

# Schüleraufbautransformator

[ Schüleraufbautransformator\_neu.doc ]



## Einleitung

Schüler können selbstständig Versuche zu den Themen Induktion und Kräfte in magnetischen Feldern durchführen. Das System verfügt über folgende Teile, die Sie nach Belieben selbst zusammenstellen können. Alle Teile sind einzeln zu beziehen.

Bezeichnung	Best.-Nr.
Spule, 200 Wdg. (blau), 2 A max, $R=0,7 \Omega$ , $d=0,9 \text{ mm}$ , $680 \mu\text{H}$	114.2026
Spule, 400 Wdg. (gelb), 1 A max, $R=2,3 \Omega$ , $d=0,65 \text{ mm}$ , $2,75 \text{ mH}$	114.2027
Spule, 600 Wdg. (grau), $0,75 \text{ A max}$ , $R=4,3 \Omega$ , $d=0,56 \text{ mm}$ , $2,75 \text{ mH}$	114.2028
Spule, 800 Wdg. (grau), $0,5 \text{ A max}$ , $R=9,5 \Omega$ , $d=0,45 \text{ mm}$ , $10,6 \text{ mH}$	114.2029
Spule, 1600 Wdg. (rot), $0,25 \text{ A max}$ , $R=33,3 \Omega$ , $d=0,34 \text{ mm}$ , $42,3 \text{ mH}$	114.2030
Spule, 3200 Wdg. (grau), $0,125 \text{ A max}$ , $R=146 \Omega$ , $d=0,22 \text{ mm}$ , $165 \text{ mH}$	114.2031
Spule, 200/400 Wdg. (grau), 1 A max, $R=2,3 \Omega$ , $d=0,65 \text{ mm}$	114.2032
Spule, 300/600 Wdg. (grau), 300/600 Wdg., $0,75 \text{ A max}$ , $R=4,3 \Omega$ , $d=0,56 \text{ mm}$	114.2033
U-Kern mit Joch, geblättert	114.2035
I-Kern, geblättert	114.2034
E-Kern mit Joch, geblättert	114.2036
Galvanometerzusatz	114.2037
Magnetfeldtafel	114.2038

Zusätzlich zu den Kernen und Spulenkörpern werden - je nach durchzuführendem Versuch - folgendes Material zusätzlich benötigt:

- Galvanometer
- Voltmeter (AC)
- Amperemeter (AC)
- Oszilloskop
- Netzgerät (AC / DC)
- Stabmagnete
- Federn mit geringer Federkonstante
- Magnetnadel (Kompass)
- Eisenfeilspähne
- Stativmaterial

Es lassen sich grundlegende Versuche zum Elektromagnetismus durchführen. Die Wicklungsrichtung ist auf der Oberseite der Spulen durch einen Pfeil markiert. So lässt sich die Beziehung zwischen der Stromrichtung und dem magnetischen Feld eindeutig zuordnen (Abb.1).

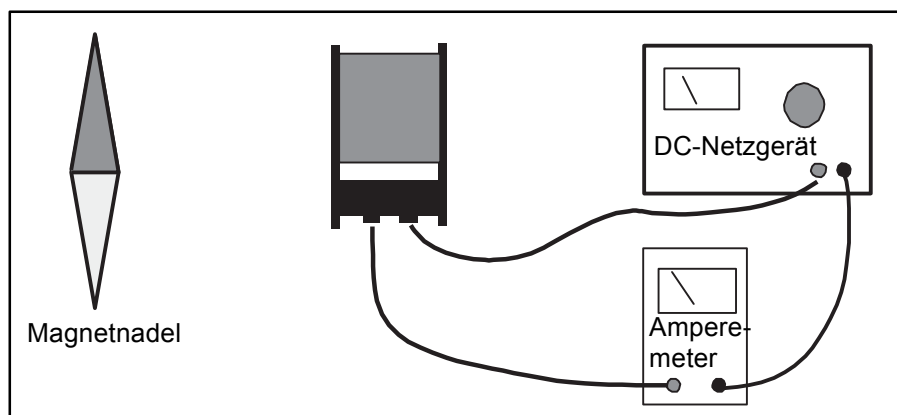


Abb. 1

Bewegen Sie einen Stabmagneten in einer Spule, so wird ein Strom induziert, der sich mithilfe eines Galvanometers anzeigen lässt. In Abhängigkeit der Bewegungsrichtung wechselt das Vorzeichen des Induktionsstromes. Ist der Magnet in Ruhe, fließt kein Strom. Beobachten Sie den Effekt bei unterschiedlich schnell bewegten Magneten (Abb. 2).

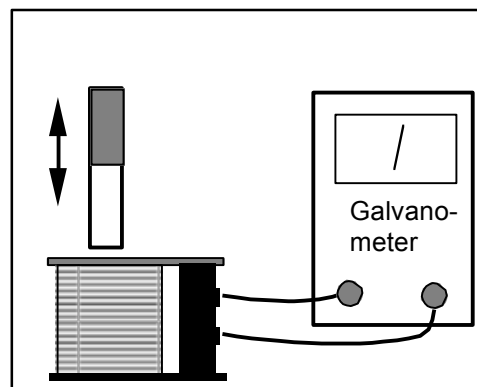


Abb. 2

Dieser Versuch lässt sich mit Spulen unterschiedlicher Windungszahlen wiederholen.

Ein weiterer klassischer Versuch zur Untersuchung wechselnder Magnetfelder ist die Transformation von Wechselspannungen mit zwei Spulen und einem U-Kern (Abb. 3).

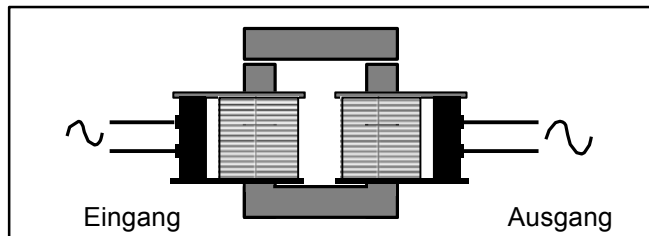


Abb. 3

Dieser Versuch kann mit Spulen unterschiedlicher Windungszahl wiederholt werden. Es lassen sich so die Phänomene Selbst- und Gegeninduktion untersuchen.

In einem weiteren Versuch, werden jeweils ein Magnet an einer Feder befestigt, die in zwei elektrisch gekoppelte Spulen eintauchen. Dies ist eine klassische Demonstration von elektromagnetischen Effekten in Verbindung mit harmonischen Schwingungen (Abb. 4).

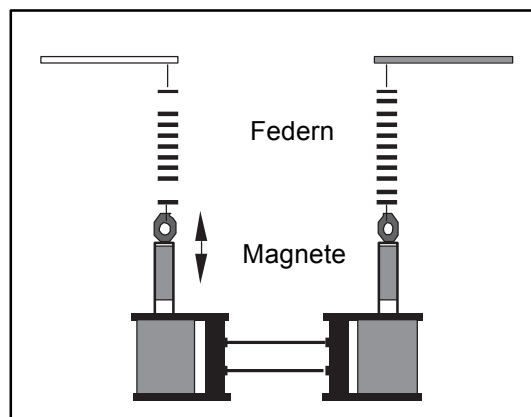


Abb. 4

**Versuche**

**Eigenschaft des magnetischen Feldes eines Elektromagneten**

Mithilfe von Spulen und einer Gleichspannungsquelle (Gleichspannungsnetzgerät oder Batterien) lässt sich ein magnetisches Feld erzeugen. Drei Versuche zu diesem Thema sind im Folgenden beschrieben.

