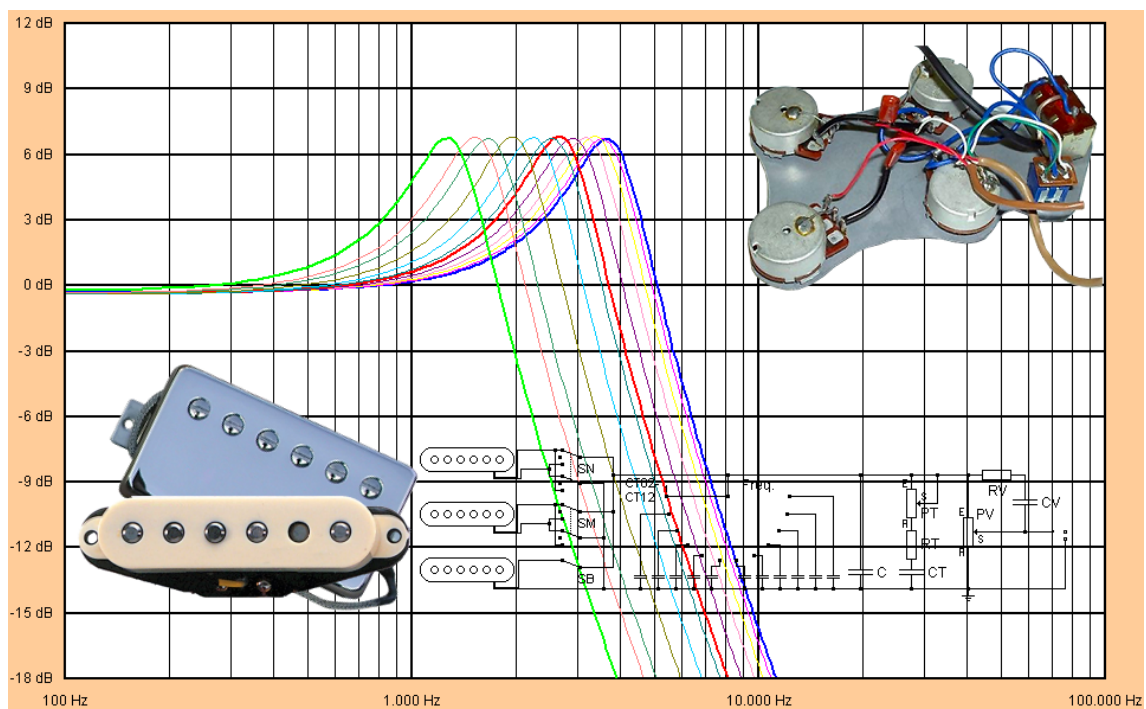


Guitar-Letter

II

Leseprobe

Klangveränderungen am elektromagnetischen Tonabnehmer



Als erstes fallen die vielen Nullstellen im Spektrum auf. Ihre Lage ist in erster Linie von der relativen Position des Tonabnehmers abhängig. Sie ergibt sich als Quotient aus der absoluten Tonabnehmerposition und der Mensur der Gitarre.

Vergleicht man einmal Hals- und Stegposition für ein Instrument, so kann man feststellen, daß sich bezüglich der Grundfrequenz (1,0) schon ein Unterschied von gut 12dB ergibt. Die Position liefert also den Grund, warum es am Hals immer ein wenig „voller“ klingt. Die tiefen Frequenzen werden eben stärker übertragen. Die stärkere Baßübertragung durch einen Halstonabnehmer ist also keine Frage des Tonabnehmers, sondern seiner Position!

Für die „Stratocaster“ ergibt sich ein vergleichbarer Verlauf des Amplitudenganges. Wie man dem nächsten Bild entnehmen kann, ist die Strat jedoch in der Lage, höhere Frequenzen zu übertragen.

