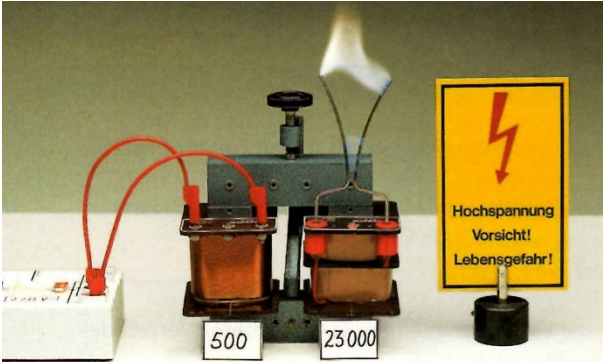


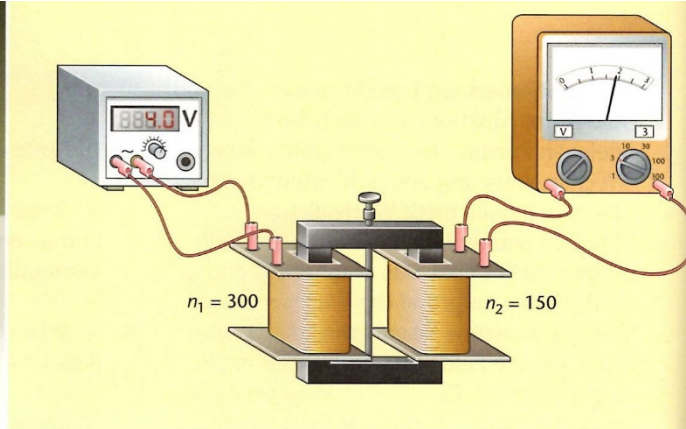
Folgende Aufgaben erledigen:

**1. Lese den Text S. 210 + 211 durch und bearbeite Aufgabe 1 bis 4**

**S. 210:**



1 Hochspannung am Transformator



2 Versuch 1

## ⊙ Spannungen am Transformator

**Vorsicht Hochspannung!**

Mit einem Transformator können Spannungen verkleinert oder vergrößert werden ( $n_2 > n_1$ ). Dabei können lebensgefährliche Hochspannungen entstehen. Einen solchen **Hochspannungstransformator** siehst du im Bild 1. Bei diesem Trafo entsteht eine so hohe Spannung, dass selbst die Luft zwischen den Elektroden leitend wird: Es entsteht ein Lichtbogen.

Wenn du dir einen Hochspannungs-Trafo genauer anschaust, erkennst du, dass die Sekundärspule viel mehr Windungen als die Primärspule hat. Durch diese Spulenkombination entsteht eine sehr hohe Sekundärspannung.

**Vorsicht: Lebensgefahr!**

Experimente mit dem Trafo können lebensgefährlich sein, weil dabei sehr hohe Spannungen entstehen können. Führe Versuche mit Trafos nur nach Anweisung und Kontrolle des Lehrers durch!

Primärkreis		Sekundärkreis		Verhältnis der ...	
Spannung $U_1$	Windungszahl $n_1$	Windungszahl $n_2$	Spannung $U_2$	Windungszahl $n_1 : n_2$	Spannungen $U_1 : U_2$
4V	300	600	8V	300 : 600 (= 1 : 2)	4V : 8V (= 1 : 2)
4V	300	300	4V	300 : 300 (= 1 : 1)	4V : 4V (= 1 : 1)
4V	300	150	2V	300 : 150 (= 2 : 1)	4V : 2V (= 2 : 1)
4V	300	75	?	?	?
10V	600	600	?	?	?
10V	600	?	?	= 8 : 1	?
3V	?	1000	15V	?	?

3 Zusammenhang zwischen Spannungen und Windungszahlen

**Spannungsverhältnisse am Trafo**

Ob ein Trafo eine hohe oder niedrige Sekundärspannung liefert, hängt vor allem vom Verhältnis der Windungszahlen der beiden Spulen ab. Das kannst du im Experiment an einem unbelasteten Trafo untersuchen ( $n_2 > n_1$ ; B 2).