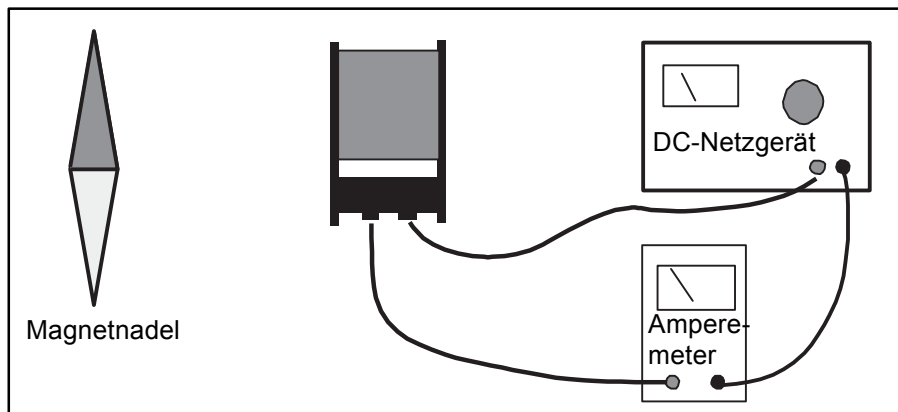


Abb. 5

Verbinden Sie eine Gleichstromversorgung mit der Spule. Achten Sie bei Verwendung eines Netzgerätes auf die maximal zulässige Strombelastung des Spulendrahtes. Die Werte finden Sie auf Seite 1 in der Übersichtstabelle. Ein in der Nähe der Spule befindlicher Kompass zeigt die Richtung des Magnetfeldes an. Der Windungsorientierung der Spule ist auf der Oberseite des Spulenkörpers eingeprägt (Abb. 6). Der Schüler kann den Zusammenhang zwischen Magnetfeldrichtung, Windungsorientierung und Stromrichtung herleiten.

Eine weitere Möglichkeit ist die Untersuchung folgender Fragestellung: Welcher Strom durch wie viele Windungen ist notwendig, um ein Magnetfeld zu Erzeugen, dass dem des Erdmagnetfeldes entspricht. Besonderheiten zum Versuchsaufbau werden hier dem Lehrer und den Schülern überlassen.

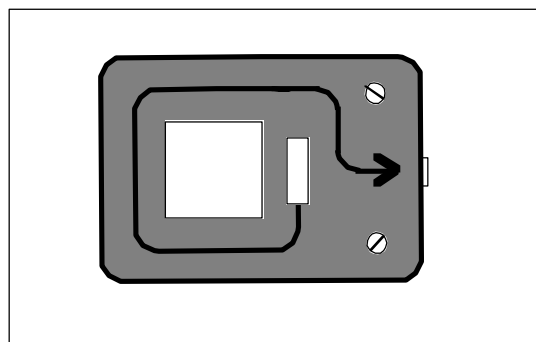


Abb. 6

Abbildung 7a und 7b zeigen die Spule mit ihren Feldachsen parallel zur Tischoberfläche. Die Magnetfeldtafel 114.2038 oder einfach ein Stück zurechtgeschnittener Karton wird so in die Spule eingebracht, dass eine Ebene, die die Spule allseits umgibt, entsteht. Nun wird Eisenpulver auf die Magnetfeldtafel aufgestreut. Nach Anlegen einer Gleichspannung ordnet sich das Eisenpulver entlang der magnetischen Feldlinien aus.

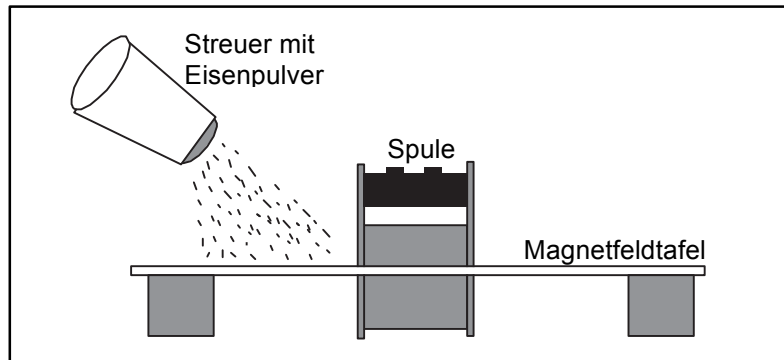


Abb. 7a

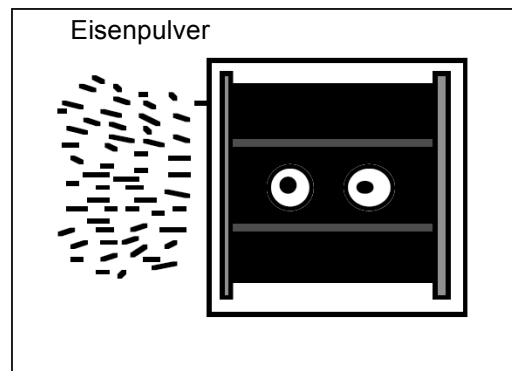


Abb. 7b

Alternative:

Anstatt des Eisenpulvers können auch kleine Kompassnadeln rund um die Spule angeordnet werden, die die Richtung der magnetischen Feldlinien anzeigen.

Abb. 8 zeigt eine stromdurchflossene Spule, in die das Joch des U-Kerns oder der I-Kern eingebracht wurde. Der oben beschriebene Versuch kann mit einer Magnetrnadel oder einem Tesla-Meter durchgeführt werden. Beachten Sie, dass das Magnetfeld durch Verwendung eines Kerns deutlich größer ist, als ohne Kern.

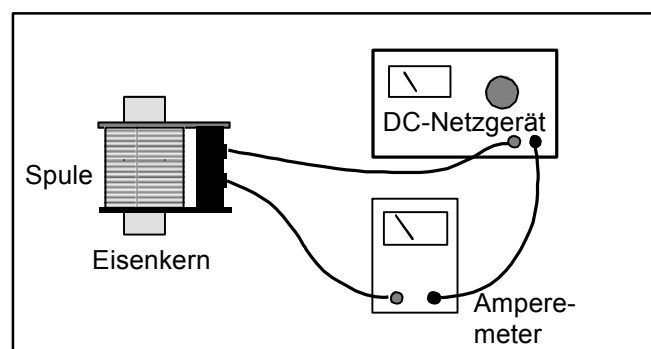


Abb. 8

### Hubmagnet

Wenn Sie eine Spule mit dem Joch des U-Kerns oder den I-Kern in die Spule so einführen, dass sie nicht ganz eintaucht, wird sie nach Anlegen einer Wechselspannung in den Spulenkörper hineingezogen. Das ist das Prinzip der Funktion eines Hubmagneten. Der Effekt ist am effektivsten mit einer 400-Wdg. Spule (Best.-Nr. 114.2027) und einer Wechselspannung von 8-10V (Abb. 9).

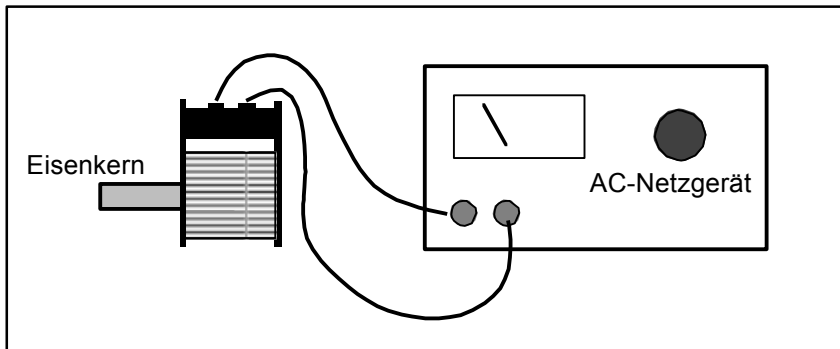


Abb. 9

### Elektromagnetische Induktion

Benutzen Sie für den Versuch einen kleinen, starken Stabmagneten. Der Versuch besteht darin den Magneten in der Spule auf und ab zu bewegen. Ist ein Galvanometer mit der Spule verbunden wird der dabei induzierte Strom angezeigt. Die Richtung ist abhängig von der Bewegungsrichtung (Abb. 10).