Leseprobe

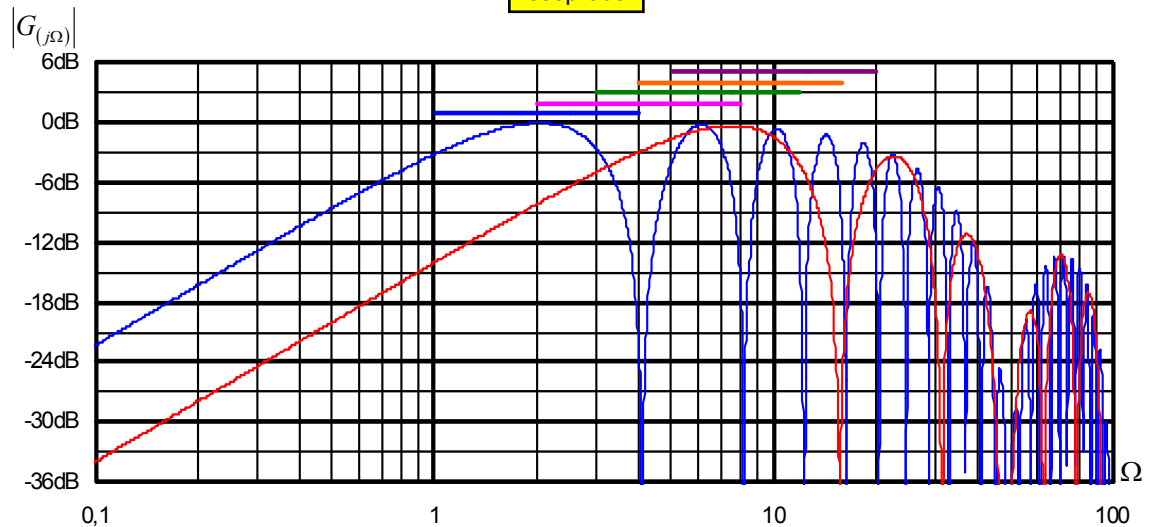


Bild 1-10: Amplitudengang am Hals- (blau) und am Steg-PU (rot) einer „Stratocaster“

Da die relativen Positionen für den Halstonabnehmer der Paula und der Strat in etwa identisch sind, ergibt sich auch ein ähnlicher Amplitudengang. Die Lage der Nullstellen ist durchaus vergleichbar. Die bestehenden Unterschiede sind hauptsächlich auf die unterschiedliche magnetische Breite der beiden Tonabnehmertypen zurückzuführen, welche deutlich das bessere Übertragungsverhalten der „Stratocaster“ im Bereich der Höhen zeigen.

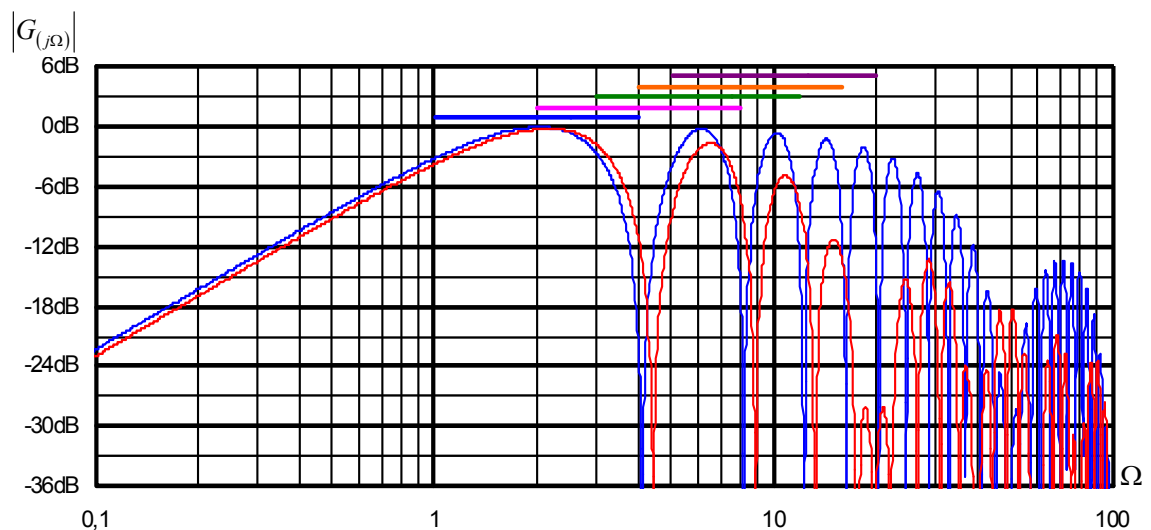


Bild 1-11: Amplitudengang am Hals-PU einer „Strat“ (blau) und einer „Les Paul“ (rot)

So etwas wird man mit den Humbuckern einer „Les Paul“ niemals erreichen können. Hier macht sich die geringere Breite der Single-Coils deutlich bemerkbar.

