

Gitarrenphysik

für
physiklose Gitarristen



by Franziska Rüegg

Klampfe gekauft und schon ordentlich geübt... Was bedeutet denn dieses E vor der E-Gitarre eigentlich? Das E steht nicht etwa für die Stimmung, nein, es ist genau das, was diese Gitarre zu so einem Kultobjekt der Rockmusik gemacht hat: Das E steht für **Elektrisch**. Das erklärt zumindest, warum manche Gitarristen Frisuren haben, als wenn sie in eine Steckdose gegriffen hätten. Dieses E ist schuld daran, dass Du beim Üben andauernd deine Nachbarn an der Türklingel hast – vorausgesetzt, Du schliesst deine Gitarre an einen Verstärker an. Doch wieso sind diese Gitarren so laut? Fragst Du einen Gitarristen, wird der wahrscheinlich behaupten, dass seine Gitarre einfach ein Gott sei und einfach alles kann, ein Wunderding also. Tja, Gitarristen fragt man lieber nicht, die verstehen nur etwas von Tönen und kennen keine Physikformeln. Willst Du trotzdem wissen, wie dieser mysteriöse Holzklotz solche Töne von sich gibt? Dann lies einfach weiter...



Schauen wir diese Gitarre also genauer an! Ein Schalloch hat sie nicht, hohl ist sie auch nicht... aber was ist das da unter den Saiten? Oh Gott, welcher böse Rockmusiker hat denn da einfach Nägel in die Gitarre geschlagen? Nein, das sind keine Nägel, sondern kleine Magnetstifte, die umgeben von einer Drahtspule in einem Kunststoff- oder Metallgehäuse untergebracht wurden. Dieses ganze Gebilde nennt sich **Tonabnehmer** oder in Englisch auch „Pick Up“. Von diesen Tonabnehmern gibt es viele unterschiedliche Sorten, Doppelspuler und Einspuler, doch mehr dazu später.



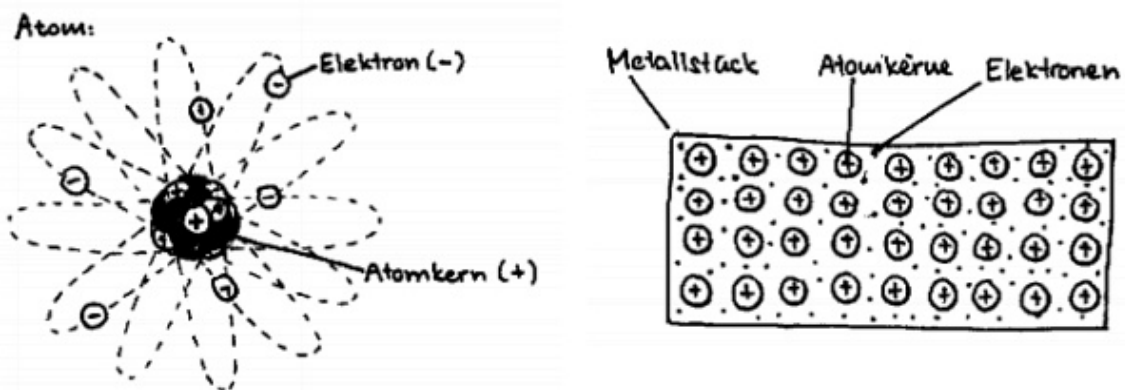
Erst kommt ein wenig **E-Gitarrengeschichte**:

In den 30er Jahren begannen Gitarristen in lauten Bands mitzuspielen, doch dabei konnten sich die armen Gitarristen einfach nicht hören, weil sie zu leise waren. Man experimentierte zuerst mit grösseren Gitarren oder mit Mikrofonen (die damals auch noch nicht so weit entwickelt waren wie heute) oder baute Resonatorgitarren, mit so einem metallenen Ungetüm drauf, welches den Klang verstärken sollte. Dann kam irgendein schlauer Mensch auf die Idee, mit Magneten die Schwingungen der Saiten abzunehmen – ähnlich wie bei der Hammondorgel die Tongeneratoren abgenommen

werden. Dieser anfänglich noch sehr grosse Tonabnehmer wurde dann in einen Holzklotz eingebaut, an welchem ein Gitarrenhals befestigt wurde. Mit etwas Fantasie sah das etwa aus wie eine Bratpfanne und wurde auch so genannt. Um zu verstehen, wie man mit Magneten Schall aufnehmen kann, muss man ein paar Sachen in der Physik wissen. Darum hier erst noch ein wenig Physik – keine Angst, Du wirst es überleben!