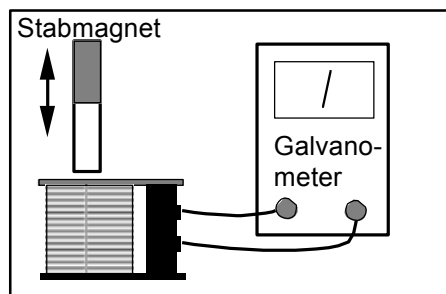


Abb. 10

Alternativ kann der Effekt auch mit einem Oszilloskop beobachtet werden (Abb. 11).

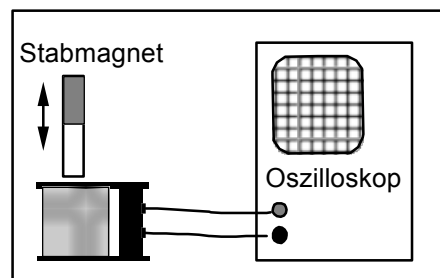


Abb. 11

**Hinweis:**

Das Galvanometer zeigt einen Strom, der proportional zur induzierten Spannung ist an. Durch die mechanische Dämpfung steigt der Anzeigewert nicht auf den Maximalwert. Das Oszilloskop zeigt die Höhe der induzierten Spannung direkt an und spiegelt den realen Werteverlauf exakt.

Der nachfolgende Aufbau zeigt eine zyklisch erzeugte Induzierte Spannung. Ein Stabmagnet - an einer weichen Feder aufgehängt – bildet ein Federpendel. Das System erzeugt eine einfache harmonische Schwingung, die sich mit einem an die Spule angeschlossenen Oszilloskop darstellen lässt (Abb. 12).

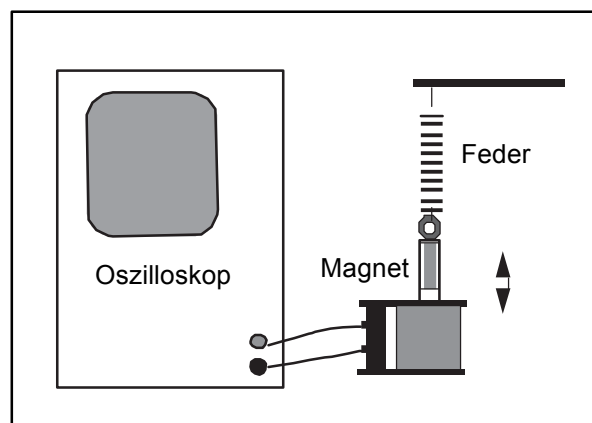


Abb. 12

## Transformatoren

Zunächst werden zwei Spulen nebeneinander gelegt, d.h. die Kopplung beider Spulen erfolgt über Luft. Werden 2 Spulen von 400 Wdg. (Best.-Nr. 114.2027) gemäß Abb. 13 nebeneinander gelegt, wird in die zweite Spule eine Spannung  $< 20\%$  von der Eingangsspannung der anderen Spule induziert.

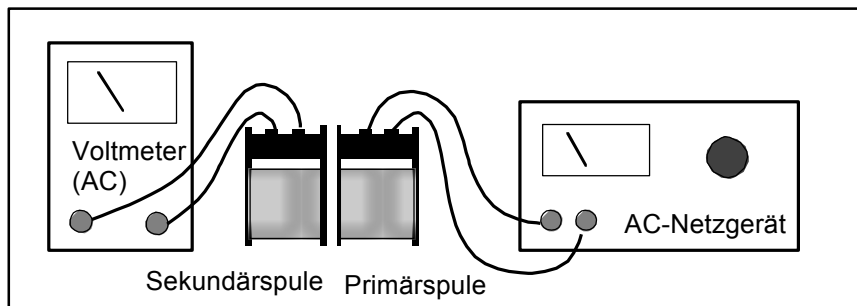


Abb. 13

Zur Verbesserung der Kopplung der Spulen untereinander wird in obigen Versuchsaufbau ein Eisenkern eingebracht. Verwenden Sie dazu das Joch de U-Kerns (Best.-Nr. 114.2035) oder den I-Kern (Best.-Nr. 114.2034). Die Induzierte Spannung erhöht sich auf nahezu  $50\%$  (Abb.14).

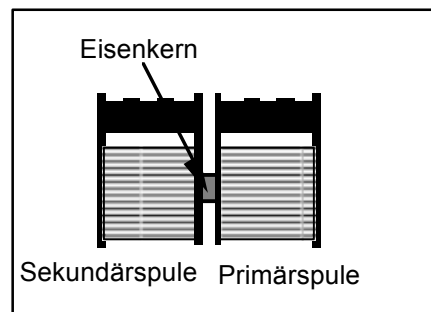


Abb. 14

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten den versuch mit unterschiedlichen Kernen durchzuführen:

- U-Kern ohne Joch (Best.-Nr. 114.2035)
- U-Kern mit Joch (Best.-Nr. 114.2035)
- E-Kern (Best.-Nr. 114.2036)

Weitere Versuchsvarianten ergeben sich durch die Verwendung von Spulen (Primärspule und Sekundärspule) unterschiedlicher Windungszahl. Verändern Sie den Spulenstrom oder die Spulenspannung der Primärspule. Abb. 15 zeigt einige mögliche Versuchsaufbauten.



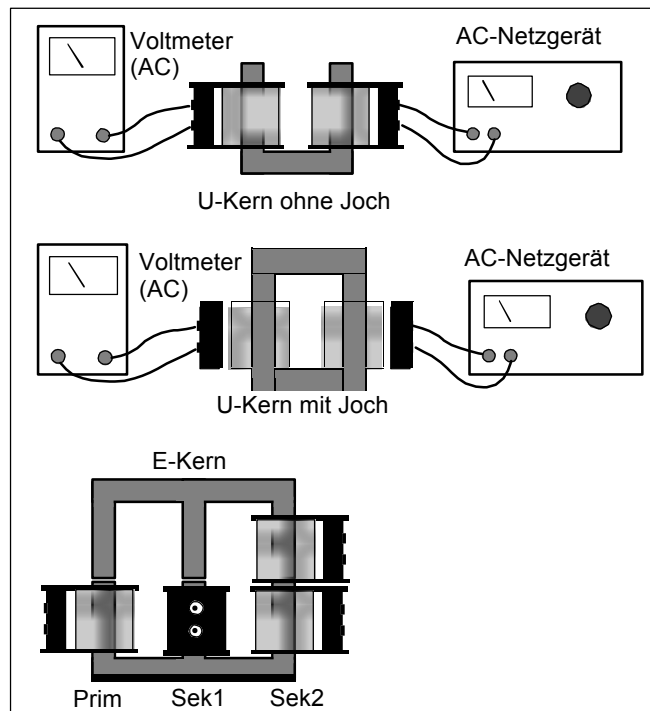


Abb. 15

## Versuch 1 : Grundlagen zum Transformator (I)

### Einführung

Wenn ein Wechselstrom durch eine Spule fließt, entsteht ein magnetisches Wechselfeld. Diese ist verantwortlich für die elektromagnetische Induktion in der zweiten Spule (Sekundärspule). In diesem Versuch werden einige Faktoren untersucht, die für den Betrieb eines Transformators relevant sind.

