

Induktion und Transformator

Jessica Saalfrank, SS 11

Gliederung

1	Die Lorentz-Kraft	1
2	Induktion durch Bewegung	2
3	Induktion durch Änderung der Magnet-Feldlinien	2
4	Der Transformator	3

Einstieg: Wie wird eine elektrische Zahnbürste aufgeladen? Sie hat keine Kontakte wie das Telefon und dessen Lade-Station und nass wird sie auch. Ist das eine Art WLAN Strom-Übertragung?

1 Die Lorentz-Kraft

Die Lorentz-Kraft ist die Kraft, die ein magnetisches Feld auf Ladungsträger in diesem Fall Elektronen ausübt.

Die drei Finger-Regel der linken Hand wird auch Uvw – Regel genannt. Die Ursache ist in diesem Fall die Bewegung wird durch den Daumen symbolisiert. Der Mittel-Finger steht zum Daumen senkrecht. Er steht für die Vermittlung als das Magnetfeld. Er zeigt in Magnetfeld-Richtung (von N nach S). Die Wirkung ist hier Stromfluss. Auf den bewegten Leiter im Magnetfeld wirkt die Lorentz-Kraft die die Elektronen in eine Richtung schiebt. Befindet sich der Leiter in einem geschlossenen Stromkreis ist eine Spannung am parallel geschalteten Mess-Gerät ablesbar. Die Richtung der Bewegung zeigt der in 90° ab gespreizte Mittel-Finger. Funktioniert auch mit Stromfluss als Ursache. Es resultiert Bewegung des Leiters.

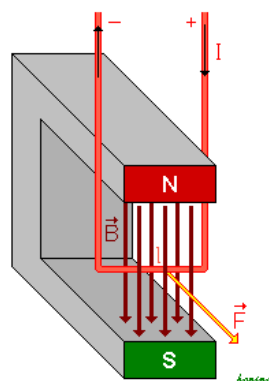


Abb. 1: Leiter-Schaukel [6].

2 Induktion durch Bewegung

Nach dem eben erklärten Prinzip des bewegten Leiters im Magnetfeld der Spannung induziert, wird z. B. der Akkumulator einer Schüttel-Taschenlampe aufgeladen. Ein Permanent-Magnet durchsetzt die Spule senkrecht mit einem Magnetfeld durch Schütteln also Bewegung wird Strom induziert. Bsp.: Induktionstaschenlampe.



Abb. 2: Induktionstaschenlampe [7].

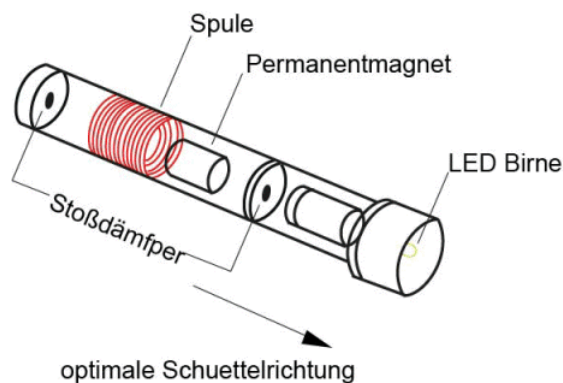


Abb. 3: Aufbau einer Schüttel-Lampe [2].

Anstatt dem einem kurzen Leiter wird ein langer Kupfer-Draht zu einer Spule gewickelt. Ein Dauer-Magnet durchsetzt die Spule senkrecht mit einem Magnetfeld und durch Schütteln also Bewegung der Taschenlampe wird Strom induziert. Die Induktion findet nur statt, wenn sich die magnetischen Feldlinien innerhalb der Spule ändern. Die induzierte Spannung ist Wechselspannung bevor der Akku damit aufgeladen wird, wird eine Diode als Gleichrichter zwischengeschaltet, die ihr noch vom letzten Vortrag kennen solltet. Hier wird durch Bewegung Induktionsspannung induziert, man nennt das Induktion erster Art.

