der Schaltposition, in der nur der Hals-PU eingeschaltet ist. Dort ist ein Tone-Poti der Elektrik bzw. dem Pickup zugeschaltet. Der Volume-Einsteller ist voll aufgedreht, die Kabelkapazität von geschätzten 700 pF also wirksam.

Ich will erwähnen, dass die Strat bei ihrer Markteinführung 1954 mit einem 100 nF (= 0.1 μ F) Tone-Kondensator ausgerüstet war. Die Sache war dann schon ziemlich dumpf, wenn der Tone zuge dreht war. Das sollte wohl einen Bass emulieren. Ende der 60er Jahre wurde dann auf 50 nF gewechselt. Das war schon besser! Seit den 1980er Jahren ist bis heute ein 22 nF Tone-C eingebaut und hat sich bewährt.

Solange der eingestellte Widerstand des Tone-Potis (nominal: 250 k Ω) noch merklich größer ist als der kapazitive Blindwiderstand des Tone-C in den Höhen, wirkt dieses Arrangement lediglich als veränderliche Ohm'sche Last auf den Pickup. Wird diese kleiner, wird zunächst auch die Resonanzhöhe geringer [Bild 1]. Bei etwa 60 k Ω Tone-Poti-Widerstand ist die ursprüngliche 3,5 kHz Betriebsresonanz-Überhöhung verschwunden (weggedämpft), da diese ja hauptsächlich von der Kabelkapazität herrührte. Bei 30 k Ω erfolgt eine übliche „Tone-Blenden“ Höhenbedämpfung. Darunter (< 10 k Ω) beginnt dann der Einfluss des 22 nF Tone-C auf die Pickup-Induktivität und fängt recht schnell an, eine neue, tiefer liegende Resonanzfrequenz zu bilden. Diese ist allerdings zunächst noch stark bedämpft. Mit 3 k Ω – also fast zuge drehtem Tone-Poti, ist die neu entstandene Resonanzfrequenz schon deutlich ausgeprägt. Mit komplett zuge drehtem Tone ist die „Tone-C“ Resonanz mit rund 600 Hz stark ausgeprägt. Oberhalb dieser Resonanz – ähnlich wie bei der 3,5 kHz Betriebsresonanz, gibt es einen Abfall im Frequenzgang von -12 dB/Oktave. Auch

hier will ich explizit auf die z.T. enormen Bauteiltoleranzen von Tone-C und Tone-Poti hinweisen.