### Benötigtes Material

- 1 Stk. Spule 200 Wdg. (Best.-Nr. 114.2026)
- 2 Stk. Spule 400 Wdg. (Best.-Nr. 114.2027)
- 1 Stk. Spule 800 Wdg. (Best.-Nr. 114.2029)
- optional : Spulen mit anderen Windungen
  
- 1 Stk. U-Kern mit Joch (Best.-Nr. 114.2035)
- 1 Stk. Niederspannungsnetzgerät 0-6V AC ( 0-1 A)
- 1 Stk. Wechselspannungsmessgerät 0-6 V
- diverse 4mm – Experimentierkabel zur Verdrahtung

### Durchführung

1. Verbinden Sie die beiden Spulen wie in Abb.1 dargestellt. Die linke Spule fungiert als Primärspule, die rechte als Sekundärspule. Beachten Sie, dass in die Primärspule ein Strom eingespeist wird und an der Sekundärspule eine Spannung abgegriffen wird.

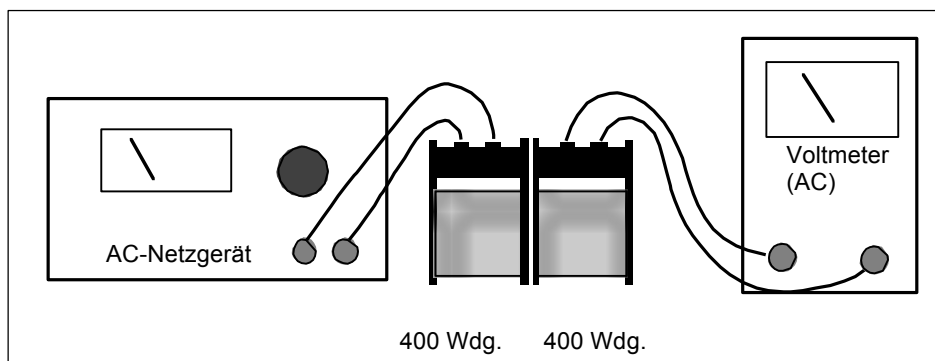


Abb. 1

2. Stellen Sie das Netzgerät so ein, dass an der Primärspule 6 V anliegen. Messen Sie die Ausgangsspannung an der Sekundärspule und tragen das Ergebnis in Tabelle 1.1 ein.
3. Wiederholen Sie Schritt 2, indem Sie in beide Spulen einem Eisenkern (Joch aus 114.2035) gemäß Abb. 2 einbringen. Dokumentieren Sie das Ergebnis.

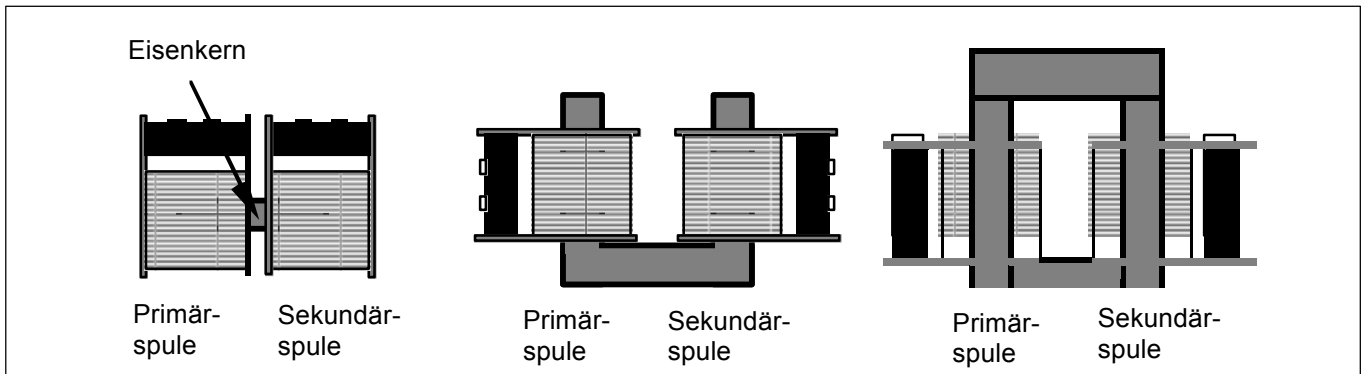


Abb. 2

4. Wiederholen Sie Schritt 2, indem Sie beide Spulen auf den offenen U-Kern aufstecken. Dokumentieren Sie das Ergebnis.
5. Verbinden Sie nun die offenen Enden des U-Kernes mit dem Joch. Dokumentieren Sie das Ergebnis.
6. Bei welcher der vorangegangenen Konfigurationen messen sie die höchste Ausgangsspannung im Verhältnis zur Eingangsspannung? Probieren Sie in der gefundenen Konfiguration verschiedene Kombinationen von Primär- und Sekundärspulen aus. Dokumentieren Sie die Ergebnisse in Tabelle 1.2.

## Auswertung

1. Welche Kernkonfiguration hat den besten elektromagnetischen Wirkungsgrad bezogen auf die gemessene Spannung an der Sekundärspule? Entwickeln Sie eine Theorie zur Erklärung des Phänomens.
2. Betrachten sie in Tabelle 1.2 die Messreihen bei Versuchen mit derselben Primärspule. Stellen sie die Abhängigkeit zwischen dem Windungszahlverhältnis ( $n_{\text{primär}} : n_{\text{sekundär}}$ ) und der gemessenen Ausgangsspannung an der Sekundärspule dar. Welcher mathematische Zusammenhang besteht zwischen dem Windungszahlverhältnis und der gemessenen Ausgangsspannung? Diskutieren Sie das Ergebnis.
3. Überlegen Sie, wie sie den Transformator vom Wirkungsgrad verbessern können. Welche Faktoren bewirken eine Verbesserung des Wirkungsgrades.

**Messwerte**

Tabelle 1.1

Windungszahl		U Eingang [V]	U Ausgang [V]	Art des Kernes
n primär	n sekundär			

Tabelle 1.2

Die Kernkonfiguration \_\_\_\_\_ hat den besten elektromagnetischen Wirkungsgrad bezogen auf die gemessene Spannung an der Sekundärspule.

Windungszahl		U Eingang [V]	U Ausgang [V]	Art des Kernes
n primär	n sekundär			

## Versuch 2 : Grundlagen zum Transformator (II)

### Einführung

In den nachfolgenden Versuchen untersuchen Sie welche Faktoren den Betrieb eines Transformators beeinflussen. Im Versuch 1 wurde das Übertragungsverhältnis durch Messen der Ausgangsspannung *ohne* Belastung – also bei unendlich hohem Widerstand betrachtet. In diesem Versuch untersuchen wir zusätzlich zur Spannung die Eingangs- und Ausgangsströme bei belasteten Ausgängen.

### Benötigtes Material

- 1 Stk. Spule 200 Wdg. (Best.-Nr. 114.2026)
- 2 Stk. Spule 400 Wdg. (Best.-Nr. 114.2027)
- 1 Stk. Spule 800 Wdg. (Best.-Nr. 114.2029)
- optional : Spulen mit anderen Windungen
  
- 1 Stk. U-Kern mit Joch (Best.-Nr. 114.2035)
- 1 Stk. Niederspannungsnetzgerät 0-6V AC ( 0-1 A)
- 1 bis 2 Stk. Wechselstrom-Messgeräte 0-2 A
- 3 Stk. Widerstände : 10  $\Omega$  / 2 W, 100  $\Omega$  / 2 W, 1000  $\Omega$  / 2W
- diverse 4mm – Experimentierkabel zur Verdrahtung

### Durchführung

1. Verbinden Sie die beiden Spulen wie in Abb.1 dargestellt. Die linke Spule fungiert wieder als Primärspule, die rechte als Sekundärspule.