Die Werte in Bild 3 zeigen, dass sich die Spannungen genauso verhalten wie die Windungszahlen. Bei gleicher Windungszahl von Primär- und Sekundärspule verändert sich die Spannung nicht. Wenn die Sekundärspule halb so viele Windungen wie die Primärspule hat, dann ist auch die Sekundärspannung  $U_2$  halb so groß wie

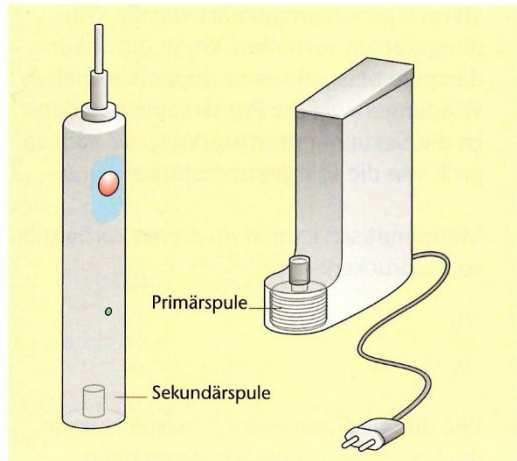
die Primärspannung  $U_1$ . Bei doppelter oder dreifacher Windungszahl der Sekundärspule entsteht auch etwa die doppelte bzw. die dreifache Sekundärspannung. Dieses Verhältnis kannst du als Gleichung formulieren:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

**Niederspannungs-Trafos**

Viele Haushaltsgeräte, wie beispielsweise elektrische Zahnbürsten benötigen eine viel geringere Spannung als 230V (> B4). In solchen Geräten sind **Niederspannungs-transformatoren** eingebaut. Niederspannungs-Trafos haben eine große Primär- und eine kleine Sekundärwindungszahl. Dadurch wird die Netzspannung herabgesetzt. Bei der elektrischen Zahnbürste im Bild 5 befindet sich die Primärspule (viele Windungen) in der Ladestation der Zahnbürste. Ein Teil des Eisenkerns ragt in den Zapfen, auf den die Zahnbürste aufgesetzt wird. Die Sekundärspule (wenige Windungen) befindet sich im unteren Teil der Zahnbürste.

**Bei einem unbelasteten Transformator gilt: Die Spannungen an den Spulen stehen im selben Verhältnis wie die entsprechenden Windungszahlen.**



4 Elektrische Zahnbürste mit Ladegerät

**AUFGABEN**

- 1 ○ Beschreibe den Zusammenhang zwischen Windungszahlen und Spannungen bei einem Trafo.
- 2 ● Beschreibe den Unterschied zwischen einem Hochspannungs- und einem Niederspannungs-Trafo.
- 3 ● Schreibe die Tabelle im Bild 3 ab. Ergänze die fehlenden Angaben.
- 4 ● Berechne die Spannung zwischen den Elektroden des Hochspannungs-Trafos im Bild 1.
- 5 ● a) Damit der Akku der elektrischen Zahnbürste (> B4) aufgeladen werden kann, musst du die Bürste auf das Ladegerät setzen. Beschreibe die Vorgänge im Trafo der Zahnbürste.  
● b) Begründe, warum eine leitende Verbindung zwischen Primär- und Sekundärspule der Zahnbürste gefährlich wäre.

**VERSUCH**

- 1 a) Bau den Transformator wie im Bild 2 auf. Schließe die Primärspule an 6 V Wechselspannung an. Miss die Sekundärspannung.  
b) Ersetze die Sekundärspule durch Spulen mit anderen Windungszahlen (z. B. 600/300/150) und wiederhole die Messung. Notiere die Messwerte in einer Tabelle. Vergleiche das Verhältnis der Spannungen mit dem Verhältnis der Windungszahlen.



5 Elektrische Zahnbürste in Aktion

## 2. Bearbeite folgende 3 Aufgaben (solltest du es nicht ausdrucken können, übernehme die Aufgaben in deine Mappe).

Transformatoren werden in vielen Bereichen eingesetzt, um die elektrische Spannung dem Bedarf anzupassen. Es gilt der folgende mathematische Zusammenhang

$$\begin{array}{lll} U_1 \text{ Primärspannung} & n_1 \text{ Windungszahl Primärspule} & \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \\ U_2 \text{ Sekundärspannung} & n_2 \text{ (Windungszahl Sekundärspule)} & \end{array}$$

**A1** Ein Handy-Ladegerät transformiert die  $U_1 = 230 \text{ V}$  Netzspannung auf  $U_2 = 5 \text{ V}$  zum Laden des Handys. Die Sekundärspule hat  $n_2 = 100$  Windungen. Wie viele Windungen muss die Primärspule haben? Berechne!



