

9. Gitarrelektrik

Die Urform der Elektrogitarre hatte einen, zwei oder drei Magnettonabnehmer, deren elektrische Spannungen über Schalter ausgewählt bzw. kombiniert werden konnten. Gitarren mit vier Tonabnehmern erschienen zwar auch vereinzelt am Gitarrenmarkt, erwiesen sich aber als uninteressant – zu gering waren offensichtlich die Klangunterschiede beim Umschalten. Bei der Standardschaltung ermöglicht der Schalter die Auswahl eines Tonabnehmers, oder die Kombination zweier parallel geschalteter Tonabnehmer. Spätere Schaltungsvarianten boten als Ergänzung auch Reihenschaltung und Phasenumkehr (Verpolung). Zur Lautstärke- und Klangeinstellung sind zumeist einfache RC-Netzwerke in die Gitarre eingebaut. Manchmal befinden sich zur Klangbeeinflussung auch komplizierte Filternetzwerke in der Gitarre (z.B. Gibson ES 345V), oder batteriebetriebene aktive Verstärker- und Filterschaltungen. Die folgenden Darstellungen betreffen einfache passive Schaltungen; weitergehende Informationen finden sich z.B. in Helmuth Lemmes Buch "Elektrogitarren".

9.1 Potentiometer

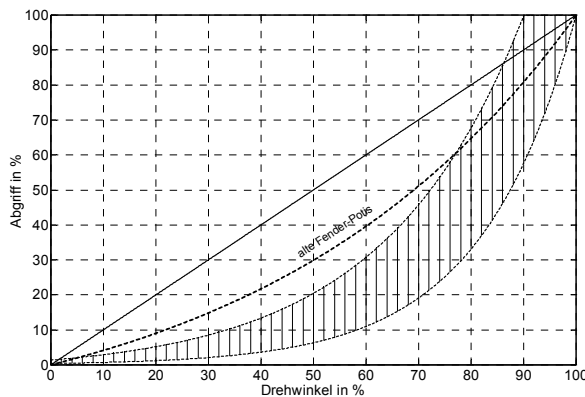
Am Tonabnehmer sind (in der Gitarre) Potentiometer (= Einstellwiderstände) zur Lautstärke- und Klangeinstellung angeschlossen. Die Widerstandswerte dieser Potentiometer betragen häufig 250 k Ω oder 500 k Ω , seltener 100 k Ω oder 1 M Ω . Mit dem Klangpotentiometer kann zur Höhenbedämpfung ein Kondensator (ca. 20–50 nF) parallel zum Tonabnehmer geschaltet werden: Dreht man den Potentiometer-Abgriff an den linken Anschlag (CCW[§]), hat das Potentiometer 0 Ω , der Kondensator verringert die Tonabnehmer/Kabel-Resonanzfrequenz auf niedrige Werte (unter 1 kHz). Dreht man den Abgriff an den rechten Anschlag (CW[§]), bleibt der volle Potentiometerwiderstand in der Schaltung und erzeugt eine geringfügige zusätzliche Resonanzbedämpfung (der Kondensator wirkt hierbei wie ein Kurzschluss). Es gibt aber auch Gitarren, die in dieser Stellung das Klangpotentiometer ganz abschalten (d.h. keine Resonanz-Bedämpfung erzeugen). Im Normalfall ist davon auszugehen, dass die Potentiometer den Tonabnehmer elektrisch belasten. Gewissheit verschafft eine Messung, oder der Schaltplan. Dieser ist auch hilfreich, wenn die Gitarre eine Batterie enthält und ein Verstärker eingebaut ist, dessen Eingangswiderstand die elektrische Lastimpedanz des Tonabnehmers darstellt.



Abb. 9.1: Gitarrenschaltbild. T = Tonabnehmer, P = Volume-Poti, R = Tone-Poti, C = Kondensator. Das rechte Bild zeigt den Stromfluss für Rechtsanschlag (CW) der Potentiometer-Abgriffe. Der CW-Anschlag des Abgriffs (Schleifers) ist beim Volume-Poti im Bild oben, beim Tone-Poti im Bild unten.