3 Induktion durch Änderung der Magnet-Feldlinien

Da in der Zahnbürste während des Lade-Vorgangs keine Bewegungen stattfinden, betrachtet man das Netzteil. Es enthält ebenso wie die Zahnbürste eine Spule die als so genannte Primär-Spule fungiert. Wird Spannung angelegt entsteht ein Magnetfeld, ein Eisen-Kern verstärkt dies. Das Magnetfeld streut auch in die Spule der Zahnbürste, die so genannte Sekundär-Spule. Die elektromagnetischen Feldlinien stehen punktuell senkrecht zur Spule. Die Lorenz-Kraft wirkt auf die Elektronen, es wird Spannung induziert. Die Induktion wirkt immer ihrer Ursache entgegen. Deshalb braucht man eine kontinuierliche Änderung des Magnetfeldes. Das Netzteil wird am Stromnetz mit 230 V und 50 Hz angeschlossen, also an Wechselstrom. 50 Hz bedeutet die Strom-Richtung und somit auch die Magnetfeld-Richtung in der Spule ändert 50 Mal pro Sekunde seine Richtung.

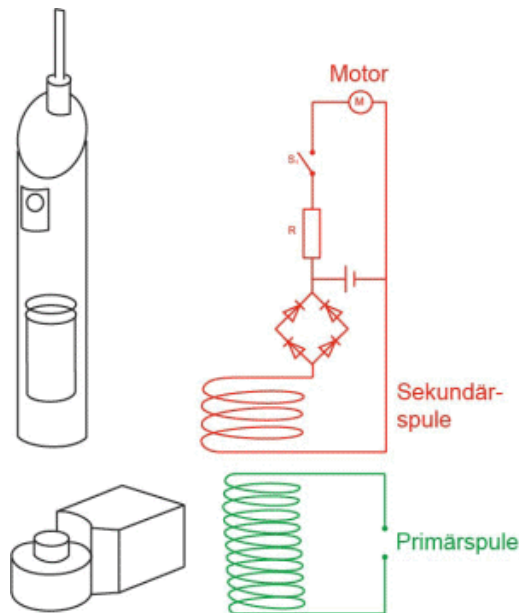


Abb. 4: elektrische Zahnbürste [2]

4 Der Transformator

In der elektrischen Zahnbürste ist aber sicher kein 230 V-Wechselspannungsakkumulator, sondern ein „Akku“ geringerer Gleichspannung. Um das zu realisieren betrachten wir den Transformator, der genau das Prinzip der Primär- und Sekundär-Spule und sozusagen "Übertragung" durch Induktion verwendet. Ein Transformator besteht ebenso aus Primär und Sekundärspule, also 2 Spulen mit unterschiedlichen Windungszahlen.

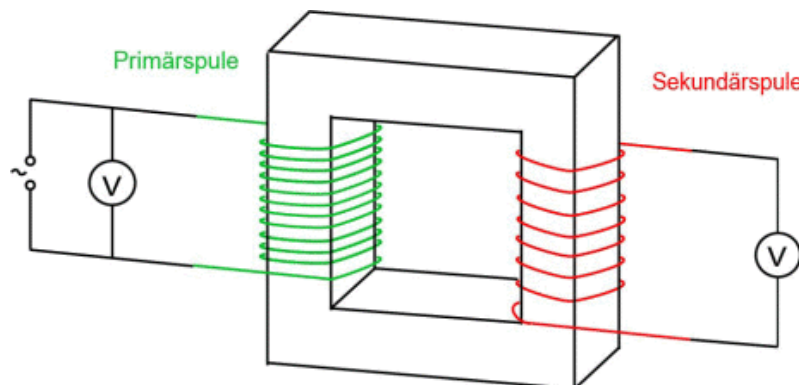


Abb. 5: Transformator-Prinzip [2].

Der im Experiment verwendete Transformator ist ein in der Schule gebräuchlicher Modell-Transformator mit austauschbaren Spulen.

Experiment: Funktion des Transformators

Material:

- U-förmiger Weicheisen-Kern
- Spulen mit folgenden Windungszahlen:
1x 300
1x 600
1x 1.200
- Strom-Messgerät
- Netz-Gerät
- gerader Weicheisen-Kern

Durchführung: Primär- und Sekundär-Spule werden auf den U-förmigen Eisen-Kern gesteckt und der Weicheisen-Block als Joch darübergelegt. Die Primär-Spule hat 600 Windungen an ihr werden 10 V Spannung angelegt. Die Sekundär-Spule beträgt ebenso

600 Windungen. Durch die angelegte Spannung wird in der Primär-Spule ein Magnetfeld induziert welches in die Sekundär-Spule übertragen und vom Weicheisen-Kern verstärkt wird. Das Magnetfeld induziert Stromfluss in der Sekundär-Spule, jetzt wird hier die Spannung gemessen und in eine Tabelle eingetragen (Tab. 1).

