

Inhaltsangabe

1. Einleitung

2. Umwandlung des Tons einer Gitarrensaite in ein elektrisches Signal

3. Auswirkung des Schaltkreises auf den Endton

3.1 verschiedene Faktoren

3.2 Der Tonabnehmer

3.21 Der Tiefpass bzw. Die Grenzfrequenz (f_g)

3.22 Der elektrische Schwingkreis bzw. die Resonanzfrequenz(f_0)

3.23 Möglichkeiten der Klangänderung

3.3 Das Experiment

4. Fazit

5.Quellen der Diagramme

1. Einleitung

In meiner Facharbeit behandle ich das Thema „Übertragungen von Schwingungen bei der E-Gitarre über einen Tonabnehmer“. Ich werde also auf einfache Weise erklären wie die aus einer E-Gitarre zu entlockenden Töne von der Saite zum Verstärker gelangen. Dabei versuche ich außerdem die Auswirkung der einzelnen Bauelemente, die zu einem Tonabnehmer gehören, auf den endgültigen Sound aus dem Lautsprecher zu erläutern. Schließlich gehört zu einem Tonabnehmer (auch Pick-up genannt) mehr als nur als nur ein Magnet und eine Spule, auf die ich mich jedoch im ersten Teil meiner Facharbeit beschränke.

2. Umwandlung der Schwingungen einer Gitarrensaite in ein elektrisches Signal

Ein Tonabnehmer besteht vor allem aus einem Magneten und einer Spule. Ein Single-Coil (eine Spule) Tonabnehmer besteht aus sechs kleinen Stabmagneten, welche von einer Spule umwickelt sind. Der Pick-up ist auf der Gitarre so platziert, dass die einzelnen Magneten sich jeweils unter einer Saite befinden. Aufgrund seines simplen Aufbaus wird er die ganze Facharbeit durch als Beispieltonabnehmer herhalten.

Meinen Überlegungen zufolge werden bei der E-Gitarre nicht direkt die Schallwellen sondern das Magnetfeld, das eine schwingende Saite umgibt, in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Wenn eine Gitarrensaite angeschlagen wird entsteht eine stehende Welle, die die Atome der Saite in Schwingung versetzt. Dadurch schwingen ebenfalls die freien Elektronen des Materials, die somit ein Magnetfeld um die Saite aufbauen. Da die Schwingungen der Elektronen von der stehenden Welle verursacht werden muss auch das erzeugte Magnetfeld dessen Frequenzgang in Form der sich ändernden Flussdichte übernehmen.

Durch das Magnetfeld der Saite verändert sich auch das unmittelbar darunter liegende Magnetfeld eines der Stabmagneten des Tonabnehmers. Aufgrund

dieser Veränderung wird in der Spule ein Strom induziert, der, weil er von der Flussdichte des Magnetfeldes abhängig ist, zum größten teil dem Frequenzgang der Schallwelle entspricht. Inwieweit die Bauelemente Auswirkung auf den Klang haben wird im nächsten Kapitel besprochen. Zunächst möchte ich jedoch meine Hypothese mit einem Experiment noch weiter untermauern. So habe ich festgestellt, dass eine Schallwelle einer schwingenden Nylongitarrensaite nicht von einem E-Gitarren Pick-up in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. (Ich habe eine schwingende Nylongitarrensaite so nah wie möglich über den Pick-up einer E-Gitarre gehalten und dabei kein Geräusch aus dem angeschlossenen Lautsprecher feststellen können.)

Meine Erklärung dafür wäre, dass Nylon Moleküle, im Gegensatz zu dem bei E-Gitarrensaiten häufig verwendeten ferromagnetischen Stahl und Nickel, über keine freien Elektronen verfügen und damit bei einer Schwingung kein magnetisches Feld aufbauen können, welches wiederum nötig wäre um einen Strom in der Spule zu induzieren. Bei einem Pick-up handelt es sich also definitiv nicht um eine Art Mikrofon, das direkt Schallwellen in ein elektrisches Signal umwandelt.