[§] CCW = Counter-clockwise = entgegen dem Uhrzeigersinn. CW = Clockwise = im Uhrzeigersinn.

Abb. 9.1 zeigt eine typische Gitarrenschialtung. Der Potentiometer-Abgriff – im Bild als Pfeil gezeichnet – kann durch Drehen des Einstellknopfes kontinuierlich zwischen den beiden Endpositionen verschoben werden, ein üblicher Drehbereich ist $0 \leq \alpha \leq 270^\circ$. Beim **linearen** Potentiometer ist der abgegriffene Widerstand proportional zum Winkel α , beim **logarithmischen** Potentiometer verläuft die Widerstandsänderung progressiv (**Abb. 9.2**). Theoretisch kann die Stellkennlinie als Exponentialfunktion über dem Drehwinkel dargestellt werden, der *Logarithmus* des normierten (exponentiell anwachsenden) Widerstandes ist proportional zum Drehwinkel, deshalb *logarithmisches Potentiometer*. In der Praxis muss man aber mit erheblichen Abweichungen von einer Exponentialfunktion rechnen, die Wunschfunktion wird aus Kostengründen meistens nur grob approximiert.



Theoretische Winkelabhängigkeit:

$$\frac{R}{R_{\max}} = k^{x-1} \quad x = 0..1, \quad k = 50..300.$$

Abb. 9.2: Widerstandsverlauf (Stellkennlinie) beim linearen Potentiometer (Gerade) bzw. beim logarithmischen Potentiometer (schraffiert). Taper = relativer Widerstand bei 50% Winkel.

Bei heutigen Potentiometer-Produktionen ist die übliche **Toleranz $\pm 20\%$** , der Gesamtwiderstand eines 250-k Ω -Potentiometers streut also zwischen 200...300 k Ω . Sogar 150...350 k Ω sind als Ausreißer anzutreffen – insbesondere bei alten Gitarren, die offensichtlich keiner übertriebenen Fertigungskontrolle unterlagen. Hat ein Tone-Poti 350 k Ω statt 250 k Ω , so klingt die Gitarre brillanter. Wer das nicht möchte, dreht das Tone-Poti ein kleines Stück zurück (für Puristen: dreht den Stellknopf im Gegenuhrzeigersinn), und der Fehler ist behoben. Auch das Parallelschalten eines 0,9-M Ω -Widerstandes kann eine Lösung sein. Falls das Tone-Poti nur 150 k Ω hat, klingt die Gitarre dumpfer; in diesem Fall hilft nur Poti-Austausch. Dramatische Unterschiede sind allerdings nicht zu erwarten (**Abb. 9.3**). Widerstand und Stellkennlinie sind die wichtigsten Potentiometer-Parameter. Die elektrische Belastbarkeit (häufig 0,1 – 0,5 W) spielt keine Rolle, der Tonabnehmer erzeugt nur einige μW Signalleistung. Alle weiteren parasitären elektrischen Effekte (Kapazität, Induktivität) können im Hörfrequenzbereich vernachlässigt werden, gute Kontaktwiderstände (keine Aussetzer beim Drehen) sind bei Markenpotentiometern sowieso selbstverständlich. Diese kosten pro Stück ca. 2 – 4 Euro; Stückpreise von über 100 Euro für "Vintage-Parts" sind physikalisch nicht begründbar.

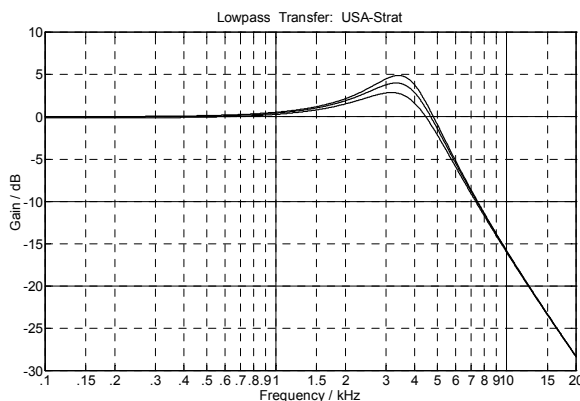


Abb. 9.3: Einfluss unterschiedlicher Potentiometer-Widerstände bei der Stratocaster (Fender). Volume- und Tone-Poti wurden (beide!) zu 300k Ω , 250 k Ω bzw. 200 k Ω angenommen.