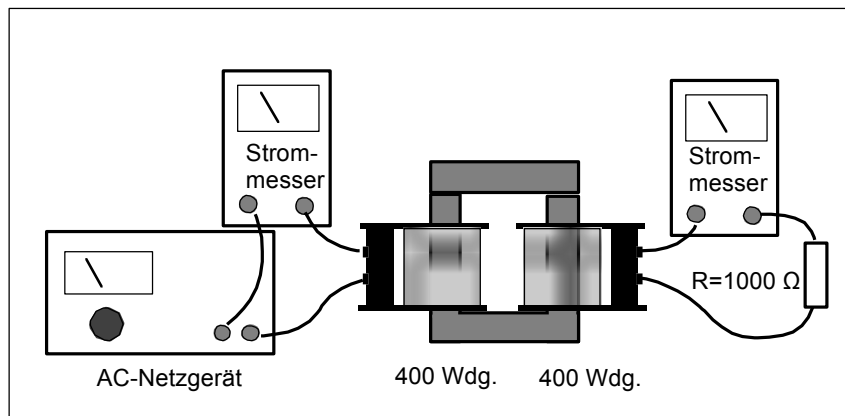


Abb. 1

2. Stellen Sie das Netzgerät so ein, dass an der Primärspule 6 V anliegen. Schalten Sie den 1000  $\Omega$  – Widerstand als Last an den Ausgang der Sekundärspule. Messen Sie den Eingangsstrom, den Ausgangsstrom und tragen die Daten Ergebnis in Tabelle 2.1 ein.

3. Wiederholen Sie Schritt 2 mit einem 100  $\Omega$  – Widerstand statt des 1000  $\Omega$  – Widerstandes.
4. Wiederholen Sie Schritt 2 mit einem 10  $\Omega$  – Widerstand statt des 1000  $\Omega$  – Widerstandes.
5. Führen Sie die Schritte 2 bis 4 mit weiteren Sekundärspulen durch. Ersetzen Sie auch die Primärspulen, bis Sie alle möglichen Spulenkombinationen ausprobiert haben.
6. Ersetzen sie die Sekundärspule durch einen dicken isolierten Draht, indem Sie diesen 5-6 mal um den Schenkel des U-Kerns wickeln. Der Draht sollte einen Durchmesser von mindestens 1,5 mm haben (siehe Abb. 2). Stellen Sie das Netzgerät so ein, dass an der Primärspule 6 V anliegen. Schließen Sie nun ein Strommessgerät direkt an die Drahtenden an. Als Lastwiderstand wirkt nun der (niederohmige) Innenwiderstand des Strommessgerätes. Lesen Sie den Strom am Messgerät ab. Messen Sie Anschließend die Spannung an den Drahtenden, nachdem Sie das Strommessgerät entfernt haben.

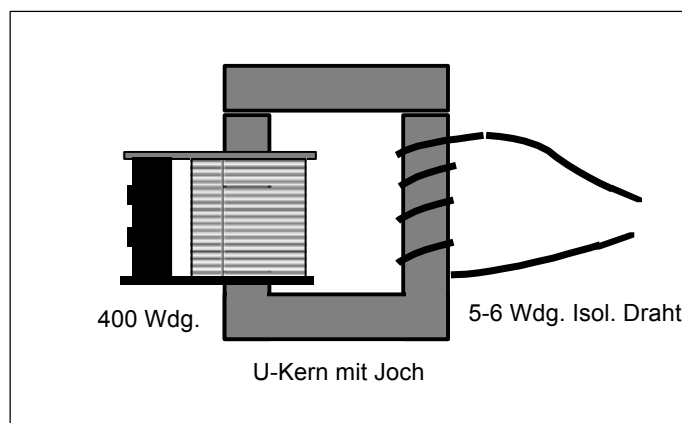


Abb. 2

7. Wenn Sie den E-Kern (Best.-Nr. 114.2036) besitzen. Setzen Sie bitte Primär und Sekundärspule wie in Abb. 3 dargestellt ein.

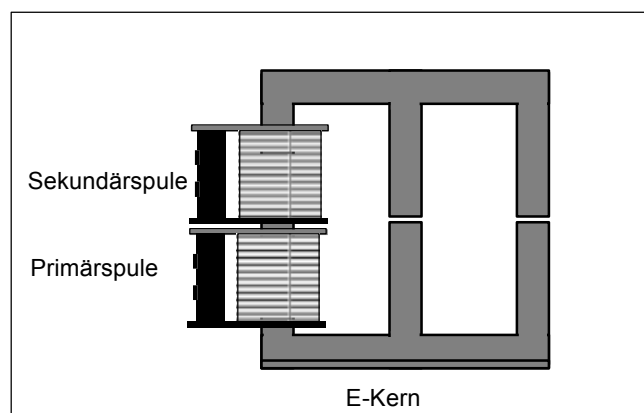


Abb. 3

8. Sofern sie weitere Spulen und U-Kerne haben, lassen sich auch Transformatoren in Serie schalten (siehe Abb. 4). Messen Sie die Ein- und Ausgangsspannungen sowie die Ströme an verschiedenen Stellen in der Schaltung. Dokumentieren Sie die Ergebnisse in Tabelle 2.1 und diskutieren über die Ergebnisse, basierend auf den unterschiedlichen Messungen.

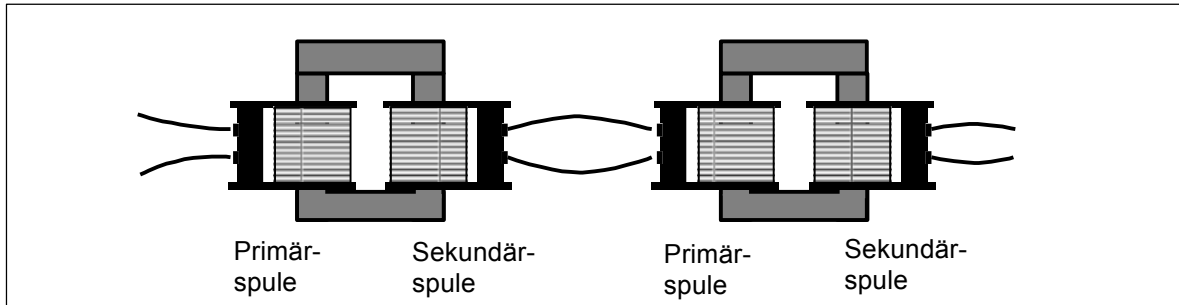


Abb. 4

## Auswertung

1. Werten Sie die Daten in Tabelle 2.2 aus. Beachten Sie die Hinweise auf Seite 16 unten. Wenn Sie den Versuch unter Punkt 8 durchführen, verwenden Sie bitte eine angepasste weitere Tabelle.
2. Welche Beziehung besteht zwischen dem Ausgangs- und Eingangsstrom für unterschiedliche Spulenkombinationen bei konstantem Lastwiderstand? Wie verhalten sich Ausgangs- und Eingangsstrom für konstante Spulenkombinationen bei verschiedenen Lastwiderständen? Gilt der Zusammenhang für alle (Spulen-) Kombinationen? Stellen Sie eine Hypothese auf, warum sich das Ergebnis so verhält.
3. Das ideale Verhältnis von Ausgangs- zu Eingangsspannung entspricht dem Verhältnis zwischen den Windungszahlen der Sekundär- zur Primärspule. Betrachten Sie das Verhältnis der berechneten Leistungswerte ( $P_{out} / P_{in}$ ). Wie verhält sich der untersuchte Transformator zu einem idealen Transformator?
4. Ideale Transformatoren wandeln Wechselströme nahezu ohne Verlustleistung von der Primär- zur Sekundärseite um. Betrachten Sie den Quotienten ( $P_{out} / P_{in}$ ) Ihres Versuchsaufbaues. Wie verhält sich Ihr Transformator gegenüber dem idealen Transformator.
5. Welche Kombination von Strom und Spannung ergibt sich im Versuch mit der Konfiguration in Abb. 2 ?
6. Analysieren Sie die Ergebnisse der Versuche mit U und E-Kern. Vergleichen Sie die Ergebnisse. Welchen Vorteil hat der eine gegenüber dem anderen? Begründen Sie Ihr Ergebnis. Durch welche Modifikationen ergibt sich eine Verbesserung?
7. Untersuchen Sie bei der Reihenschaltung von Transformatoren (Schritt 8 in der Versuchsbeschreibung) den Fall, dass die Primärspule des ersten Transformators dieselbe Windungszahl wie die Sekundärspule des zweiten Trafos hat. Vergleichen Sie Eingangs- und Ausgangsspannung der Reihenschaltung. Wie verhält es sich mit der Leistung? Ergeben sich Parallelen zur Betrachtung im einfachen Transformator?