Man ersetzt die Sekundär-Spule durch eine Spule mit 300 und 1.200 Windungen und verfahren so wie eben beschrieben.

Beobachtung: Man beobachtet einen Zusammenhang zwischen Windungszahl und Spannung. Um diesen besser beschreiben zu können, berechnen wir die Verhältnisse. Tab. 1.

Interpretation: Die Sinus-Spannung „ U_1 “ an der Primär-Wicklung ist Ursache für den Spulen-Strom „ I_1 “. Der Strom erzeugt im Kern den magnetischen Fluss Φ . Der Magnetfluss durchsetzt die Sekundär-Spule und induziert die Selbstinduktionsspannung „ U_2 “. Betrachten wir den Idealen Transformator und gehen davon aus, dass der magnetische Fluss in beiden Wicklungen gleich groß ist (Die Fläche der Drähte Identische die Transformatorarten-Hauptgleichung uneingeschränkt für beide Wicklungen gilt)

So ist die Leerlauf-Spannung der Sekundär-Spule direkt proportional zur Windungszahl.

$$U_1 = N_1 * \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \leftrightarrow U_2 = N_2 * \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Spannungsverhältnis: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \ddot{u}$

N_2	U_2 (gerundet)	U_1/U_2	N_1/N_2
300	5 V	10 V / 5 V	600 / 300
600	10 V	10 V / 10 V	600 / 600
1200	20 V	10 V / 20 V	600 / 1.200

Tab. 1: Transformator-Experiment

Durch elektronisch gesteuerte Bauteile wird die Netz-Spannung bereits in den Netzteilen heruntertransformiert. Für die elektrische Zahnbürste gilt also am Netzteil 10 V / 5 A und 600 Windungen, der in der Zahnbürste enthaltene Akku ist für 1,2 V ausgelegt.

Wir berechnen die Windungszahl in der Zahnbürste wie folgt:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$N_2 = \frac{U_2}{U_1} * N_1$$

$$N_2 = \frac{1,2 \text{ V}}{10 \text{ V}} * 600$$

$$N_2 = 72$$

Zusammenfassung: Der Akku einer Elektrischen Zahnbürste wird also durch so genannte Induktion 2. Art also Induktion durch Änderung des Magnetfelds aufgeladen. Gleichzeitig funktionieren Primär und Sekundär-Spule zusammen nach dem Prinzip eines Transformators, der auch Spannungswandler genannt wird. Die Spannung hängt nach dieser Gesetzmäßigkeit mit den Windungen zusammen.

Nicht nur die elektrische Zahnbürste arbeitet mit Transformatoren auch Mikrophone, Lautsprecher, Klingeln usw. funktionieren mittels Induktion.

Quellen:

1. Christian Hörter, Physik 9. Realschule. Bayern. Wahlpflichtfächergruppe 1, Cornelsen Verlag GmbH, Nürnberg, Januar 2003
2. http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/Physik_Im_Alltag_051124.pdf, 21.01.2011
(Quelle verschollen, 15.07.2020)
3. <http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/projekte/helmholtz/>; 20.01.2001
(Quelle verschollen, 15.07.2020)
4. <http://www.mnu.de/concepta/download.php?datei=250&myaction=save>; 21.01.2011
(Quelle verschollen, 15.07.2020)
5. P. Tipler A. Moska, Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, 2008, Spektrum Verlag
6. Leiterschaukel: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lorentzkraft-graphic-part2.PNG?uselang=de>; Urheber: drawn by Honina; edited by Head & Scdhönitzer; Lizenz: „[Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 nicht portiert](#)“; 15.07.2020
7. Induktionstaschenlampe: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_induction_flashlight.jpg?uselang=de; Urheber: Chetvorno; Lizenz: gemeinfrei; 15.07.2020