In **Abb. 9.4** ist für eine Stratocaster die Wirkung von Volume- und Tone-Control dargestellt. Bereits beim leichten Zurückdrehen der **Lautstärke** (Volume) geht die charakteristische Resonanzspitze verloren, der Klang wird dumpfer. Ursache ist der zwischen Spuleninduktivität und Kabelkapazität liegende Teil des Volume-Potis, der als Längswiderstand den Schwingkreis bedämpft. Beim weiteren Zurückdrehen entsteht eine neue, höhere Tonabnehmerresonanz, die aber wegen des niedrigen Signalpegels kaum genutzt werden kann. Zurückdrehen des **Tone-Potis** (Abb. 9.4 rechts) verringert zunächst ebenfalls die Resonanzüberhöhung, erzeugt dann am CCW-Anschlag aber eine tieferfrequente Resonanz (bei ca. 350 Hz).

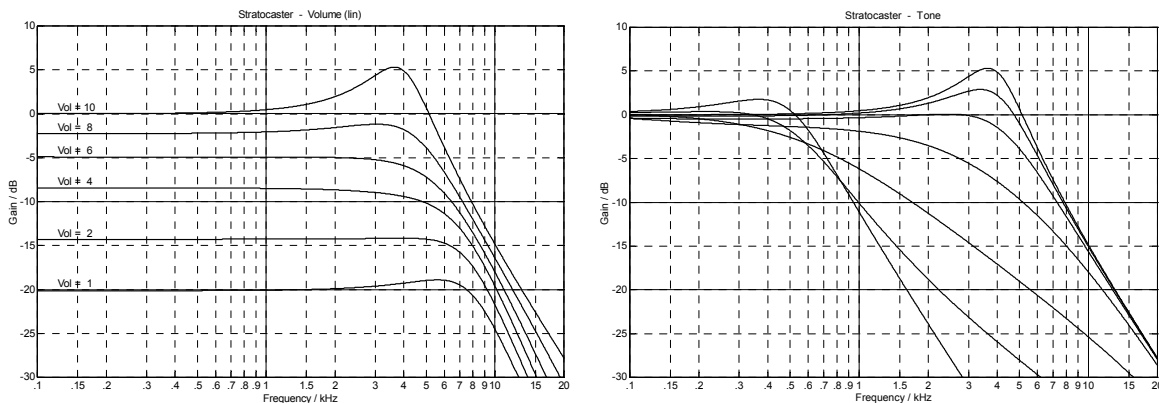


Abb. 9.4: Stratocaster: Volume-Control (links), Tone-Control (rechts). 600-pF-Kabel, 1-M Ω -Verstärker.

Noch extremer ist die Situation bei der Jazzmaster (**Abb. 9.5**). Ihr hochohmiges Volume-Poti (1 M Ω) sorgt bereits beim leichten Zurückdrehen der Lautstärke für radikalen Höhenverlust. Natürlich wirken sich die Widerstandsänderungen nur dann in der dargestellten Weise aus, wenn die Gitarre mit einem hochohmigen Verstärker belastet wird. Ein für Röhrenverstärker typischer Wert ist 1 M Ω ; kleinere Verstärker-Eingangswiderstände reduzieren ebenfalls die Schwingkreisgüte und verringern damit die Resonanzüberhöhung.