## Messwerte

Tabelle 2.1

Versuch-Nr.	Anzahl der Wdg.		R Last [ $\Omega$ ]	U Eingang [V]	I Eingang [A]	U Ausgang [V]	I Ausgang [A]
	N primär	N sekundär					

Tabelle 2.1

Versuch-Nr.	P Eingang [W]	P Ausgang [W]	$U_{\text{Aus}} / U_{\text{Ein}}$	$P_{\text{Aus}} / P_{\text{Ein}}$

### Hinweis:

Wir empfehlen, die in Tabelle 2.1 gesammelten Werte mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogrammes zu erfassen. Die Berechnung der Eingangs- und Ausgangsleistungswerte so wie die Verhältnisse lassen sich so einfach berechnen. Darüber hinaus lassen sich die Daten auch schnell sortieren, um sie einfach auszuwerten.



## Versuch 3 : Schwingungen und elektromagnetische Induktion

### Einführung

In dem Kapitel wird eine interessante Anwendung der magnetischen Induktion. Die Ergebnisse sind qualitativer Natur, im Gegensatz zu den quantitativen Versuchen zuvor.

### Benötigtes Material

- 1 Stk. Spule 200 Wdg. (Best.-Nr. 114.2026)
- 2 Stk. Spule 400 Wdg. (Best.-Nr. 114.2027)
- 1 Stk. Spule 800 Wdg. (Best.-Nr. 114.2029)
- optional : Spulen mit anderen Windungen
- 1 Stk. U-Kern mit Joch (Best.-Nr. 114.2035)
- Federn mit niedriger Federkonstante („weiche“ Federn)
- 2 Stk. starke Stabmagnete (z.B.)
- Mehrere Muttern aus Stahl (z.B. M6 oder M8)
- 2 Stk. Stative mit Ring zur Aufhängung der Magnete
- diverse 4mm – Experimentierkabel zur Verdrahtung

### Durchführung

1. Montieren sie zwei Stabmagnete an Federn wie in Abb. 1 gezeigt. Die Magnete sollten etwa zur Hälfte in die Spulen eintauchen. Beide Spulen sind mit einander verbunden. Die Magnete haften an einer Mutter, die an der Feder aufgehängt ist (Abb. 2).

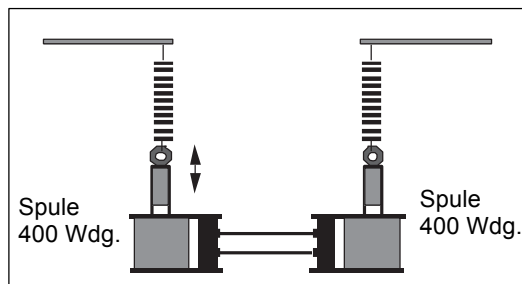


Abb. 1

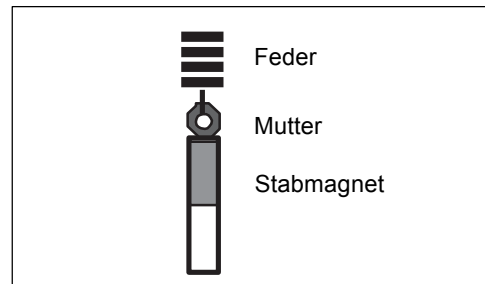


Abb. 2

2. Bewegen Sie einen Magneten nach oben und lassen ihn los, so dass er frei in der Spule schwingt (harmonische Schwingung). Notieren Sie das Verhalten des anderen Magneten. Erklären Sie das Verhalten.
3. *Variante 1:* Was passiert, wenn Sie die Anschlussleitungen in einer der Spulen tauschen? Probieren Sie es aus und überprüfen Sie Ihre Aussage-

4. *Variante 2:* Beschweren Sie einen Magneten mit einer zusätzlichen Masse, damit sich die Amplitude des schwingenden Systems erhöht. Haften Sie dazu eine oder mehrere Muttern an die Unterseite eines Magneten. Justieren Sie die Höhe des Magneten mithilfe des Stativs nach Bedarf.
5. *Variante 3:* Wie verhält sich das System, wenn Sie Federn unterschiedlicher Federkonstanten an einem Magneten?
6. *Variante 4:* Was passiert, wenn Sie eine Spule gegen eine mit anderer Windungszahl austauschen?
7. *Variante 5:* Wie ändert sich das Verhalten, wenn eine dritte Spule wie in Abb. 3 gezeigt ist. Eingeschleift wird. Ergibt sich ein Unterschied, wenn unterschiedliche Spulen verwendet werden?

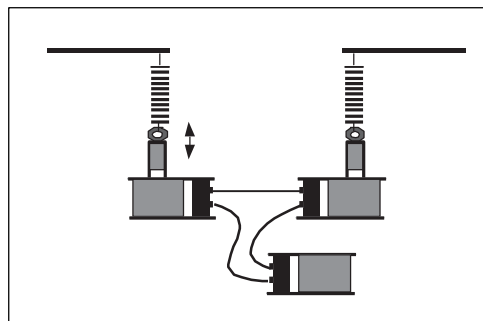


Abb. 3

8. *Variante 6:* Wie verhält sich das System, wenn in die dritte zusätzliche Spule ein Eisenkern eingebracht wird?

## Auswertung

1. Warum verhalten sich die Magneten so? In welcher Beziehung steht das Verhalten zur elektromagnetischen Induktion?
2. Welchen Effekt hatte das Umpolen einer Spule? Erklären Sie das Phänomen.
3. Warum ändert sich das Verhalten nachdem die Masse und / oder die Federkonstante verändert wurden?
4. Versuchen Sie eine Erklärung für das Verhalten zu finden, dass Sie in den Schritten 6 bis 8 gemacht hatten. Berücksichtigen Sie bei Ihrer Erklärung den Energiebegriff.

## Versuch 4 : Erweiterte Versuche zum Transformator

### Einführung

Es folgen Versuche, in denen verschiedene Formen von Transformatoren untersucht werden. Schwerpunktmäßig werden Schaltungen beschrieben, wie sie in Stromversorgungsgeräten - einer der Hauptanwendung für Transformatoren - zum Einsatz kommen.