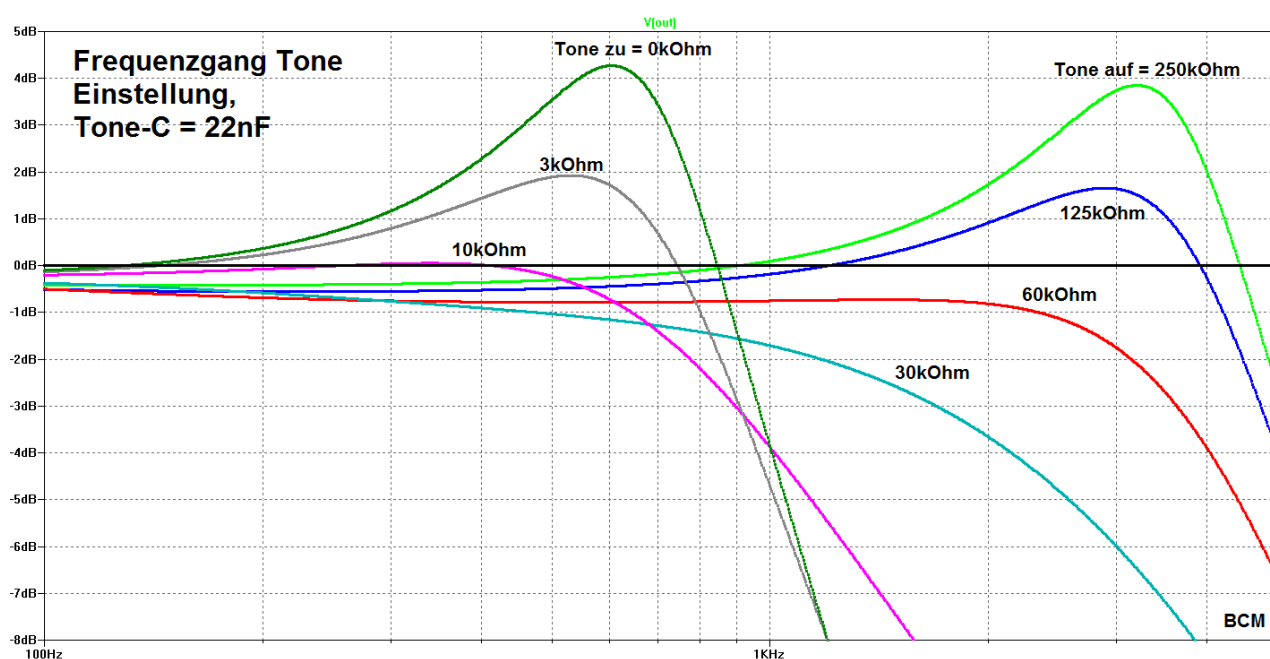


Bild 1

Volume-Poti, Teil1

Das Tone-Poti sei nun voll aufgedreht. Es wirkt als solches nur als eine 250 k Ω Last auf den Pickup und beeinflusst keinerlei Resonanzfrequenzen. Man erkennt im Ersatzschaltbild (siehe Bild 4 im ersten Teil dieser Artikelserie), dass bei Zurücknehmen des Volume-Poti jetzt irgendwie die Kabelkapazität abgekoppelt wird. Sie verliert langsam ihren Einfluss auf die Pickup-Induktivität. Dieses Kabel-C wird aber benötigt zur Bildung der Betriebsresonanzfrequenz von etwa 3,5 kHz. In Zwischenstellungen des Vol-Poti schwächt sich die 3,5 kHz Resonanzhöhung ab, der Frequenzgang verschiebt sich (am Pickup!) in Richtung seiner Leerlauf Frequenz (9 kHz). Dieser Effekt wird jedoch von einem zweiten, wichtigeren Szenario überdeckt, nämlich dem sog. Poti-Innenwiderstand in Interaktion mit der Kabel-Kapazität.

Poti-Innen-R

Das Verständnis des Poti-Innenwiderstands ist im ersten Moment nicht so einfach! Schauen wir „rückwärts“ in das Volume-Poti hinein [Bild 2A] – also in seinen Schleifer „S“, so splittet sich der Weg am Schleifer in zwei Widerstands-Pfade (siehe rote Pfeile), beginnend bei „S“. Den ersten Pfad erkennen wir sofort – es ist die Widerstandsbahn vom Schleifer „S“ zu ihrem Ende „E“, welches auch gleichzeitig den Masseanschluss des Vol-

Poti bildet. Der zweite Pfad verläuft – auch noch verständlich wahrnehmbar, vom Schleifer „S“ zum Anfang „A“ des Potis. Dort hängt jetzt unser Pickup dran. Um diesen Innenwiderstand-Effekt aber isoliert zu verstehen, dröseln wir die Schaltung auf und schließen im Geiste den Pickup mittels Drahtbrücke kurz [Bild 2B]. Folglich liegt jetzt dieser zweite Pfad auch an Masse, was man leicht erkennt, wenn man dem rot-bepfeilten Kurvenzug von Potianschluss „A“ beginnend folgt. Nun gilt natürlich weiterhin, dass in diesem Szenario in [Bild 2B] jetzt beide Pfade parallel liegen. Das gilt immer und bei jeder möglichen Schleiferstellung!