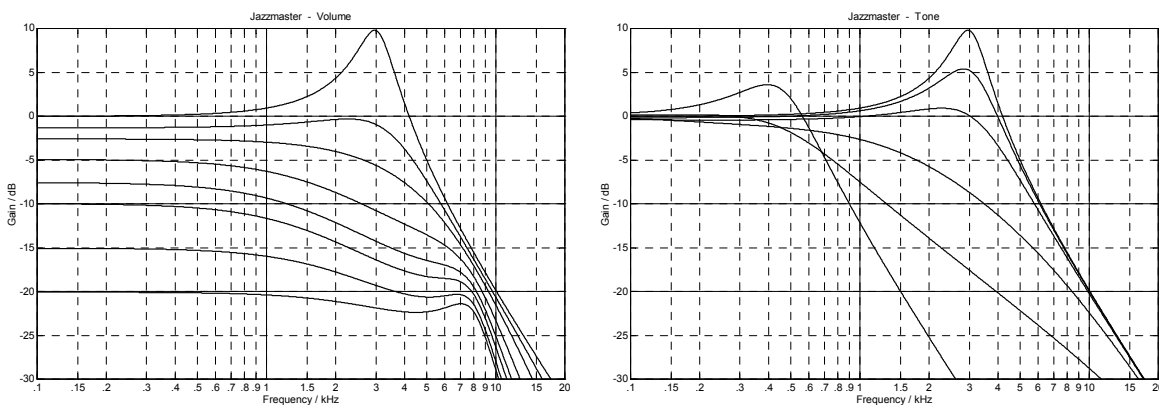


Abb. 9.5: Jazzmaster: Volume-Control (links), Tone-Control (rechts). 600-pF-Kabel, 1-M Ω -Verstärker.

Berücksichtigung verdient u.U. der **Potentiometer-Restwiderstand**. Dies ist der Widerstand, der in Endstellung zwischen dem Schleifer und dem benachbarten Anschluss gemessen wird. Gute Potentiometer ermöglichen hier kleine Werte (< 50 Ω), hörbare Unterschiede sind aber erst zu erwarten, wenn der Restwiderstand über ca. 500 Ω liegt. Ein derartiges Potentiometer sollte man allerdings als minderwertig bzw. defekt aussondern.

Der Höhenverlust beim Zurückdrehen des Volume-Potis kann abgeschwächt werden, wenn zwischen Abgriff und CW-Anschlag des Volume-Potis ein **Überbrückungs-Kondensator** eingelötet wird (**Abb. 9.6**). Bei kleiner Lautstärke (zurückgedrehtes Volume-Poti) ist hiermit eine stärkere Höhenanhebung erreichbar. Als die Telecaster 1967 ein 1-M Ω -Volume-Poti bekam, entdeckte Fender offensichtlich auch die starke Klangänderung, die das Volume-Poti verursachen kann, und spendierte einen derartigen Überbrückungs-Kondensator (1 nF).