### Benötigtes Material

- 1 Stk. Spule 200 Wdg. (Best.-Nr. 114.2026)
- 2 Stk. Spule 400 Wdg. (Best.-Nr. 114.2027)
- 1 Stk. Spule 800 Wdg. (Best.-Nr. 114.2029)
- 1 Stk. Spule 1600 Wdg. (Best.-Nr. 114.2030)
- 1 Stk. Spule 3200 Wdg. (Best.-Nr. 114.2031)
- 1 Stk. U-Kern mit Joch (Best.-Nr. 114.2035)
- 1 Stk. E-Kern mit Joch (Best.-Nr. 114.2036)
- 1 Stk. Niederspannungsnetzgerät 0-6V AC ( 0-1 A)
- 1 Stk. Wechselstrom-Messgerät 0-2 A
- 1 Stk. Wechselspannungs-Messgerät 0-6 V
- 1 Stk. Oszilloskop
- 2 Stk. Dioden 1 A / 50V (min) z.B. 1N4007
- 2 Stk. Widerstände : 1000  $\Omega$  / 2 W, 10  $\Omega$  / 2 W
- 1 Stk. Kondensator 470  $\mu$ F / 25V
- diverse 4mm – Experimentierkabel zur Verdrahtung

### Durchführung

#### 1. Versuchsreihe

1. Stecken Sie zwei Spulen wie in Abb. 1 gezeigt auf den E-Kern. Die linke Spule fungiert als Primärspule, die auf dem mittleren Schenkel als Sekundärspule.

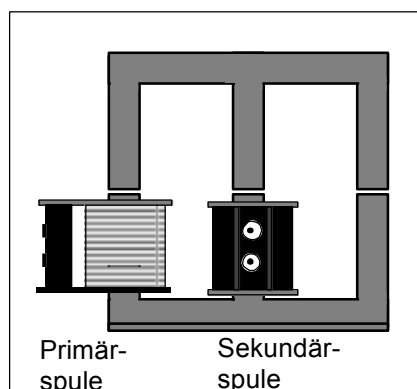


Abb. 1

2. Nehmen Sie die Spule mit 200 Wdg. als Primärspule und diejenige mit 800 Wdg. als Sekundärspule. Legen Sie an die Primärspule 6V AC an und schließen Sie an die Sekundärspule einen Lastwiderstand von 1000  $\Omega$  an. Messen Sie folgende Größen: Eingangsstrom, Ausgangsspannung und Ausgangsstrom. Tragen Sie die Werte in Tabelle 4.1 ein.
3. Ersetzen Sie nun die Spule mit 800 Wdg. gegen zwei mit je 400 Wdg. und schalten diese in Reihe, wie in Abb. 2 gezeigt. Verbinden Sie die offenen Enden des Sekundärspulenpaares wieder mit einem 1000  $\Omega$  Widerstand als Lastwiderstand. Wiederholen Sie die Messungen wie in Schritt 2 beschrieben und tragen die Ergebnisse ebenfalls in Tabelle 4.1 ein.

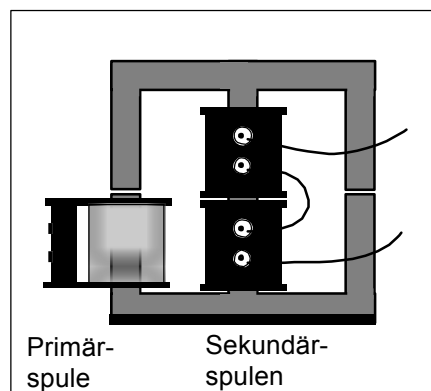


Abb. 2

4. Vertauschen Sie die Anschlüsse an einer der Sekundärspulen und messen Sie wieder die Ströme und Spannungen. Wie verhalten sich die Ergebnisse im Verhältnis zu der Spulenbeschaltung in Schritt 3? Was wurde geändert und begründen Sie das Ergebnis.
5. Versetzen Sie nun die beiden Sekundärspulen auf den rechten (dritten) Schenkel des E-Kerns. Wie verhalten sich die Messergebnisse gegenüber der vorherigen Spulenordnung? Welche Messergebnisse vermuten Sie bei Verwendung einer Spule mit 800 Wdg.? Probieren Sie es aus und überprüfen Ihre Prognose.
6. Betrachten Sie nun die Konfigurationen mit den beiden Sekundärspulen à 400 Wdg., die an 1000  $\Omega$  Last den höchsten Strom bzw. Spannungswert ergaben. Messen Sie die nun die individuellen Ströme und Spannungen an den einzelnen Sekundärspulen. Addieren oder subtrahieren sich die entsprechenden Werte? Entsprechen die Werte, die Sie erhalten Ihrem Grundverständnis einer Reihenschaltung? Tauschen Sie wieder die Anschlüsse an einer Spule und messen Sie erneut die individuellen Spannungen und die resultierende Spannung. Begründen Sie das Ergebnis.

2. Versuchsreihe

7. Nehmen Sie die Spule mit 200 Wdg. als Primärspule und diejenige mit 800 Wdg. als Sekundärspule. Schließen sie die Diode wie in Abb. 3 gezeigt an die Sekundärspule und belasten den Ausgang wieder mit einem 1000  $\Omega$  Widerstand.

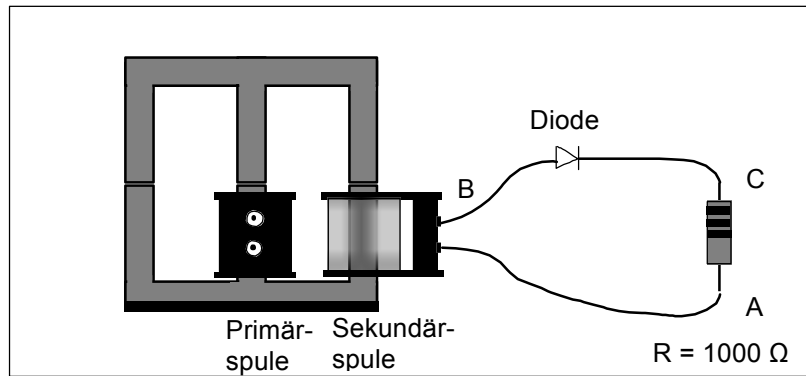


Abb. 3

8. Stellen Sie auf Ihrem Oszilloskop die Triggerung so ein, dass auf die Netzfrequenz getriggert wird (schauen sie dazu ggf. im Handbuch Ihres Oszilloskopes nach). Verbinden Sie nun die Masse des Tastkopfes mit *Punkt A* der Schaltung (Abb. 3). Die Tastkopfspitze schließen Sie an *Punkt B* an. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf des Signals (Ausgangsspannung) auf. Wiederholen Sie die Messung, indem Sie die Tastkopfspitze an *Punkt C* anschließen. Zeichnen Sie das Ergebnis erneut auf. Welche Unterschiede ergeben sich zwischen den beiden Kurvenformen? Beschreiben sie die Unterschiede.
9. Die Wellenform zwischen den Messpunkten (A – C) ist eine gleichgerichtete Sinus-Halbwellen (Einweggleichrichtung). Eine Halbwellen wird von der Diode durchgelassen, die andere Halbwellen wird von der Diode gesperrt. Dadurch fließt der Strom nur in eine Richtung. Seine Größe ändert sich periodisch. Es wäre hilfreich, wenn der Spannungspegel konstant - also nicht - pulsierend wäre. Dies wird durch einen zusätzlichen elektrischen „Puffer“ erreicht.