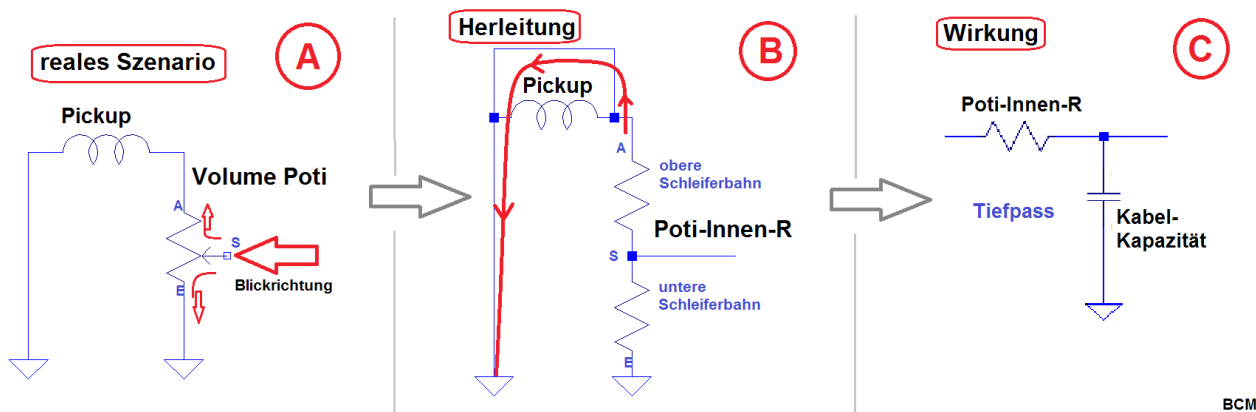


Bild 2

Ist der Schleifer z.B. auf die Position #0 gedreht, haben wir 0Ω (= Masse) parallel dem Nominalwert des Potis – hier $250 \text{ k}\Omega$. Macht als Ergebnis dieser Parallelschaltung 0Ω . Drehen wir jetzt den Schleifer auf Position „10“, ergibt sich das gleiche Ergebnis – 0Ω . Jetzt stellen wir den Schleifer auf die Mitte. Jede der beiden Bahnen hat jetzt natürlich die Hälfte des Nominalwertes – also $125 \text{ k}\Omega$. Beide Bahnen liegen parallel zueinander. Zwei gleich große Werte parallel zueinander geschaltet ergibt als resultierenden Gesamtwert die Hälfte des Einzelwertes. Die Hälfte von $125 \text{ k}\Omega = 62,5 \text{ k}\Omega$. Das können wir selbstverständlich für jede andere Stellung auch ausrechnen. Wir werden feststellen, dass egal welche andere Schleiferstellung wir annehmen, es werden die $62,5 \text{ k}\Omega$ nirgendwo sonst erreicht. Es gibt sonst lediglich Werte, die kleiner sind.

Fassen wir dies zusammen und drucken das Gesagte jetzt als Graph aus – siehe [Bild 3]: Drehen wir bei Stellung #0 beginnend das Vol-Poti langsam auf (wir bewegen uns auf der x-Achse, startend von links nach rechts), fährt der Poti-Innenwiderstand von 0Ω beginnend langsam hoch, um ein Maximum bei der Hälfte (= Faktor 0,5) des elektrischen Drehwinkels zu erreichen. Bei einem linearen Poti wäre das logischerweise die Hälfte des Drehwinkels – also Skala #5. Bei dem üblichen logarithmischen Vol-Poti-Typ ungefähr Stellung #7 bis #8. Dieser Widerstandswert ist exakt das 0,25-fache (ein Viertel) des Poti Nominalwertes – vergleiche in [Bild 3], linker grüner Kreis auf der Y-Achse liegend. Drehen wir weiter, fällt der Innenwiderstand des Potis wieder, um bei Stellung #10 auf 0Ω

zurück zu fallen. Ich weiß, zunächst vermeintlich schwere Kost, da muss man aber durch!
Doch wenn der Groschen alsbald gefallen ist, ist's ganz einfach.