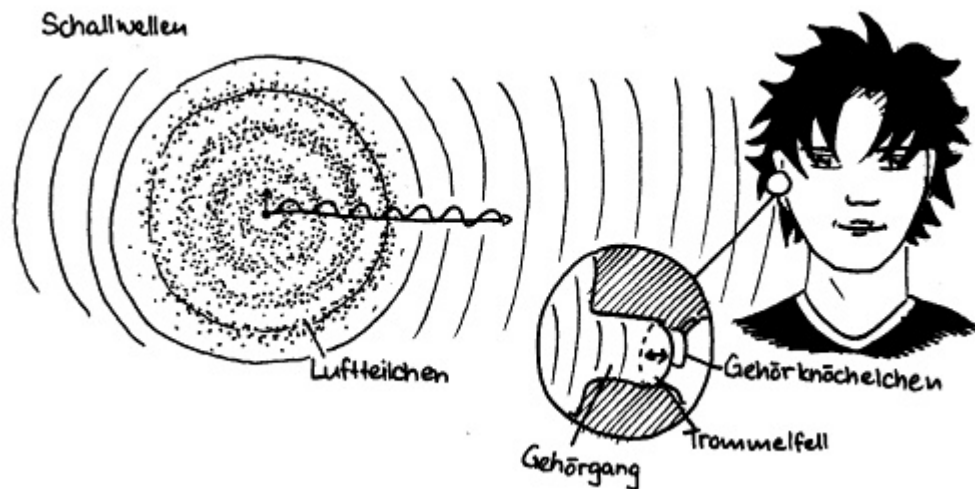


Angefangen beim Strom: Vielleicht ist dir bekannt, dass Atome aus negativen, positiven und neutralen Teilchen bestehen und dass die negativen Teilchen Elektronen heissen und um die positiv geladenen Atomkerne herumschwirren. Metalle haben es sogar an sich, dass diese Elektronen ganz losgelöst von ihren Heimatatomen herumfliegen. Da sich unterschiedliche Ladungen anziehen, kann man mit einem positiven Pol die Elektronen anziehen, sie kommen also einfach so daher geflossen, wie wenn es etwas zu fressen gäbe. **Fliessende Elektronen nennt man Strom** und dieser ist vergleichbar mit fliessendem Wasser in einem Rohr.



Dann wäre noch interessant, was Musik überhaupt ist. Musik besteht aus Klängen und Klänge bestehen aus Tönen. Vielleicht ist dir einmal aufgefallen, dass man mit einer Jasskarte in den Fahrradspeichen einen Ton erzeugen kann, wenn man fährt. Die Höhe ist von der Geschwindigkeit abhängig, also von der Anzahl Radumdrehungen pro Sekunde. Diese Anzahl Drehungen pro Sekunde nennt man **Frequenz** und die wird in Hertz angegeben. Hat man eine hohe Frequenz, kriegt man einen hohen Ton. Dieser Ton, den wir da hören, ist eine **Schallwelle** – was zum Kuckuck ist denn das nun schon wieder? Auch hier kann man wieder das Wasser nehmen. Bei Wellen auf dem Wasser stellt man fest, dass dort, wo der Berg ist, der Wasserspiegel höher ist, als dazwischen im Tal. Die Wellen prallen in einem bestimmten zeitlichen Rhythmus an die Mauer am Ufer, also auch da gibt es eine Frequenz. Würden diese Wellen 440 mal in der Sekunde an diese Mauer treffen und mit jedem Aufprall einen kleinen Knall verursachen, würde man einen durchgehenden Ton hören. Diesen Ton findet man auf der 3. Saite im zweiten Bund und das ist ein A. Dieser Ton wird häufig zum Stimmen verwendet, deshalb hast Du diese Frequenz vielleicht auch schon mal auf deinem Stimmgerät gesehen. Genau so wie die Wellen im Wasser funktionieren die Schallwellen in der Luft. Hier wird