Rechnung:  $230 \text{ V} / 5 \text{ V} = 46 / 100$

Lösung:  $n_1 = 4600$

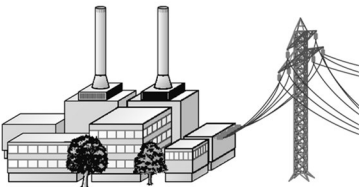
**A2** Ein Notebook-Ladegerät transformiert  $U_1 = 230 \text{ V}$  Netzspannung auf eine Ladespannung  $U_2$  zum Anschluss an das Notebook. Die Primärspule hat  $n_1 = 2000$  Windungen. Die Sekundärspule hat  $n_2 = 100$  Windungen. Wie hoch ist die Sekundärspannung  $U_2$  dieses Transformators? Berechne!



Rechnung:  $230 \text{ V} / 2 = 2000 / 100$

Lösung:  $U_2 = 11,5 \text{ V}$

**A3** In einem Kraftwerk erzeugen die Generatoren eine Wechselspannung  $U_1$ . Diese wird auf eine Hochspannung von  $U_2 = 380\,000 \text{ V}$  transformiert. Der verwendete Transformator hat auf der Primärseite  $n_1 = 500$  Windungen und auf der Sekundärseite  $n_2 = 19\,000$  Windungen. Berechne die von den Generatoren erzeugte Wechselspannung  $U_1$ .

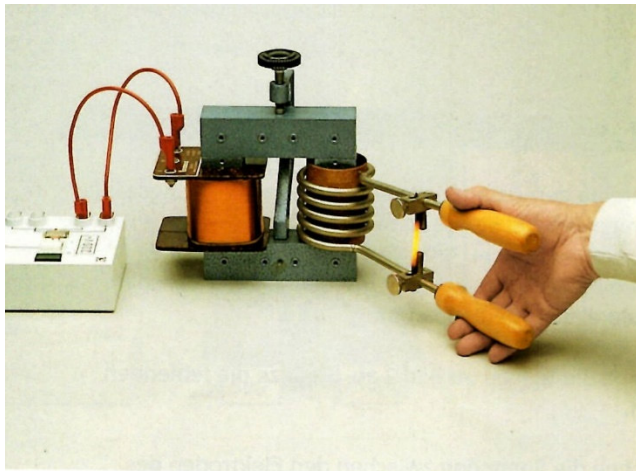


Rechnung:  $380\,000 \text{ V} \cdot 500 / 19\,000$

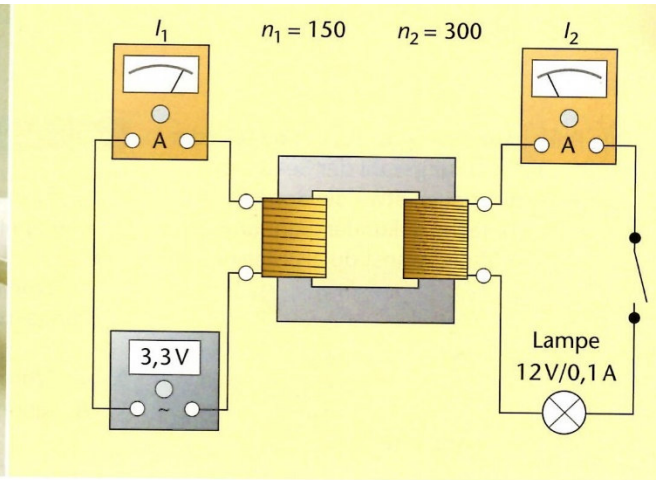
Lösung:  $U_1 = 10\,000 \text{ V}$

### 3. Lese den Infotext zur „Stromstärken am Transformator“ durch (S.212 + 213) und bearbeite Aufgabe 1 und 4.

S. 212



1 Ein Hochstromtransformator



2 Messung der Stromstärken

## ⊙ Stromstärken am Transformator

### Ein heißer Nagel

Der Transformator im Bild 1 ist an 230V angeschlossen. Die Sekundärspule wird mit einem dicken Nagel kurzgeschlossen. Die Windungszahlen von Primär- und Sekundärspule stehen im Verhältnis 100:1. Daher beträgt die Sekundärspannung nur etwa 2,3V. Kein gefährlicher Versuch, meinst du? Das ist ein Irrtum. Es geschieht etwas

Erstaunliches, wenn der Trafo eingeschaltet wird: Der Nagel wird heiß, beginnt zu glühen und schmilzt durch. Das geschieht, weil durch den Nagel ein sehr großer elektrischer Strom fließt. Nur bei sehr hohen Stromstärken beginnt ein Leiter zu glühen.