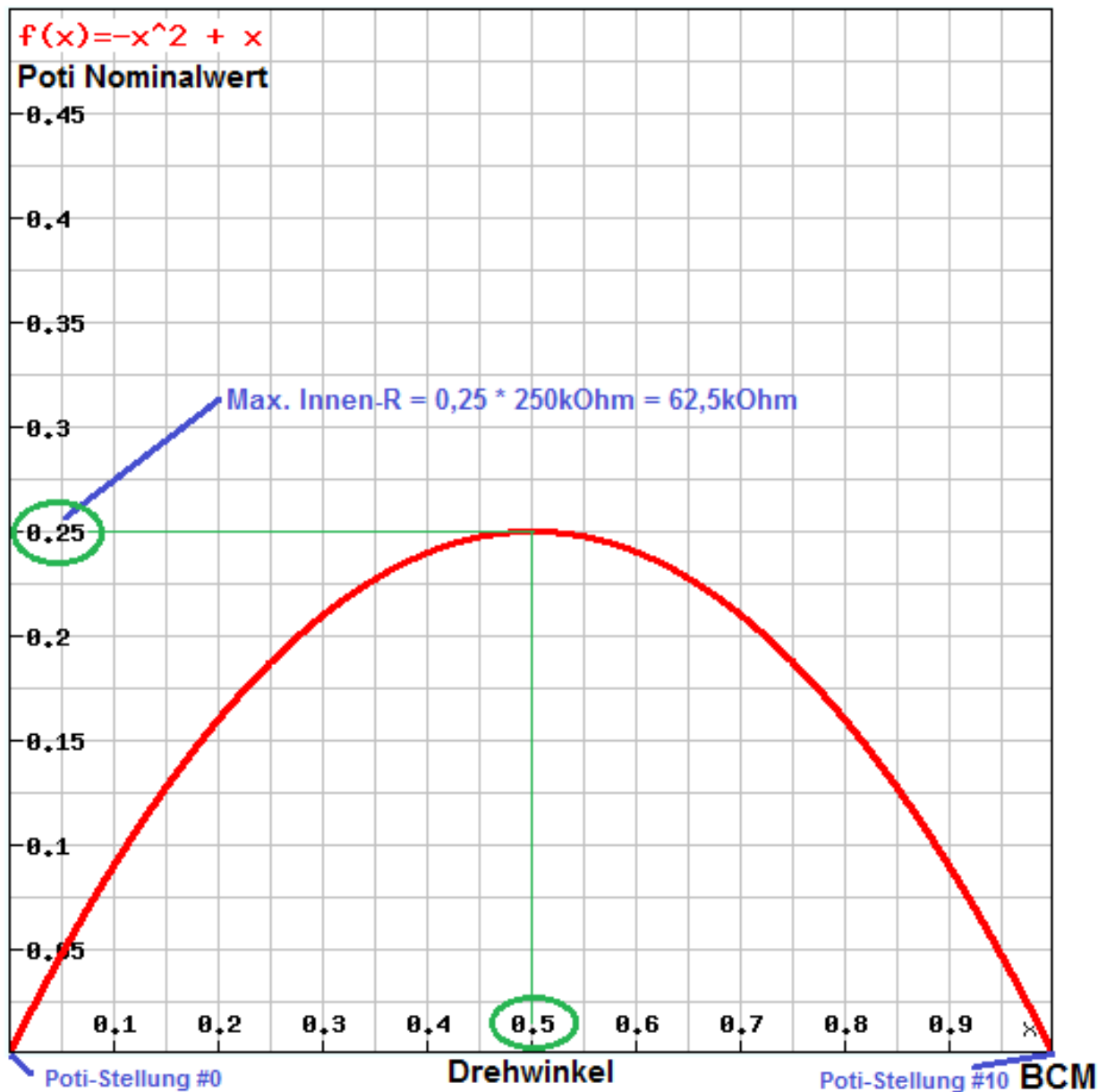


Bild 3

Volume-Poti, Teil2

Wird nun das Vol-Poti zurückgedreht, müssen wir im Geiste den eben beschriebenen Poti-Innenwiderstand an Stelle des Potis setzen [Bild 2C]. Dieser bildet jetzt gut erkennbar zusammen mit der Kabelkapazität einen RC-Tiefpass. Ein Gebilde also, welches die Höhen dämpft, und zwar umso mehr, je größer der Innenwiderstand des Vol-Potis ist.

Es entsteht final aus den beiden Teilszenarien (Abkopplung der Kabel-Kapazität & Tiefpass-Wirkung) die sich überlagern, folgender Summen Frequenzgang [Bild 4].