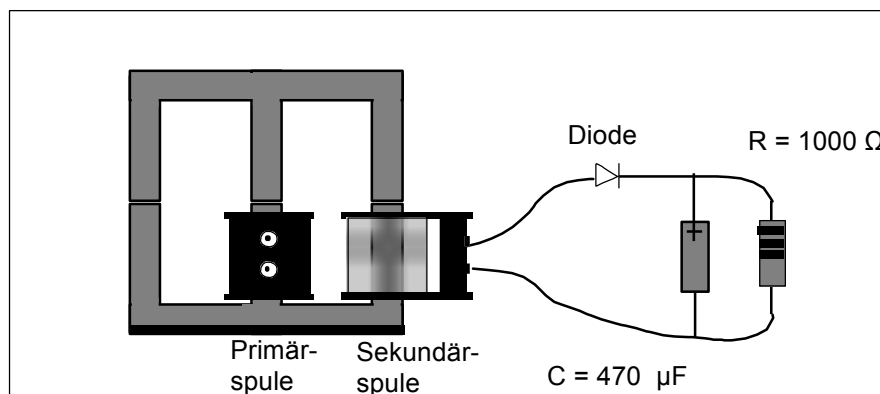


Abb. 4

10. Fügen sie der Schaltung einen Kondensator der Größe  $470 \mu\text{F}$ , wie in Abb. 4 gezeigt parallel zum Lastwiderstand hinzu. Achten Sie dabei auf die Polung des Kondensators. Der Pluspol des Kondensators ist mit der Kathode der Diode verbunden. Welche Wellenform ergibt sich nun über dem Lastwiderstand? Sind die Schwankungen im Signal dieselben, wie bei der vorherigen Schaltung? Wie hoch ist der Wert der Gleichspannung?
11. Ersetzen sie nun den  $1000 \Omega$  Widerstand durch einen Widerstand mit  $10 \Omega$ . Wie wirkt sich dies auf die Wellenform aus? Was bedeutet dies für die Gleichspannung?

### 3. Versuchsreihe

12. Verbinden Sie nun zwei Spulen a 400 Wdg. so wie in Abb. 5 gezeigt. Achten Sie darauf, dass der Windungssinn so gewählt ist, dass der maximalen Werte für Strom und Spannung erreicht werden.

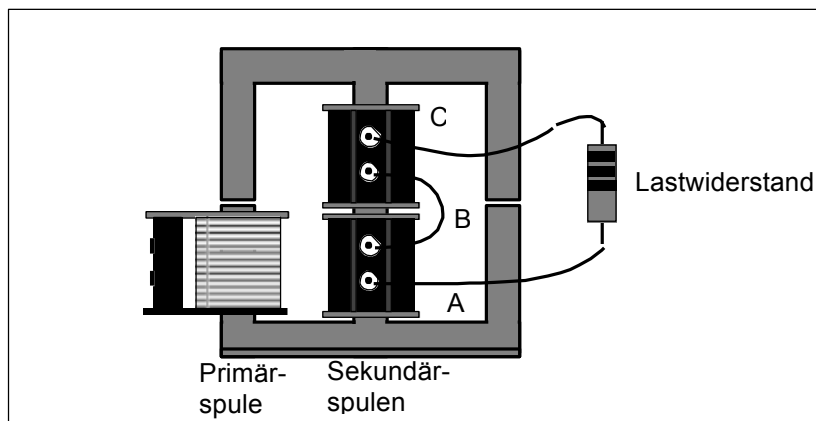


Abb. 5

- Mit einem Lastwiderstand von  $1000 \Omega$  schließen Sie ein Oszilloskop zwischen den Punkten *A* und *B* an. Welche Form hat das Ausgangssignal? Welche Ausgangsform hat das Signal zwischen den Punkten *A* und *C*? wie verhält sich die Wellenform zwischen *A* und *B* mit der zwischen *A* und *C*?
13. Stellen Sie auf Ihrem Oszilloskop die Triggerung wieder so ein, dass auf die Netzfrequenz getriggert wird (schauen sie ggf. im Handbuch Ihres Oszilloskopes nach). Verbinden Sie nun die Masse des Tastkopfes mit *Punkt B* der Schaltung (Abb. 4). Die Tastkopfspitze schließen Sie an *Punkt A* an. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf des Signals (Ausgangsspannung) auf. Wiederholen Sie die Messung, indem Sie die Tastkopfspitze an *Punkt C* anschließen. Zeichnen Sie das Ergebnis erneut auf. Welche Unterschiede ergeben sich zwischen den beiden Kurvenformen? Beschreiben sie die Unterschiede.
  14. Jetzt werden wir uns die unterschiedlichen Wellenformen zu Nutze machen. Verbinden Sie dazu zwei Dioden wie in Abb. 6 gezeigt mit den Spulen und dem Lastwiderstand.

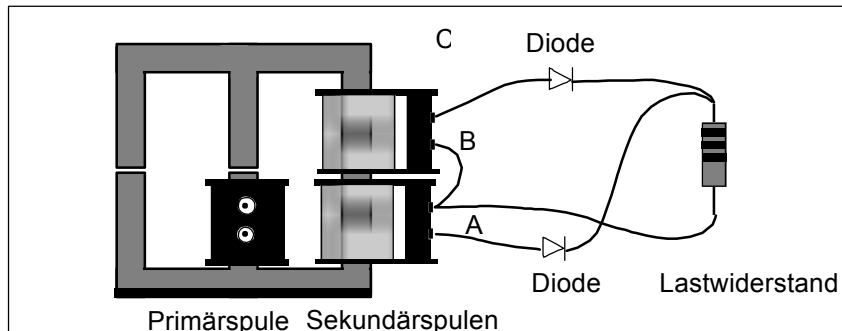


Abb. 6

15. Als Ergebnis erhalten wir ein vollwellen-gleichgerichtetes Signal, eine pulsierende Gleichspannung. Wir ergänzen die Schaltung wieder um einen Kondensator von 470  $\mu\text{F}$  (Abb. 7).

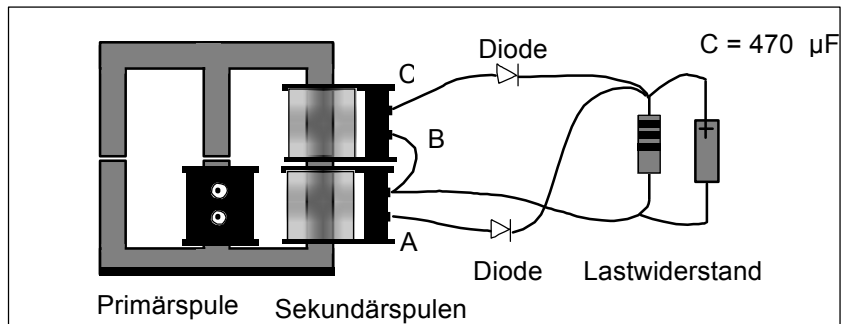


Abb. 7

16. Welche Wellenform hat die gemessene Spannung über dem Lastwiderstand? Handelt es sich um eine Gleichspannung? Wie sieht die Gleichspannung genau aus?
17. Ersetzen sie nun den 1000  $\Omega$  Lastwiderstand durch einen 10  $\Omega$  Widerstand. Welchen Effekt hat dies im Vergleich zu dem 1000  $\Omega$  Widerstand? Welche Auswirkung hat die Änderung auf die Wellenform?

### Auswertung

1. Beantworten sie die Fragen in der Reihenfolge, wie sie während des Versuches gestellt werden.
2. Warum erhalten Sie unterschiedliche Ergebnisse in Abhängigkeit davon auf welchem Schenkel (mittleren oder äußeren) die Sekundärspule(n) platziert sind? Erinnern Sie sich an den Verlauf des Magnetfeldes innerhalb des Kerns.
3. Vergleichen sie die Lastwiderstandsabhängigkeit einer Halbwellengleichrichtung mit der Vollwellengleichrichtung. Wenn Sie die Spannung stabilisieren müssten, welche Art der Gleichrichtung würden Sie bevorzugen?
4. Die Versuche haben in die Konzepte von Transformatoren und Stromversorgungsgeräten eingeführt. Weitere Anregungen finden Sie in der weiterführenden Fachliteratur.

## Messwerte

Tabelle 4.1

Anzahl der Windungen						
n primär	n sekundär	U Eingang [V]	I Eingang [A]	R Last [ $\Omega$ ]	U Ausgang [V]	I Ausgang [A]