3. Was ist für den Klang verantwortlich?

3.1 verschiedene Faktoren

Auswirkung auf die Klangfarbe haben viele Faktoren. Hierzu möchte kurz auf einige eingehen ohne sie jedoch großartig zu erläutern.

Zum Beispiel das Holz, auch wenn es weniger stark als Resonanzkörper dient als bei der Akustikgitarre hat trotzdem seine Biegefestigkeit Einfluss auf den Klang.

Die Materialwahl sowie Verarbeitung der Saiten haben wohl einen der größten Einflüsse auf die Klangfarbe einer Gitarre. Bei der Klangbildung ist außerdem noch entscheidend wo die Saite angeschlagen wird. Der Anschlag in Stegnähe hat einen eher hellen, leicht metallisch klingenden Sound zur Folge. Der stegferne Anschlag verursacht einen dumpfen, basslastigen Klang. Gleiches gilt für die Position der Tonabnehmer. Stegnahe Tonabnehmer nehmen, wie im 2.

Kapitel erläutert, indirekt einen hellen, leicht metallisch klingenden Ton ab und steiferne einen eher dumpfen, bassigen Ton.

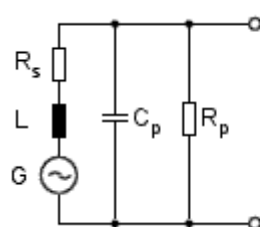
Weiterhin wichtig ist der Abstand zwischen den Magneten und Saiten. Je nach Stärke des Magneten muss er in die „richtige“ Position gebracht werden. So darf er nicht zu nah im Umfeld der Saite sein, da sonst die Saite aufgrund des Magnetfeldes zu stark angezogen wird und dadurch ihr Schwingverhalten negativ beeinflusst wird. Auf der anderen Seite er auch nicht zu weit entfernt sein, weil sonst die Saite dann keinen oder zu geringen Einfluss auf das Magnetfeld ausüben kann und somit wiederum kein Strom in der Spule induziert werden kann.

Experten sind sich darüber einig, dass Magneten als solches keinen Einfluss auf den klang haben, da sie lediglich ein Magnetfeld aufbauen. Die Stärke eines Magneten spielt auch keine Rolle, schließlich müssen Tonabnehmer und Saite, wie oben beschrieben, den richtigen Abstand haben. Stärkere Magneten benötigen also einen größeren Abstand zur Saite als schwächere, sodass im Endeffekt eine gleichgroße Spannung induziert wird.

3.2 der Tonabnehmer

Damit sind wir auch schon beim Schwerpunkt der Facharbeit angelangt, nämlich der Frage wie sich der Tonabnehmer als Ganzes auf den Frequenzgang auswirkt.

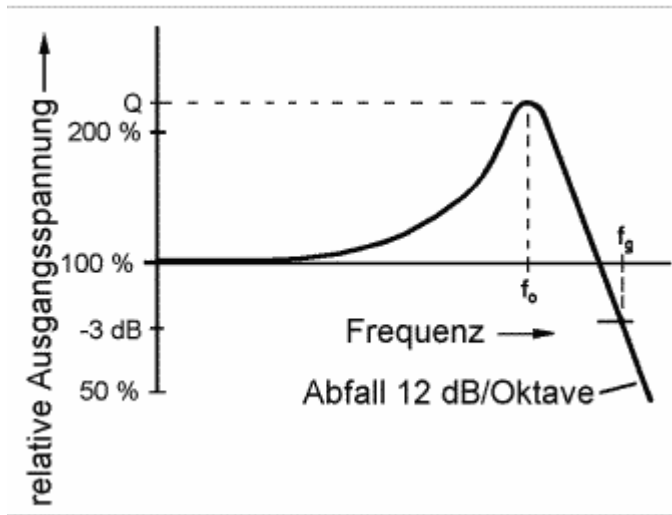
Wenn wir uns die Ersatzschaltung für den Tonabnehmer anschauen, fallen besonders zwei Dinge auf. Zum einen handelt sich um einen elektrischen Schwingkreis mit einer Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) und zum anderen um einen Tiefpassfilter.