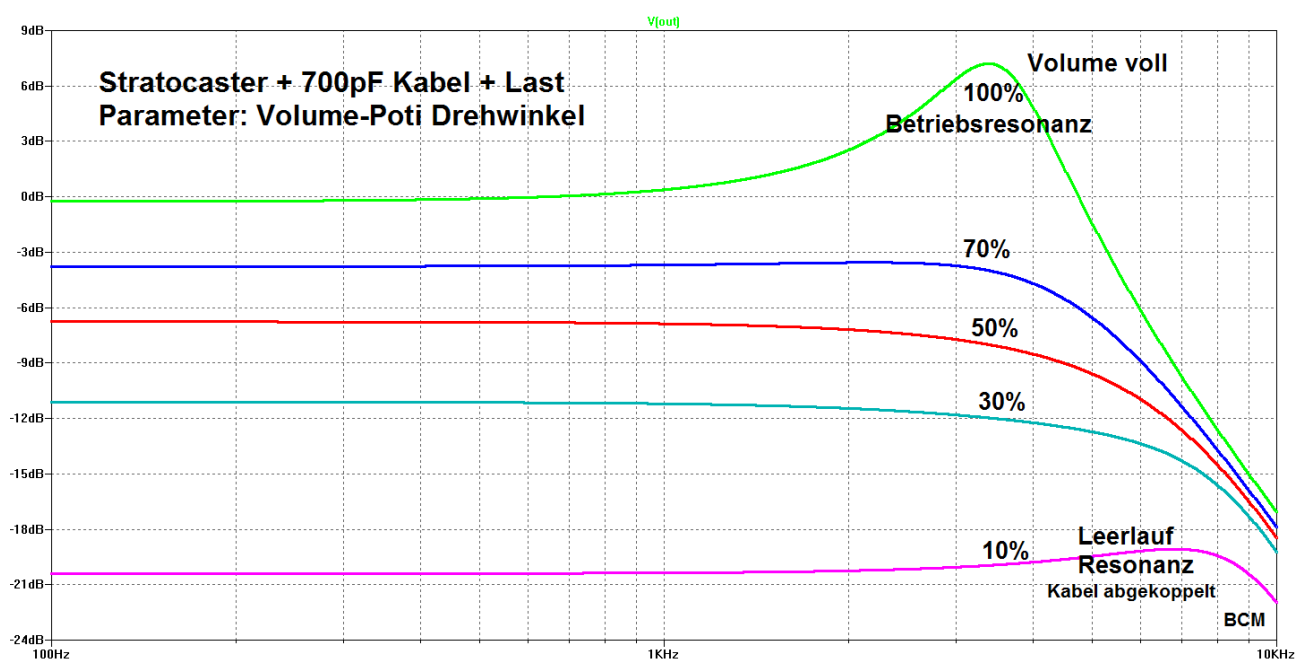


Bild 4

Bei voll aufgedrehtem Volume (= Kabel-C noch angekoppelt) ergibt sich die übliche Frequenzgangkurve. Das ist ja nichts Neues. Doch schon beim Rückgang auf 70% des elektrischen Drehwinkels ist die Resonanzüberhöhung total weggedämpft. Das eben beschriebene Tiefpass-Filter leistet schon volle Arbeit. Noch weniger Höhen gibt es bei der 50% Einstellung, denn dort ist der Poti-Innenwiderstand ja am größten – vergleiche [Bild 3]. Erst bei sehr geringer Lautstärke Einstellung (10%) haben wir wieder mehr Höhen, da der Poti-Innenwiderstand dort recht gering und die Kabelkapazität abgekoppelt ist. Das bewirkt, dass sich fast die Leerlauf-Resonanzfrequenz einstellt.

Fazit: Mit dem üblichen Volume-Einsteller der Strat werden beim Zurückdrehen die Höhen weggedämpft, genauso wie die Resonanzüberhöhung verschwindet. Der Klang wird einfach matt und verliert seine Brillanzen.

Mystisches Volume Poti?

Man konnte vereinzelt lesen, dass insbesondere das Volume-Poti als solches, auch ohne etwas zurückgedreht zu sein, die Höhenwiedergabe zu beeinflussen scheint. Wird es, so die Behauptung, z.B. gegen ein anderes Fabrikat ausgetauscht, ändert sich offensichtlich in einigen Fällen etwas an der Höhenwiedergabe. Diese Beobachtung wurde so interpretiert, dass es wohl Potis mit kapazitivem Einfluss zu geben scheint.