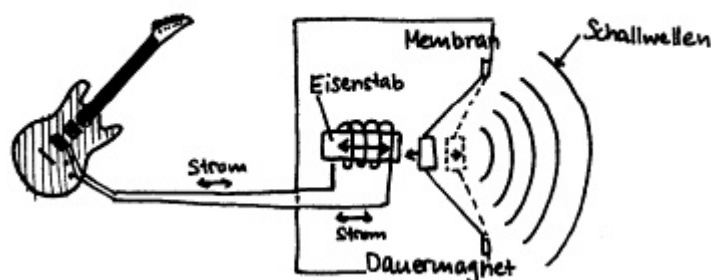
einfach durch irgendetwas die Luft sozusagen hin und her geschüttelt – wieder in einer bestimmten Frequenz – die bewegten Luftteilchen bewegen die benachbarten Luftteilchen, so breiten sich die Schwingungen aus. **Die hin und her geschüttelte Luft die schüttelt dein Trommelfell im Ohr.**



An diesem Trommelfell ist eine mechanische Vorrichtung angebracht, die das Gerüttel verstärkt und damit den Nerven auf die Nerven geht, bis sich die Nerven im Hirn melden, wo dann das Ganze analysiert wird - aber schliesslich wollen wir hier nicht noch die ganze menschliche Anatomie auseinander nehmen, sondern uns interessiert doch die Gitarre, nicht wahr?

Will man Schall erzeugen, muss man also die Luft etwas schütteln. Am besten macht man das mit einer Scheibe oder mit einer Membran (Haut), die man schüttelt. So eine Membran hat es zum Beispiel in einem Lautsprecher drin. Diese Membran ist an einem Magneten befestigt der auch durchgeschüttelt wird. Diesen Magneten schüttelt man hin und her, in dem man ein Magnetfeld erzeugt, welches man immer umpolt. Vielleicht kennst Du das ja: Man nimmt zwei Stabmagneten mit einem Pol hinten und einem vorne. Hält man die gleichen Pole zusammen, stossen sich die Magnete ab, die unterschiedlichen Pole ziehen sich an (wie vorher bei den Elektronen!). Pult man den einen Magneten ständig um (in einer bestimmten Frequenz ;-) dann beginnt der andere Magnet (sofern er richtig aufgehängt ist) im gleichen Takt hin und her zu schaukeln. Also muss man einfach das **Magnetfeld ständig umpolen und das macht man mit einem Wechselstrom**. Doch wie soll denn nun das schon wieder gehen?

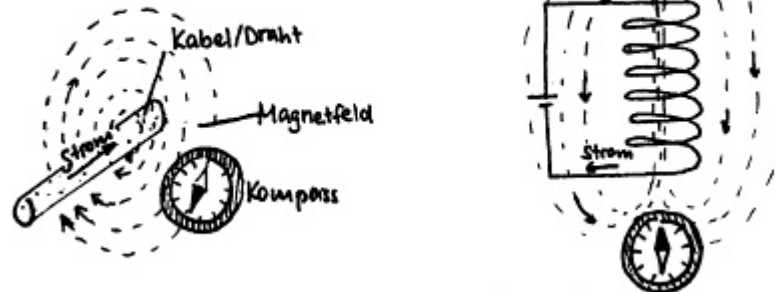
Der Lautsprecher:



Um zu verstehen, wie man mit Strom einen Magneten bewegt, braucht es nochmals etwas Physik. Und zwar ist es so, dass wenn die Stärke eines Magnetfeldes ändert (z.B. durch Bewegen des Magneten), dies in einer Leiterschleife (z.B. in einer

Drahtspule) einen Strom erzeugt. Fachmänner oder –frauen nennen das **Induktion**. Umgekehrt funktioniert das auch: Um einen stromdurchflossenen Leiter herum entsteht nämlich ein Magnetfeld. Wie herum dieses Magnetfeld gepolt ist, hängt davon ab, in welche Richtung der Strom fließt.