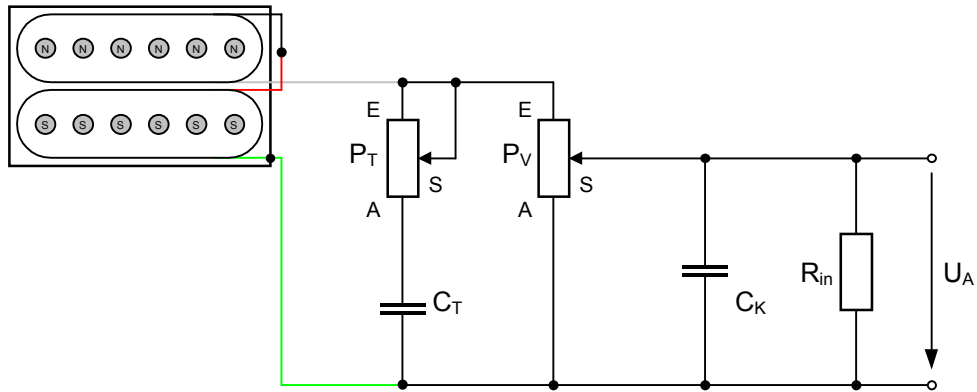


Bild 1-15: Humbucker mit typischer Beschaltung

Es gibt kaum eine Elektrogitarre, die über eine andere Beschaltung des Tonabnehmers verfügt. Auch die Werte der einzelnen Bauelemente kann man als Standard bezeichnen. Die folgende Tabelle gibt darüber Auskunft.

Leseprobe

Name	Wert	Bemerkung
P_T	500k Ω	Ein logarithmisches Potentiometer zur Einstellung des Klages. Zusammen mit C_T ist zwischen 100% und 50% des Drehwinkels eine Dämpfung der Resonanz möglich. Zwischen 20% und 50% wirkt die Schaltung als Tiefpaß dessen Grenzfrequenz mit dem Drehwinkel verringert wird. Ab 20% bildet sich wieder eine Resonanz aus, die bei 0% voll ausgeprägt ist. Mit dem in der Gitarre verwendeten Wert von 22nF liegt diese Frequenz in der Regel zwischen 400Hz und 900Hz. Gitarren mit Single-Coils haben hier häufig einen Wert von 250k Ω .
C_T	22nF	Ein Kondensator, der zusammen mit P_T die sogenannte Tonblende (engl. Tone) bildet.
P_V	500k Ω	Einstellung der Lautstärke. Auch hier wird wieder ein logarithmisches Potentiometer verwendet. Die Begründung dafür wird durch die logarithmische Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs geliefert. Ein lineares Potentiometer würde keinen gleichmäßigen Einstellbereich ergeben. Gitarren mit Single-Coils haben hier häufig einen Wert von 250k Ω .
C_K	700pF	Dieser Kondensator ist nicht in die Gitarre eingebaut. Er steht für die Kapazität des Kabels von der Gitarre zum Verstärker oder ersten Effektgerät. Als Daumenwert kann man bei Kabeln von einer Kapazität von 100pF pro Meter ausgehen. Hier wird also eine Kabellänge von 7m angenommen.
R_{in}	1M Ω	Der Eingangswiderstand des Verstärkers oder ersten aktiven Effektgerätes. Der Wert ist eine gängige Größe.

Tabelle 1-3: Belastung des Tonabnehmers

Diese Annahmen kann man durchaus als typische Belastung für einen Tonabnehmer bezeichnen. Helmuth Lemme benutzte nach eigenen Angaben bei seinen Untersuchungen eine kapazitive Last von 1000pF und so erscheint eine Vergleichbarkeit durchaus gegeben.