In Wirklichkeit liegt die Ursache in der Kombination von Poti und Pickup. Ursächlich ist in diesem Fall die unvermeidliche große Fertigungstoleranz des Volume Potis. 20 % Widerstands-Toleranz sind da sehr realistisch. Einige liegen da merklich drüber. Wie in Folge 1 dieser Artikelserie dargestellt, bildet das Vol-Poti unter den üblichen Bedingungen die Hauptlast für den Pickup. Unterliegt nun dieses Poti den unvermeidlichen Fertigungstoleranzen, schwankt auch die Last, welche der Pickup als Ganzes sieht. Das macht sich an stärksten bei der Resonanzfrequenz bemerkbar, denn dort ist das Pickup-System ja am hochohmigsten (mit merklicher Stromeinprägung). Eine jetzt angenommene Toleranz von +/- 20 % erzeugt etwa +/- 1 dB Amplitudenveränderung (also 2 dB absolut) bei der Resonanzhöhe – siehe [Bild 5] – und das hört man. Das hat also nichts mit gemutmaßten kapazitiven Verlusten eines Poti zu tun oder gar Übersinnlichem. Es ist einfach nur eine Toleranz-Rückwirkung auf das komplexe Pickup-System. Glücklicherweise gibt es heutzutage Shops, die selektierte Potis mit maximal +/- 5 % Toleranz anbieten.