G = Generator (induz. Spannung)
L = Induktivität der Spule
R_s = Drahtwiderstand
C_p = Wicklungskapazität
R_p = Dämpfungswiderstand

3.21 Der Tiefpass bzw. Die Grenzfrequenz (f_g)

Ein Tiefpassfilter lässt tiefe Frequenzen, bei der E-Gitarre die Grundfrequenzen, ungehindert passieren und schwächt hohe Frequenzen, in diesem Falle die Oberfrequenzen, ab.



Das liegt daran, dass bei tiefen Frequenzen der Ohmsche Widerstand von Kondensatoren (Kapazität der Spule) besonders hoch ist und deshalb dort nur vernachlässigbar wenig Strom fließt, sodass die Spannung am Eingang (induzierte Spannung) ungefähr der Spannung am Ausgang (die beiden Kabelenden der Spule) gleicht. Bei hohen Frequenzen ist es genau umgekehrt und ein beträchtlicher Teil der

Spannung geht über den Kondensator „verloren“.

Verstärkt wird die Dämpfung der hohen Frequenzen durch die Induktivität der Spule. Bei niedrigen Frequenzen ist der Ohmsche Widerstand der Spule eher gering, bei hohen Frequenzen schon deutlich höher, was bedeutet, dass die Ausgangsspannung nochmals kleiner wird.

Demnach bestimmen Induktivität und Kapazität der Spule welche Frequenz wie stark abgedämpft wird. Dabei gilt, je höher die Kapazität und/oder Induktivität einer Spule, desto niedriger sind die Frequenzen, die signifikant abgedämpft werden. Die berechenbare Grenzfrequenz gibt darüber Auskunft ab welcher Frequenz die Ausgangsleistung um die Hälfte zu den niedrigeren Frequenzen abgedämpft ist. Auf die Klangcharakteristik hat das folgende Auswirkung. Je höher die Grenzfrequenz desto klarer bzw. schneidender wird der Ton. Je tiefer die Grenzfrequenz desto dumpfer, bassiger wird der Sound.

3.22 Der elektrische Schwingkreis bzw. die Resonanzfrequenz (f_0)

Dieser Effekt wird durch die Resonanzfrequenz des oben schon erwähnten elektrischen Schwingkreises der Spule verstärkt. Denn alle Frequenzen in Nähe

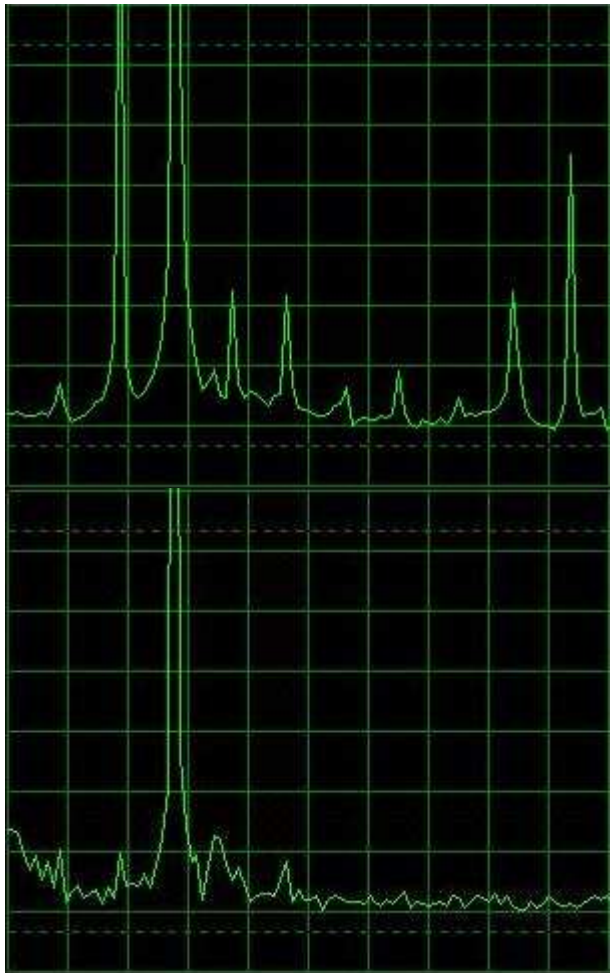
der Resonanzfrequenz werden verstärkt, sodass bei besonders hoher Resonanzfrequenz die klaren, schneidenden Oberwellen und bei entsprechend niedriger Frequenz die eher dumpfen, bassigen Oberwellen hervorgehoben werden (dies erfolgt in der Form einer höheren Ausgangsspannung). Hierzu sei noch gesagt, dass die Resonanzfrequenz etwas unterhalb der Grenzfrequenz liegt und sie ebenfalls von Kapazität und Induktivität der Spule bestimmt wird.