Magnetfeld um einen strom-führenden Leiter:



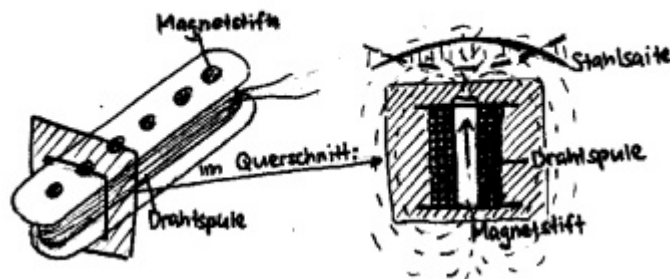
Also muss man, um das Magnetfeld in einer bestimmten Frequenz zu ändern, die Stromrichtung in genau dieser Frequenz immer wieder ändern. Das heißt, die Elektronen können gar nicht in eine Richtung fließen, sie werden immer wieder zurückgeschickt und dann wieder vorwärts, auch sie schwingen immer hin und her. Der **Wechselstrom**, der bei uns aus der Steckdose kommt, wechselt auch immer die Richtung, daher sein Name. Gleichstrom hingegen fließt immer in eine Richtung durch den Leiter hindurch. Natürlich wechselt auch der Wechselstrom in einer bestimmten Frequenz die Richtung und diese beträgt hierzulande 50 Hertz. Wenn man diesen Strom durch einen Lautsprecher fließen lassen würde, würde aus dem Lautsprecher ein tiefer Ton kommen. Dieser Ton ist den meisten Rockmusikern als nervendes **Netzbrummen** bekannt und entsteht dadurch, dass Netzkabel eben um sich herum ein wechselndes Magnetfeld erzeugen und dieses Magnetfeld im benachbarten Audiokabel wieder einen Wechselstrom induziert, welcher dann auf der Anlage zu hören ist. Aber das ist ein anderes Thema und auf dieses Gebrummel werden wir später nochmals zurückkommen.



Nun gehen wir dem Jack-Kabel nach durch die Klinkenbuchse in die Gitarre. Die Volume- und Tonregler lassen wir mal weg, dann sind wir wieder bei diesen komischen Dingern mit den Nägeln, den Tonabnehmern. Hier drinnen müssen also die Elektronen geschüttelt werden, und zwar jene Elektronen in jenem Kupferdraht, der um diesen Tonabnehmer gewickelt ist. Dieser herumgewickelte Draht wird **Spule** genannt. In dieser Spule ist ein Magnetfeld in Form eines Stabmagneten – eben diese ominösen Nägel. So lange sich die Stärke dieses Magnetfeldes nicht ändert, wird in der Spule auch keine Spannung induziert, sprich, die Elektronen werden nicht durchgeschüttelt. Mit einem beweglichen, magnetisierbaren Metallteil jedoch kann man Bewegung in die Sache bringen. Und was bewegt sich da über dem Tonabnehmer und ist aus Metall? Richtig, eine Stahlsaite. Ja, solche Saiten bewegen sich, ja sie wackeln auch hin und her. Man sagt, sie schwingen. In welcher Frequenz sie schwingen, hängt davon ab, wie lang die Saite ist und wie stark sie gespannt ist. Wenn Du mal wissen willst, wie eine schwingende Saite aussieht, pack deine Gitarre aus, spann Saiten drauf (falls es noch keine drauf hat), schalte den Fernseher oder Computerbildschirm an, schlage eine Saite an und halte sie vor den