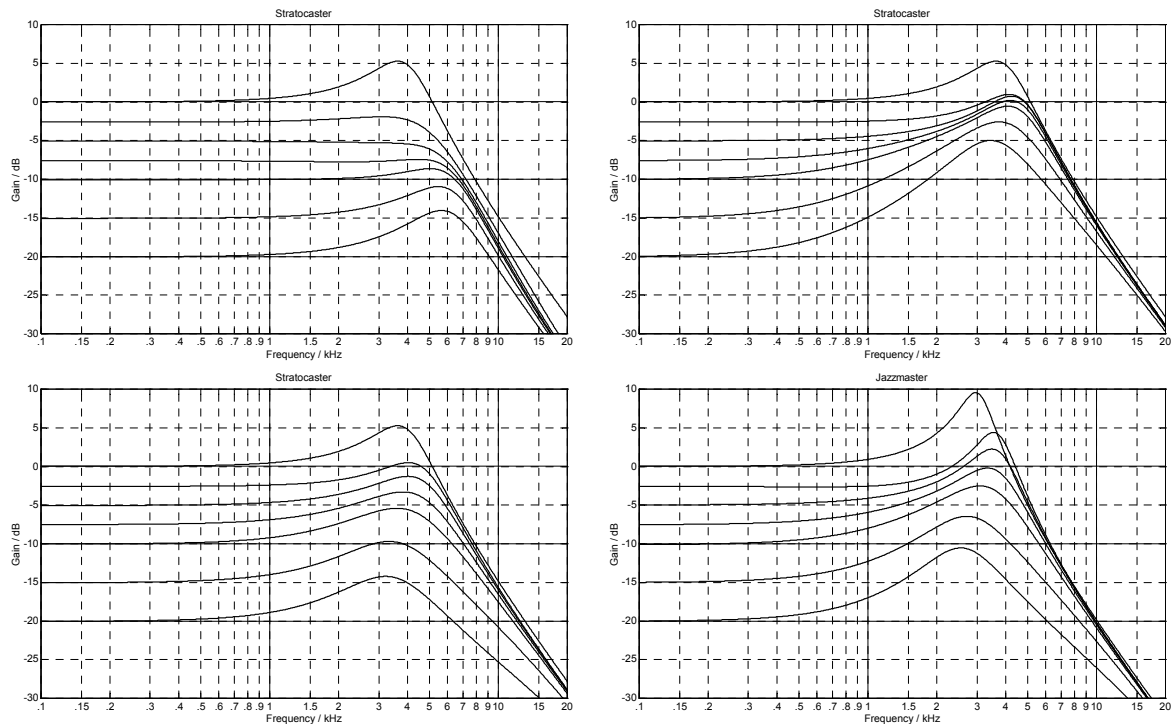


Abb. 9.6: Stratocaster: Volume-Poti mit Überbrückungs-C; 150 pF (l.o.), 1 nF (r.o.), 1 nF//100 k Ω (l.u.). Jazzmaster: 1 nF//150 k Ω (r.u.). Alle Kurven mit 600-pF-Kabel und 1-M Ω -Verstärker.

Selektive Klangänderungen ermöglichen in die Gitarre eingebaute **LC-Filternetzwerke**. Ein Beispiel zeigt **Abb. 9.7**: Bei einigen Gibson-Gitarren ist eine 8-H-Spule eingebaut, zu der mit einem Drehschalter verschiedene Kondensatoren als sog. Saugkreis in Reihe schaltbar sind; dieser LC-Schwingkreis liegt parallel zum Tonabnehmer und bedämpft einen schmalbandigen Frequenzbereich. Große Begeisterung hat die damit erzielbare Klangbeeinflussung bei den Gitarristen aber nicht hervorgerufen, die Nachfrage blieb gering.

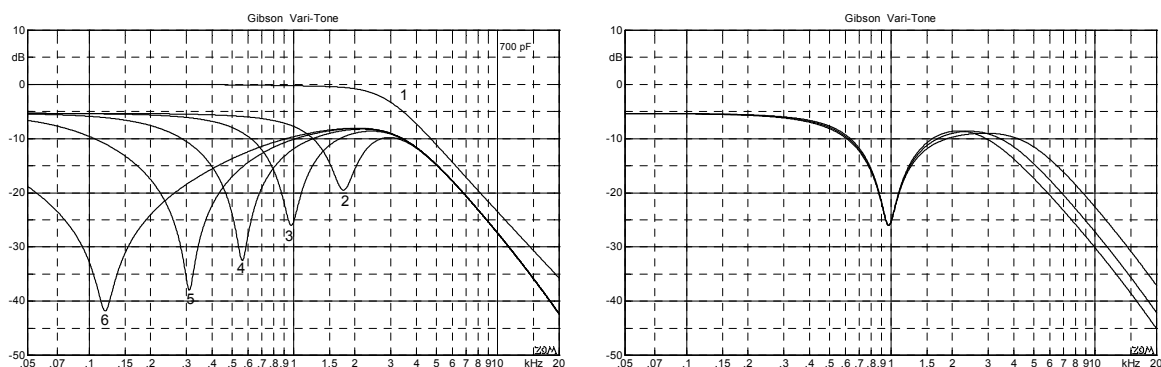


Abb. 9.7: Vari-Tone-Filter der Gibson Lucille: Sechs Frequenzgänge, durch Drehschalter wählbar, Kabelkapazität 700 pF (linkes Bild). Im rechten Bild wird die Kabelkapazität variiert: 330 pF, 680 pF, 1000 pF.