3.2.3 Der belasteten Tonabnehmer

Mit den eben gemachten Erkenntnissen sind die elektrischen Übertragungseigenschaften des Tonabnehmers vollständig beschrieben. Man sollte dabei jedoch nicht vergessen, daß wir uns bis jetzt nur mit dem Tonabnehmer im unbelasteten Fall beschäftigt haben. Die Ergebnisse haben daher eher theoretischen Charakter, denn kein Tonabnehmer wird in einer Elektrogitarre ohne Last betrieben. In so fern stellt der unbelastete Tonabnehmer einen Spezialfall dar, der in der Praxis eigentlich nicht vorkommt. Betrachtet man den Signalweg bis zum Verstärker, so kann man das folgende Bild entwerfen:

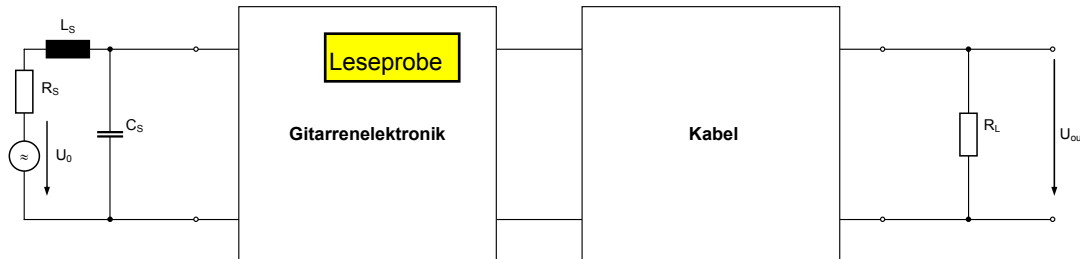


Bild 3-16: Ersatzschaltbild des elektromagnetischen Tonabnehmers als Übertragungssystem

Neben dem Eingangswiderstand des ersten Verstärkers - hier als Last R_L bezeichnet - sind zwei Blöcke enthalten, die wir zunächst als rein passiv auffassen. Das bedeutet, daß alle Blöcke sowie der Eingangswiderstand für den Tonabnehmer als Belastung wirken.

Man erkennt jetzt sehr deutlich, daß der Klang oder besser die klugumformende Wirkung des Tonabnehmers, von verschiedenen Eigenschaften abhängt: Zunächst vom Tonabnehmer selber, der durch L_S , R_S und C_S charakterisiert wird. Danach folgt die, in der Regel passive Elektronik in der Gitarre (Lautstärke und Klangeinsteller). Auch das Kabel spielt für den resultierenden Klang eine Rolle. Im einfachsten Fall kann man sich hier eine Kapazität nach Masse als Modell vorstellen. Und schließlich übt der Eingangswiderstand des Verstärkers auch noch einen Einfluß aus.

Hier ergibt sich jetzt auch schon eine unangenehme Eigenschaft des Systems: Benutzt man ein anderes Kabel, so erhält man einen anderen Klang! Für einen Musiker mag das akzeptabel erscheinen. Er ist in der Regel Pragmatiker und sagt einfach: „Wenn ich dieses Kabel nehme, klingt es so, wie ich will!“ Ein Elektrotechniker wird über ein solches Design einfach nur den Kopf schütteln. Er ist da eher für klare Verhältnisse und fordert: „Der gewünschte Klang soll immer, das heißt reproduzierbar, zur Verfügung stehen!“ Eine Beeinflussung von Außen lehnt er ab! Im weiteren Verlauf soll jetzt untersucht werden, welchen Einfluß eine Last auf den Klang ausübt. Dabei ist es wichtig zu wissen, wie so eine Last im elektrotechnischen Sinne aussieht.

3.2.3.1 Wie sieht die Last aus?

Die Last wird in der Regel immer als Impedanz beschrieben. Das macht ein Elektrotechniker gerne, um anzudeuten, daß verschiedenen Eigenschaften vorliegen können. Die Last kann

1. rein ohmsch sein. Das heißt sie besteht nur aus einem Wirkwiderstand, der aus diesem Grund R_L genannt wird.
2. Induktiv sein oder
3. kapazitiv sein.

Praktisch liegt immer eine Kombination dieser drei Eigenschaften vor. Hier soll sich jedoch nur auf die zwei Fälle, ohmsch und kapazitiv, beschränkt werden, da das den Verhältnissen im Zusammenhang mit der Elektrogitarre am nächsten kommt. Sicherlich liegt auch immer ein induktiver Anteil vor, der jedoch nur bei Hochfrequenz bemerkenswert ist. Für den Bereich der Niederfrequenz, in dem auch eine Elektrogitarre arbeitet, kann die Induktivität daher vernachlässigt werden. Eine Ausnahme stellen nur Schaltungen dar, die mit einem sogenannten „Varitone-Switch“ arbeiten. Die zusätzliche Spule muß man natürlich berücksichtigen.