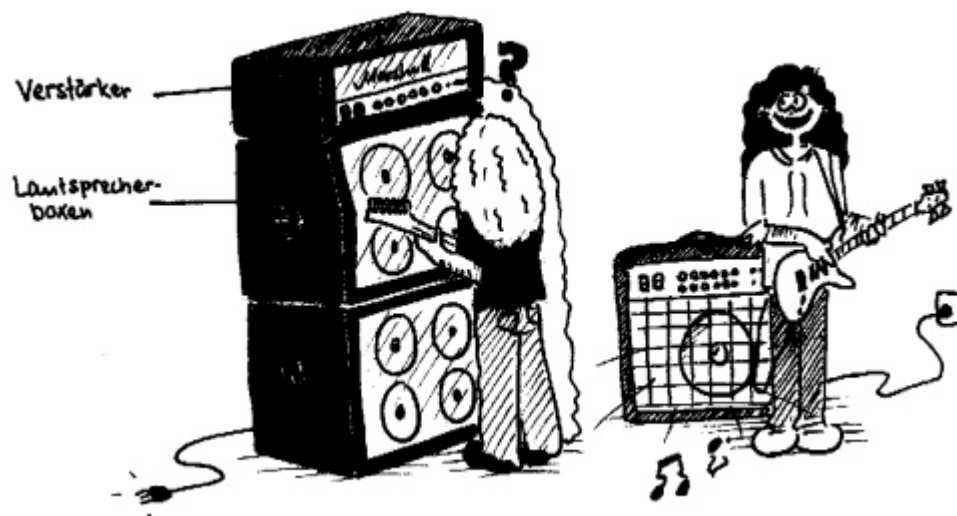
Monitor. Da das Bild auf der Glotze ständig erneuert wird, siehst Du dann die Saite im Zeitlupentempo schwingen. Cool, was?

Bau eines Tonabnehmers (SingleCoil)



Nun weißt Du, dass die Saite im Tonabnehmer das Magnetfeld ändert, damit die Elektronen in Schwingung versetzt, welche wiederum den Magneten im Lautsprecher durchschüttelt und damit die ganze Lautsprechermembran, welche die Luft anschiebt, damit diese an deinen Ohren rüttelt und Du den Ton wahrnehmen kannst, so fern Du noch gut hörst. Aber wieso das lauter sein soll, ist immer noch nicht geklärt, denn schliesslich bleibt bei dieser ganzen Umwandlerei dauernd etwas Energie auf der Strecke.

Um das Signal zu verstärken, muss also irgendwo Energie zugeführt werden. Das Geheimnis des Verstärkens liegt in diesen schweren Kisten, die die Gitarristen mit sich herumschleppen (besonders faule Musiker lassen sie auch von anderen herumtragen), nämlich den **Verstärkern**, englisch Amplifier und kurz Amp.



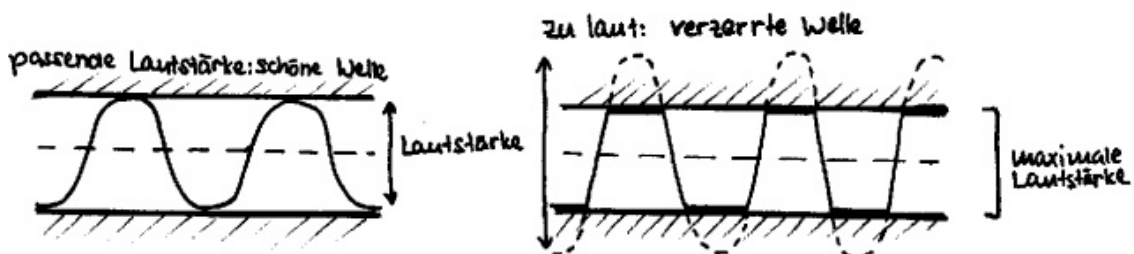
Man hat also einen Strom, der die Richtung wechselt und muss den irgendwie dazu kriegen, noch stärker hin und her zu fließen. Man muss ihm also noch einen Schub geben und zwar in regelmässigen Abständen, nämlich mit der gleichen Frequenz wie die Frequenz des bereits vorhandenen Stromes. Doch diese Frequenz ist nicht immer die gleiche, denn ein Gitarrenklang besteht aus verschiedenen Frequenzen, die sich überlagern, und manchmal wird leise gespielt, manchmal lauter und schliesslich spielt man ja verschiedene Töne. Also muss ein System her, das die Frequenz misst und die Energie dementsprechend zuführt. Es gibt dazu elektrische Schaltungen, die das können, eine davon ist die Elektronenröhre, welche etwas ähnlich aussieht wie eine Glühbirne. Heute ist die Röhre von den Transistoren beinahe verdrängt worden, denn Transistoren sind pflegeleichter, halten länger und sind viel kleiner. In einer Röhre hat es einen Glühdraht wie in einer Glühbirne. Wenn

