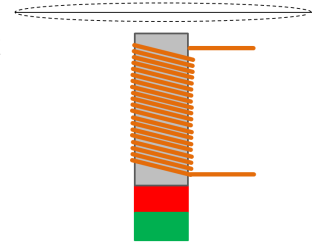


Die E-Gitarre ist seit den 1950er Jahren aus der Musik nicht mehr wegzudenken. Vor allem die Rockmusik basiert auf den elektrisch verstärkten und verzerrten Klängen dieser Instrumente. **Tonabnehmer** (engl. Pickups) wandeln bei der E-Gitarre die mechanischen Schwingungen der Saiten in ein elektrisches Signal um. Sie sind nach einem einfachen **Prinzip** aufgebaut:

Ein Stahlstift ist mit einem dünnen lackierten Kupferdraht umwickelt und wird von einem Magneten magnetisiert (alternativ befindet sich in der Spule ausschließlich ein zylindrischer Dauermagnet). Eine über dem Stift schwingende Saite aus ferromagnetischem Material verändert periodisch das Magnetfeld im Stift, sodass in der Spule ein der Saitenschwingung entsprechendes Signal induziert wird.

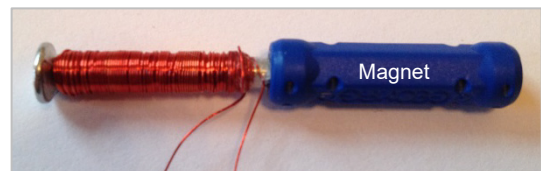
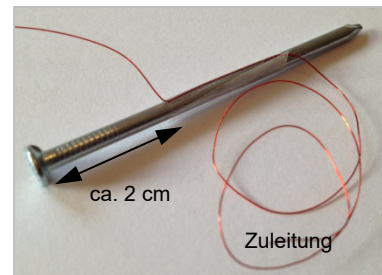


Material

- großer Stahl Nagel (z. B. 2,8 mm x 64 mm)
- lackierter Kupferdraht (Durchmesser ca. 0,3 mm, Länge mehrere Meter)
[Hinweis: je dünner der Draht, desto schwieriger ist die Spule zu wickeln, aber umso besser ist die Funktion]
- starker Magnet, z. B. aus einem Magnetkonstruktionskasten
- Sekundenkleber, Metallsäge
- Verstärker mit Kabeln/Adaptoren (alternativ: NF-Verstärker mit Lautsprecher)
- Oszillograph
- Gitarre oder gespannte Stahlseile

Aufbau

- Befestige den Draht mit etwas Klebefilm ca. 2 cm vom Nagelkopf entfernt. Mindestens 10 cm Draht werden als Zuleitung benötigt, der Rest muss Richtung Nagelkopf weisen.
- Nun wird der Draht möglichst fest und dicht um den Nagel gewickelt. Hat die erste Wicklung den Nagelkopf erreicht, folgt darüber die nächste Wicklung vom Nagelkopf weg. Am bestens wickelt man zu zweit: Einer dreht den Nagel, der andere führt den Draht ohne Knicke und Knoten zu. Mehr Schichten erzeugen ein stärkeres Signal, es sollten mindestens vier Lagen sein.
- Nach jeder Drahtschicht und zum Schluss fixierst du die Wicklungen mit einem Tropfen Sekundenkleber. **Vorsicht! Flüssigen Kleber nicht auf die Haut bringen und Dämpfe nicht einatmen!**
- Ist die Spule fertig, spannst du das freie Ende des Nagels in einem Schraubstock (oder in einer Schraubzwinge) ein und sägst den Nagel möglichst gerade in der Nähe der Spule ab. An das abgesägte Ende (s. Abb.) kommt nun der Magnet.



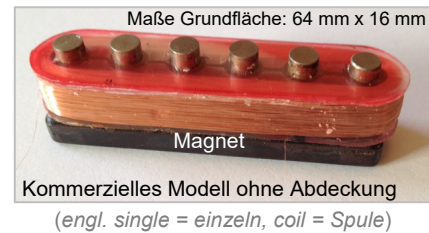
Durchführung, Arbeitsaufträge

- (1) Kratze den Lack von den beiden Enden des Kupferdrahtes ab und schließe den Tonabnehmer mithilfe von Adaptern an einen Verstärker an. Wenn du mit dem Fingernagel über den Nagelkopf kratzt, sollte dies im Lautsprecher zu hören sein.
- (2) Nimm nun mit dem Tonabnehmer die Schwingung einer Gitarrensaite¹⁾ auf. Dabei kannst du nicht nur das Signal mithilfe des Verstärkers wiedergeben, sondern unter Verwendung eines Oszillographen auch grafisch darstellen. Probiere dies aus.