Man erkennt, daß die einzelnen Resonanzfrequenzen vom Verlauf der Kenn-Güte quasi eingehüllt werden. Lediglich im unteren Frequenzbereich gibt es Abweichungen, die dadurch zu erklären sind, daß für die Berechnung nicht der Verlauf der Resonanzgüte, sondern die Kenn-Güte verwendet wurde. Es wird an dieser Stelle also ein kleiner Fehler gemacht.

Besonders bemerkenswert ist der Verlauf der roten Kurve, die den Amplitudengang für die gegebene Wicklungskapazität von 110pF darstellt. Dieses Maximum ist die sogenannte Leerlaufresonanz. Fügt man diesem Tonabnehmer also eine steigende kapazitive Last hinzu, so steigt die Güte zunächst noch leicht an, um dann immer weiter abzufallen.

Zusammen mit der Leerlaufresonanz erkennt man aus dem Verlauf der Kenn-Güte relativ schnell, welche Güten und Resonanzfrequenzen mit einem bestimmten Tonabnehmer überhaupt zu erreichen sind.

Leseprobe

Sehen wir uns einmal den Verlauf der Kenn-Güte für einige bekannte Tonabnehmer an. Zur Berechnung wurde Formel 3-52 genutzt. Als ohmsche Last wurde eine Parallelschaltung aus zwei Potentiometern mit einem Kennwiderstand von 500k Ω und einem Verstärkereingangswiderstand von 1M Ω verwendet, was insgesamt eine Last von 200k Ω ergibt. Die Darstellung der Funktion schränken wir jedoch ein wenig ein, wofür es zwei Begründungen gibt:

1. Güten die kleiner als -3dB sind, was einem Wert von $\frac{1}{\sqrt{2}}$ entspricht, haben das Verschwinden der Resonanz zur Folge. Die Begründung dafür findet sich in Tabelle 3-1. Daraus folgen eine untere und eine obere Grenze für die Darstellung.
2. Jeder Tonabnehmer liegt durch seine Wicklungskapazität und die daraus folgende Leerlaufresonanz unterhalb der oberen -3dB-Grenze. Hier erfolgt also eine weitere Eingengung der Darstellung.

Dieser sinnvolle Darstellungsbereich wurde im folgenden Bild farbig hinterlegt.

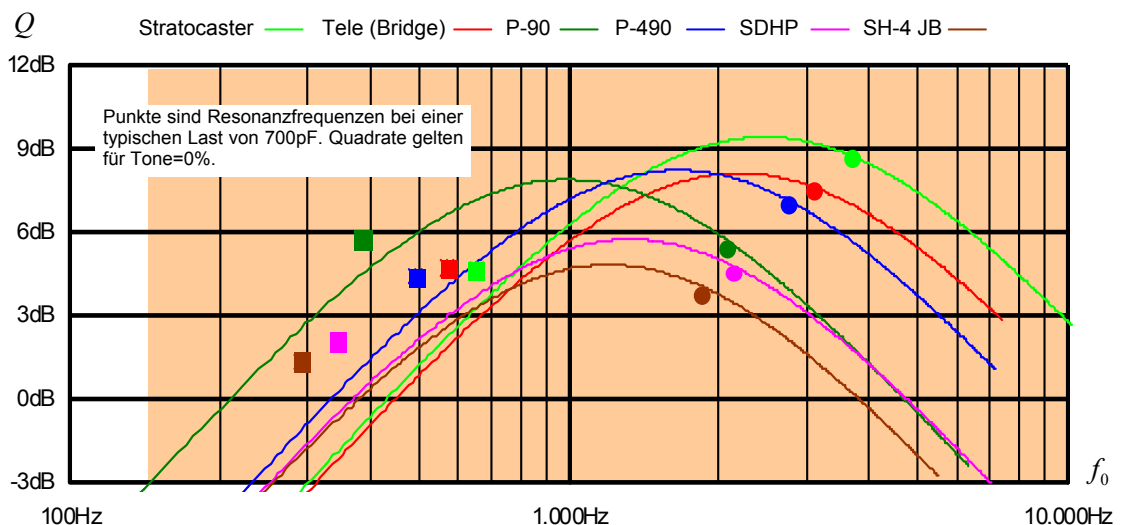


Bild 3-21: Mögliche Kenn-Güten einiger Tonabnehmer mit typischer Belastung

Man erkennt mehrere Dinge:

1. Die dargestellten Resonanzfrequenzen für eine typische Last von 700pF liegen nicht genau „auf Linie“. Dieser Fehler ist wieder auf die Verwendung der Kennfrequenz zurückzuführen. Die Abweichungen sind um so größer, je kleiner die Resonanzfrequenz ist.
2. Alle Anfangsresonanzen (Tone=100%) liegen über der Resonanz für die maximale Kenngüte. Durch eine zusätzliche Lastkapazität wird also die Güte zunächst ansteigen.
3. Dem Stratocastertonabnehmer läßt sich augenscheinlich durch eine geeignete ohmsche und kapazitive Last das Übertragungsverhalten aller anderen gezeigten Tonabnehmer aufprägen.

Allen Lösungen ist gemein, daß sie nur eine geringe Abweichung vom gewünschten Zielwert und dem entsprechenden Simulationsergebnis produzieren. Mit Lösung 1 erhält man zwar die größte Abweichung, die mit rund 4% jedoch noch so klein ist, daß man den entstehenden Unterschied vermutlich kaum wahrnehmen wird.

Das exakteste Ergebnis erhält man tatsächlich mit Lösung 3. In der Praxis führen jedoch alle drei Lösungen zur Wahl des gleichen Kondensators von 680pF! Man kann also sagen, daß die Toleranzen der realen Kondensatoren in der Regel so groß sind, daß die aus den Berechnungen entstehenden Abweichungen darin untergehen.

Sehen wir uns zum Schluß die entstehenden Amplitudengänge an:

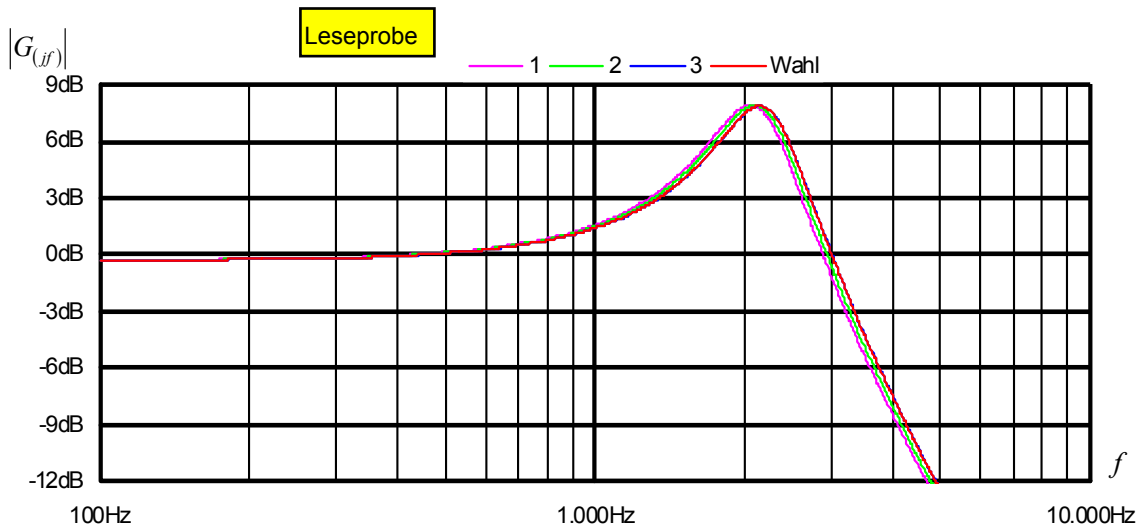


Bild 4-4: Amplitudengänge der verschiedenen Lastkondensatorlösungen

Auch hier ist deutlich zu erkennen, daß die Unterschiede aller vier Lösungen marginal sind. Wenn es also nur darum geht, zu einer gegebenen Resonanzfrequenz ohne Berücksichtigung der Güte den zugehörigen Lastkondensator zu bestimmen, so hat man quasi die freie Auswahl. Wenn es einfach sein soll und schnell gehen muß, dann bietet sich die Lösung 2 nach Thomson geradezu an.