dieser Draht glüht, wird es den Elektronen dort drin zuviel (etwas salopp ausgedrückt) und sie verlassen den Draht. Um den Glühdraht herum hat es eine positiv geladene Metallplatte, welche die negativ geladenen Teilchen anzieht. Somit fließt also ein Strom vom Glühdraht zu dieser Platte. Dazwischen aber hat es bei den so genannten Röhrentrioden ein Gitter, durch das auch ein Strom fließt. Der eine Strom beeinflusst den anderen ziemlich stark. Eine kleine Änderung des einen Stromes löst im anderen Strom eine grosse Änderung aus – das nennt man dann Verstärkung. Röhren werden von vielen Gitarristen bevorzugt, weil sie scheinbar dynamischer, wärmer und druckvoller klingen. Aber dafür müssen diese Röhren alle paar Jahre mal ausgetauscht werden und gehen leicht kaputt. Röhrenverstärker sind auch doppelt so teuer wie entsprechende Transistorverstärker.



Nun kommen wir zum Lieblingsthema der meisten Rockgitarristen, dem **Verzerren**. Verzerrung ist auch etwas Typisches für E-Gitarren. Früher, als Gitarristen ihr Publikum alleine über ihre Bühnen-Verstärker (und natürlich die dazugehörigen Lautsprecherboxen) erreichen mussten, wurden diese Verstärker recht laut aufgedreht, manchmal auch mehr, als es ging, und der Nebeneffekt dabei war, dass es den Klang verzerrte. Rockgitarristen finden natürlich alles cool, was schrecklich klingt und deshalb begannen sie, ihre Verstärker extra zu überlasten. Und wem das nicht gelang, der besorgte sich irgendwo einen Bodentreter mit einem zusätzlichen Verstärker (diese Effektgeräte nennt man Booster), welcher die Verstärker-Endstufe überlasten sollte. Später wurden solche Zerrsounds dann digitalisiert und nachgebildet und sind heute in jedem E-Gitarrenladen in kleinen Kästchen verpackt, mit Fusschaltern und Reglern versehen, bunt angemalt zu bekommen und tragen die verrücktesten Namen.

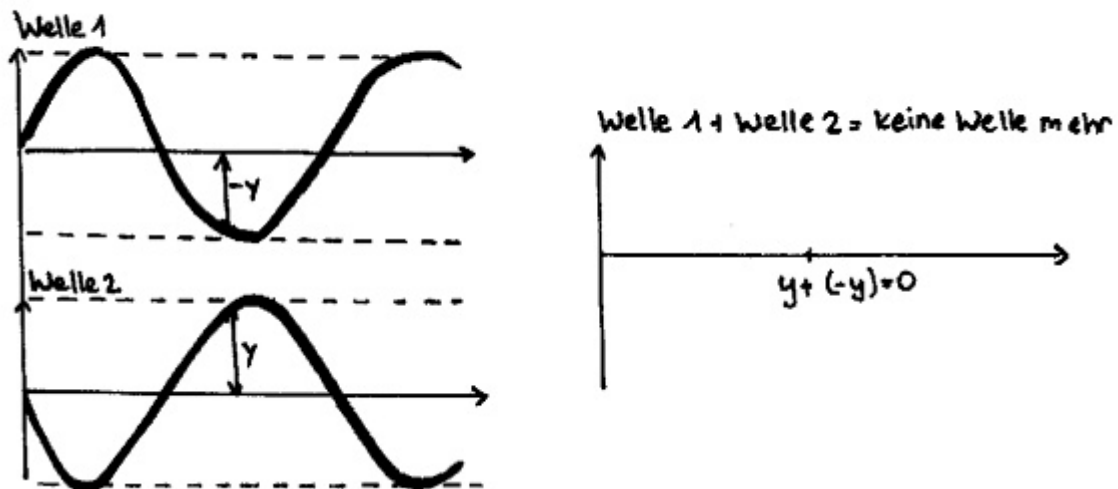
Verzerrung:



Aber lass uns nochmals zurück zu den Tonabnehmern kommen, denn diese tragen auch viel zum Klang bei. Da gibt es zum Beispiel den Einspuler (englisch **Single Coil**), welcher aus einer Spule besteht. Bei Gitarren von Fender und deren Nachahmungen ist dieser Tonabnehmer wohl am meisten anzutreffen. Dieser Tonabnehmer hat aber einen Nachteil: Er brummt! Wie war das noch mal mit dem

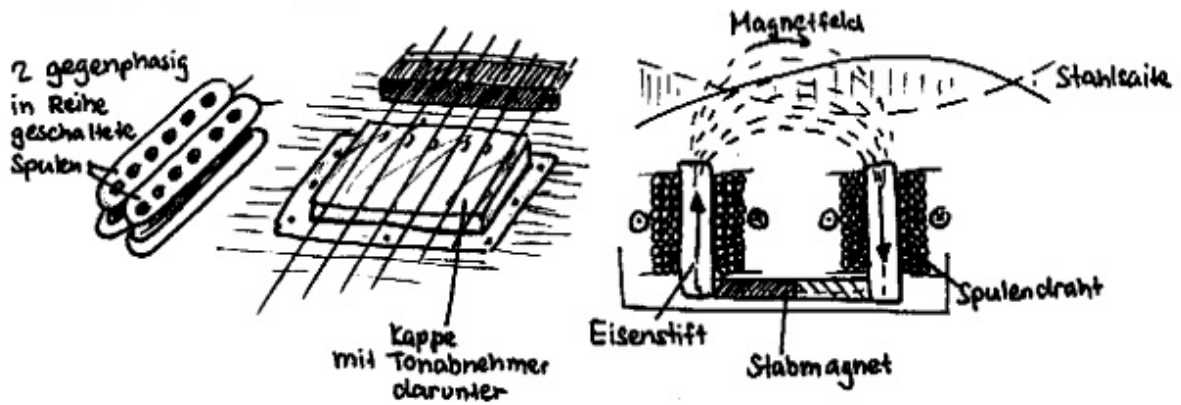
Netzbrummen? Durch Netzkabel, Netzgeräte, vor allem aber auch Monitoren und Leuchtstoffröhren (überall da, wo ein Wechselstrom fließt) entstehen Magnetfelder. Dazu kommen noch Magnetfelder von Radiosendern, Handys etc. So mancher hat schon aus seinem Gitarrenverstärker Radiosignale gehört, weil seine Ausrüstung schlecht abgeschirmt ist. Diese Magnetfelder induzieren nicht nur in schlecht abgeschirmten Kabeln Störströme. Denn der Tonabnehmer darf ja nicht völlig gegen Magnetfelder abgeschirmt sein, sonst funktioniert die Tonabnahme ja nicht. Hier macht man sich eine weitere physikalische Eigenschaft von Schallwellen zunutze: Werden zwei gleiche Wellen zusammengezählt, sprich überlagert, gibt es eine Welle, die doppelt so stark ist. Spiegelt man die eine Welle, oder besser gesagt man polt sie um, dann ist das Ergebnis keine Welle mehr, dann ist alles stumm.