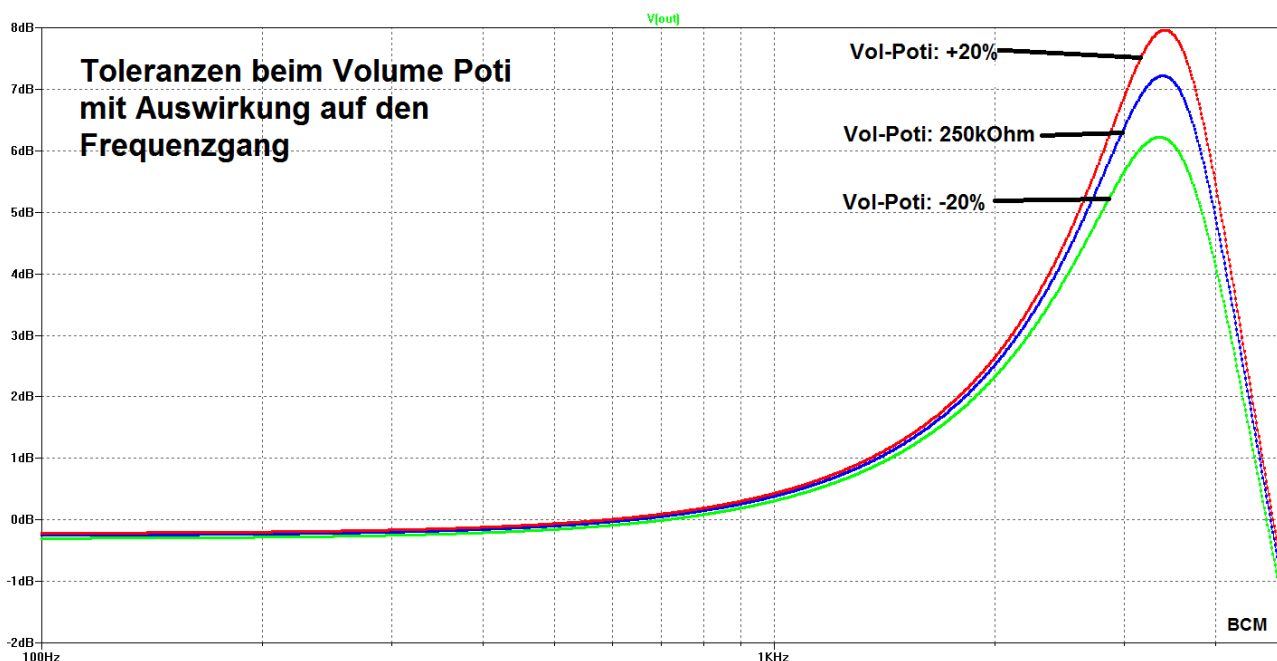


Bild 5

Übrigens, in meiner '77er Fender Strat hat das nominal 250 kΩ Werks-Volume-Poti tatsächlich 385 kΩ! Sicherlich ein einmaliger Ausreißer. Trotzdem ist das eine Toleranz von

etwa +50 %. Diese Strat klingt recht bissig & brillant. Der probeweise Wechsel zu tatsächlichen 250 k Ω durch Parallelschalten eines entsprechenden Widerstandes (680 k Ω) zu diesem Vol-Poti ist schon akustisch deutlich wahrnehmbar.

Im Niederfrequenzbereich - insbesondere aber für die Gitarrenfrequenzen, welche noch nicht einmal bis 10 kHz reichen, ist das übliche Vol-Poti ein reeller ohmscher Widerstand und besitzen keine Impedanz mit kapazitivem Einfluss! Das gilt auch für die alten „legendären“ Potis der Hersteller Centralab oder Stackpole.

Dieser Volume-Einsteller hat also beachtlichen Nebenwirkungen. Wer das nicht mag, wird durch die Verwendung eines sog. „Treble-Bleed“ Arrangements, angelötet an das Volume-Poti, weitestgehend Linderung erfahren. Mehr dazu in einer eigenen Folge...

Bernd C. Meiser

Dieser Artikel wurde ursprünglich in der Zeitschrift **guitar**, Heft Nr. 239 aus dem PPVMedien Verlag veröffentlicht.

Veröffentlichung im GITEC-Forum mit freundlicher Genehmigung.

Alle Rechte liegen beim Autor

GITEC hat sich zum Ziel gesetzt, das Wissen (wie in Wissenschaft) rund um E-Gitarre, Amps und alles was dazugehört unter die Menschheit zu bringen. Sozusagen als Gegengewicht zur allgegenwärtigen Voodoo-Magic Marktschreierei. GITEC will die Magie wieder dahin bringen, wo sie hingehört: raus aus der Technik, die wir erklären können, zurück in die Köpfe und Hände der Musiker.

GITEC: Keep the magic - cut the BS