Natürlich ist es immer besser, mit möglichst exakten Werten zu rechnen, nur was hilft es, wenn man die notwendige Lösung mangels eines geeigneten Bauelementes nicht realisieren kann? Darüber hinaus darf man auch nicht vergessen, daß die meisten Bauelemente in der Elektronik einer Elektrogitarre in der Regel Toleranzen zwischen 10% und 20% aufweisen. Das gilt sowohl für Kondensatoren und Potentiometer, also auch für die elektrischen Daten des Tonabnehmers (so sie denn überhaupt bekannt sind). Auch die Kapazität des Instrumentenkabels kann, in Ermangelung eines geeigneten Meßgerätes, häufig nur nach der Faustformel 100pF/m geschätzt werden. Solange man mit so großen Toleranzen in eine Berechnung geht, darf man für die Berechnung selber also auch eine gewisse Toleranz zulassen.

4.4 Den Berg „platt“ machen - Güte nach Maß

Manchmal ist die Güte der Schaltung zu groß, sodas es unangenehm spitz klingt. Dieses tritt besonders dann auf, wenn der Tonabnehmer an einem Vorverstärker oder Impedanzwandler mit hochohmigem Eingangswiderstand und fehlender kapazitiver Last betrieben wird. In den meisten Fällen sollte man Güten größer als 4 vermeiden. Die meisten elektromagnetischen Tonabnehmer liefern in der gängigen Beschaltung eine Resonanzgüte zwischen 1,5 und 4.

Wenn die Güte zu groß ist, so kann sie durch einen zum Tonabnehmer parallel geschalteten Widerstand verringert werden. Zur Berechnung des notwendigen Parallelwiderstandes beginnen wir mit der Formel für die Güte aus Tabelle 4-3, die wir nach R_L umstellen.

**Leseprobe**

Wer mit dem Klang seiner Elektrogitarre nicht zufrieden ist, der kauft sich am besten neue Tonabnehmer! So hätten es die Anbieter von Austauschtonabnehmern, die seit den 70er Jahren wie Pilze aus dem Boden schießen, am liebsten. Jeder möchte ein Stück des großen Kuchens haben und so werden die Hersteller nicht müde, den ahnungslosen Gitarristen ihre Produkte mit allerlei Hilfsmitteln als einzige und ultimate Lösung für eine Verbesserung des Klanges anzupreisen.

Tatsache ist, daß der elektromagnetische Tonabnehmer einen großen Einfluß auf den resultierenden Klang einer Elektrogitarre ausübt. Durch einen Austausch kann also wirklich eine Klangveränderung erreicht werden. Dieses Vorgehen birgt für den Musiker als Kunden jedoch einen großen Nachteil: Es ist mit nicht unerheblichen Kosten verbunden!

Tatsache ist aber auch, daß der Tonabnehmer nur ein Teil einer recht komplexen Klangkette ist, deren Eigenschaften sich auch durch einfache Manipulationen an der Gitarrenelektronik verändern lassen, die nur den Bruchteil eines neuen Tonabnehmers kosten.

Leider sind nur wenige Gitarristen über diese Möglichkeiten wirklich informiert und die Tonabnehmerhersteller haben naturgemäß auch kein Interesse daran, dieses Wissen zu verbreiten. In so fern rümpfen viele Musiker immer noch in Unkenntnis der Sachlage die Nase, wenn es um andere Wege der Klangveränderung geht. Es kann eben nicht sein, was nicht sein darf! Darüber hinaus ist eine billige Lösung doch immer auch eine schlechte oder?

Was man dabei gerne vergißt, ist die Tatsache, daß auch diese „billige“ Lösung auf den elektrotechnischen Grundlagen der Gitarrenelektronik beruht und es sich nachweisen läßt, daß beide Lösungen vergleichbar sind.

Dieses Buch gibt zunächst einen Überblick über die Entstehung des Klanges einer Elektrogitarre. Ein weiterer Bereich ist der Klangveränderung durch einen zusätzlichen Lastkondensator gewidmet. Erstmals werden hier Berechnungsgrundlagen zur Verfügung gestellt, die es auch dem Laien ermöglichen, die Größen der notwendigen Bauelemente mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen.

Wer begriffen hat, wie es funktioniert, erhält mit diesem Wissen eine preiswerte Möglichkeit, den Klang seines Instrumentes in weiten Bereichen zu variieren und an seine persönlichen Bedürfnisse anzupassen. Die Anschaffung neuer Tonabnehmer kann man dann beruhigt in die weite Zukunft verschieben. Das gesparte Geld wird man dann wohl für die nächste Gitarre zurücklegen!