¹⁾Falls du eine akustische Gitarre hast, funktioniert das nur mit den drei stahlumwickelten Saiten (warum?).

(3) Finde Gegenstände aus Eisen bzw. Stahl, die man in Schwingung versetzen kann (z. B. Papierkorb, Kleiderbügel, Metallrohr, Backblech ...) und nimm diese Schwingungen mit dem Tonabnehmer unter Verwendung eines Oszillographen oder Verstärkers auf.

(4) Ein **Single-Coil-Tonabnehmer** ist z. B. wie nebenstehend abgebildet aufgebaut: Für eine 6-saitige Gitarre sind insgesamt sechs Stahlstifte gemeinsam von einer Spule umgeben und stehen auf einem entsprechend langen Magneten. Hohlräume werden mit Wachs ausgefüllt, zur Stabilität und um ungewollte mechanische Schwingungen (→ Mikrofonie) zu dämpfen.

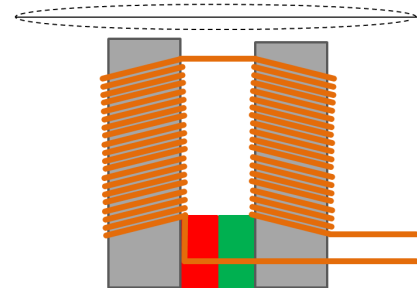


(Alternativ befinden sich in der Spule ausschließlich sechs zylindrische Dauermagnete.)

- Gib mit Begründung an, wie der lange Magnet orientiert sein muss.
- Erläutere, welchen Einfluss Geräte, die elektromagnetische Wechselfelder erzeugen (z. B. welche?), auf einen in der Nähe befindlichen Tonabnehmer haben.

(5) **Humbucker** bestehen aus zwei zusammengesetzten Single-Coil-Tonabnehmern.

- Die Abbildung rechts zeigt den schematischen Aufbau eines Humbuckers. Überlege dir die magnetischen Polungen in den beiden Stahlstiften sowie die Wicklungsrichtungen der beiden Spulen. Erläutere damit, ob die von einer schwingenden Saite verursachten Signale in den beiden Spulen gleichphasig oder gegenphasig sind; gehe auch auf die Konsequenz für das **Saitensignal** ein.



- Störsignale**, die nicht durch die Saite erzeugt, sondern durch Elektromog in den Spulen induziert werden, werden in dieser Schaltung nahezu ausgelöscht. Erläutere, wie es zu diesem Unterschied zwischen Saitensignal und Störsignal kommt.

(Tipp: Überlege dir, wie die Magnetfeldänderungen durch die extern erzeugten veränderlichen Magnetfelder in den beiden Spulen aussehen.)



(6) Recherchiere, welche Typen von E-Gitarren es prinzipiell gibt und welche üblicherweise Single-Coils, Humbucker oder aktive Humbucker verwenden.

Hinweise, Literatur und Links

Nebenstehende Abbildung zeigt eine E-Gitarre, die in einem Technik-Wahlkurs gefertigt wurde. Beim Bau war der Weg das Ziel: ca. 7000 Windungen eines Drahtes mit einem Durchmesser von 0,05 mm (dünner als ein normales Haar!) wurden um sechs Dauermagnete (Durchmesser 0,5 cm, Länge 2 cm) gewickelt. Hierfür wurde zur Rotation der Spule zuerst ein Plattenspieler verwendet; im Weiteren kamen dann aber LEGO®-Motoren (geringerer Zeitaufwand, zusätzl. Führung des Drahtes „links-rechts“) zum Einsatz.

Th. Wilhelm, L. Leußner: Der Tonabnehmer der E-Gitarre im Unterricht, PdN PHYSIK in der Schule, 7/61, S. 34ff, 2012

Prof. Dr.-Ing. Manfred Zollner: Physik der Elektrogitarre, 2014; Hinweise und pdf-Download unter

<https://gitec-forum.de/GitecWP/gitec-knowledgebase/>

Animationen zur zeitlichen Änderung der Magnetflussdichte für Magnet und Saite bei Singlecoil- und Humbucker-Tonabnehmer siehe <https://gitec-forum.de/GitecWP/tonabnehmer/>

Private Website „CCInfo“ von Christian Caspari, Abschnitt E-Gitarre:

www.elektronikinfo.de/audio/elektrogitarre.htm

Gitarren ABC - Alles über E-Gitarren (Gitarre&Bass Special), MM-Musik-Media-Verlag, März 2014