Auslöschung von Wellen:



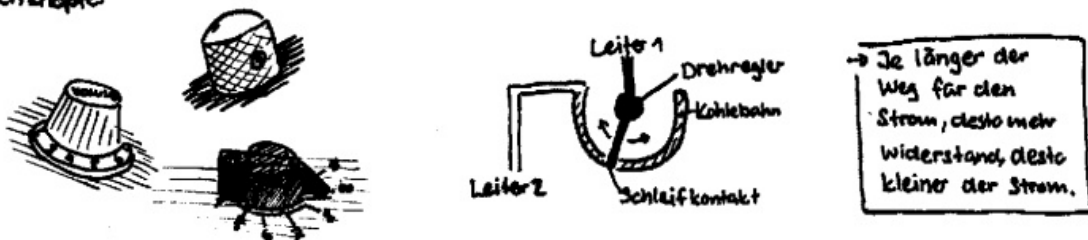
Also muss man dafür sorgen, dass die Störungen einfach kopiert und dann umgepolt werden. Das erreichte man mit dem Bau von doppelspanigen Tonabnehmern, den sog. **Humbuckern** (englisch: Brummhemmer). Da diese beiden Spulen nicht genau nebeneinander liegen, entsteht der Nebeneffekt, dass Töne mit einer bestimmten Wellenlänge ebenfalls ausgelöscht werden und das betrifft vor allem hohe Töne. Deshalb klingen Humbucker eher breiter und fetter und nicht so dünn und höhenreich wie Single Coils. Für Gitarristen, die keinen fetten Sound wollen, wurden extra Brummhemmende Einspuler hergestellt, man kennt sie unter dem Begriff Noiseless Pick Ups. Diese Einspuler sind eigentlich keine Einspuler, es sind vielmehr zwei übereinander angeordnete Spulen. Anfangs waren diese Tonabnehmer noch etwas leise und undynamisch, aber mit der Zeit hat sich das auch etwas gebessert. Das wär's zu den Tonabnehmern. Jetzt bleibt eigentlich nur noch etwas: Die Tonregler – und dann haben wir die Gitarrenelektrizität hinter uns;-)

Bau eines Humbuckers:



Ein Volumeregler regelt die Lautstärke, indem er die Stromstärke regelt. Wenn Du willst, dass weniger Strom fließt, musst Du dem Strom einfach etwas in den Weg stellen, nämlich einen Widerstand. Und da Gitarristen in den meisten Fällen nicht daran interessiert sind, jedes Mal wenn sie die Lautstärke ändern wollen, die Gitarre aufzuschrauben, um Widerstände hineinzulöten und wieder rauszureissen, wurden regelbare Widerstände erfunden, an denen man drehen kann und diese nennt man Potentiometer oder kurz auch Poti. Durch das Drehen wird der Leiter verkürzt oder verlängert und somit ändert der Widerstand.

Drehknöpfe:



Eigentlich gar nicht so kompliziert, diese Gitarrenphysik, oder? Ich hoffe, Du hast jetzt verstanden, wie der Hase... besser gesagt die Gitarre läuft und kannst es allen stolz weitererzählen. Wenn nicht, lies einfach nochmals alles brav durch.

Ach ja, etwas habe ich vergessen: Ich habe schon oft gehört, dass E-Gitarren elektronische Gitarren seien. Das gibt es zwar auch, aber bei der Gitarre die ich beschrieben habe, sind alle Schaltungen mechanisch und damit ist die Gitarre nichts weiter als elektrisch – halt eben eine **Stromgitarre**.



ZUSAMMENFASSUNG:

Die schwingenden Saiten beeinflussen ein Magnetfeld, dadurch wird in einer Spule eine Wechselspannung induziert. Die Wechselspannung erzeugt ein wechselndes Magnetfeld, welches einen Dauermagneten und damit die Membran des Lautsprechers in Schwingungen versetzt. Die Membran bewegt die Luft und es entstehen Schallwellen.

© by R 2006