3.23 Möglichkeiten der Klangänderung

Wenn man also den Sound einer E-Gitarre verändern will, kann man dies über die Grenz- bzw. Resonanzfrequenz tun. Wie wir oben festgestellt haben, können wir diese erhöhen oder erniedrigen indem wir Kapazität und/oder Induktivität der Spule verändern. Eine Möglichkeit besonders die Induktivität zu verändern wäre die Wicklungszahl zu erhöhen oder zu erniedrigen. Jedoch müsste man hierzu schon komplett den Tonabnehmer auswechseln. Eine andere Möglichkeit wäre die externe Lastkapazität, durch einen zur Spule parallel geschalteten Kondensator, dessen Kapazität zu der der Spule addiert wird, zu verändern. Normalerweise verfügt eine E-Gitarre über einen Klangregler, dessen Kapazitätsspektrum und damit das Klangveränderungsspektrum für manchen nicht ausreichen mag und deshalb ausgewechselt werden kann.

3.3 Das Experiment

Um das ganze auch physikalisch zu beweisen, habe ich eine Fourieranalyse von zwei möglichst gleichen Tönen der E-Gitarre über einen Lautsprecher aufgenommen wobei bei der oberen Aufnahme der Klangregler voll aufgedreht und bei der zweiten runtergedreht war.



Bei der ersten Aufnahme muss die externe Lastkapazität eher gering sein, da im Vergleich zur zweiten Aufnahme eher wenige Oberwellen gedämpft wurden und deshalb die Grenzfrequenz höher liegen muss.

Bei der zweiten Aufnahme muss die externe Lastkapazität schon entsprechend höher liegen, da bis auf eine fast alle Oberwellen gedämpft sind und somit die Grenzfrequenz relativ niedrig ist.

4. Fazit

Auch wenn ich aufgrund der Größe der Facharbeit, nicht zu stark ins Detail gegangen bin und auch keine genauen Werte genannt habe, hoffe ich trotzdem ein zumindest grobes Bild der Funktionsweise der E-Gitarre geliefert zu haben.

Jeder der einmal selbst Hand an seiner E-Gitarre anlegen will sollte sich im klaren sein was er eigentlich bewirken will und wie dies erreichen kann. Dabei sollte er zumindest das von mir vorgestellte Grundwissen beherrschen.

Hinzukommt, dass es durchaus hilfreich ist sich bewusst zu sein, dass ich durch ein anderes Kabel die externe Lastkapazität meines Tonabnehmer verändere und auf diese Weise die Klangfarbe meines Tones der aus dem Lautsprecher kommt ebenfalls alterniere.

Mir persönlich hat die Facharbeit sehr viel Spaß gemacht, da ich schon immer wissen wollte wie eine E-Gitarre funktioniert. Außerdem hat die Tatsache, dass ich Inhalte des Physikunterricht anwenden und selber erweitern konnte, für mich den Spaß an der Physik noch weiter verstärkt.

5. Quellen der Diagramme

<http://www.elektronikinfo.de/audio/elektrogitarre.htm>

<http://www.gitarrenelektronik.de/elektronik/elektronik.html>