### Windungszahlen und Stromstärken

In einem Versuch wurde der Zusammenhang zwischen Windungszahlen und Stromstärken bei einem belasteten Trafo untersucht (▷ V 1b, c). Die Werte in der Tabelle (▷ B 3) zeigen, dass sich die Stromstärken genau umgekehrt wie die Windungszahlen verhalten. Wenn die Sekundärspule beispielsweise doppelt so viele Windungen wie die Primärspule hat, dann ist die Sekundärstromstärke  $I_2$  nur halb so groß wie die Primärstromstärke  $I_1$ .

Mathematisch kannst du dieses Verhältnis so ausdrücken:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Wie du mit dieser Formel beispielsweise die Sekundärstromstärke berechnen kannst, siehst du im Bild 4.

Primärkreis		Sekundärkreis		Verhältnis der ...	
Primärstromstärke $I_1$	Windungszahl $n_1$	Windungszahl $n_2$	Sekundärstromstärke $I_2$	Windungszahl $n_1 : n_2$	Stromstärken $I_1 : I_2$
130 mA	150	300	65 mA	150 : 300 (= 1 : 2)	130 mA : 65 mA (= 2 : 1)
300 mA	150	600	75 mA	150 : 600 (= 1 : 4)	300 mA : 75 mA (= 4 : 1)
4 mA	600	150	16 mA	600 : 150 (= 4 : 1)	4 mA : 16 mA (= 1 : 4)
250 mA	600	150	?	?	?
?	400	1000	30 mA	?	?

3 Zusammenhang zwischen Stromstärken und Windungszahlen

Bei dem Trafo im Bild 1 erkennst du, dass die Sekundärspule sehr viel weniger Windungen als die Primärspule hat. Dadurch verringert sich zwar die Spannung auf der Sekundärseite des Trafos. Gleichzeitig steigt aber dort die Stromstärke (Sekundärstromstärke) stark an. Solche Trafos werden als **Hochstromtransformatoren** bezeichnet.

### Der Leerlaufstrom

Die Primärspule eines Trafos ist ein langer, aufgewickelter Draht. Er hat wie jeder Draht einen Widerstand. Selbst wenn kein Gerät an der Sekundärspule angeschlossen ist, fließt durch die Primärspule immer ein kleiner Strom ( $\triangleright V1a$ ). Dieser Strom heißt Leerlaufstrom. Dabei entsteht Wärme. Die Energie, die der Trafo dafür benötigt, wird nicht auf den Sekundärkreis übertragen. Das führt dazu, dass ein Trafo immer nur einen Teil der aufgenommenen Energie umsetzt.

**Die Stromstärken beim belasteten Transformator verhalten sich umgekehrt wie die Windungszahlen.**

gegeben:  $I_1 = 300 \text{ mA}$

$n_1 = 600$

$n_2 = 150$

gesucht: Sekundärstromstärke  $I_2$

Rechnung:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$I_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot I_1$$

$$I_2 = \frac{600}{150} \cdot 300 \text{ mA}$$

$I_2 = 1200 \text{ mA}$

Antwort: Die Sekundärstromstärke beträgt 1,2 A.

#### 4 Rechenbeispiel

## AUFGABEN

- Schreibe den folgenden Text ab und ergänze:  
„Wenn die Sekundärspule viermal so viele Windungen wie die Primärspule hat, dann ...  
Vertauscht man dagegen die Spulen, dann ...“
- a) Beschreibe den Zusammenhang zwischen den Stromstärken und den Windungszahlen bei einem Trafo. Formuliere in Worten und als Gleichung.  
 b) Forme die Gleichung aus Aufgabe 2a) nach allen Größen um.
- Schreibe die Tabelle im Bild 2 ab. Berechne die fehlenden Angaben.
- Erkläre den Unterschied zwischen einem Hochspannungs- und einem Hochstromtrafo.
- a) Begründe, warum der Nagel im Bild 1 zu glühen beginnt.  
 b) Die Stromstärke im Primärkreis des Trafos im Bild 1 beträgt etwa 3 A.  
Berechne die Stromstärke durch den Nagel. Berechne seinen elektrischen Widerstand.
- Leite einen Zusammenhang zwischen den Spannungen und den Stromstärken bei einem Transformator her. Formuliere in Worten und als Gleichung.

## VERSUCH

- Baue den Trafo so wie im Bild 2 auf.  
Achtung: Der Versuchsaufbau muss unbedingt von deiner Lehrerin/deinem Lehrer überprüft werden. Erst dann darfst du den elektrischen Strom einschalten und mit den Messungen beginnen!

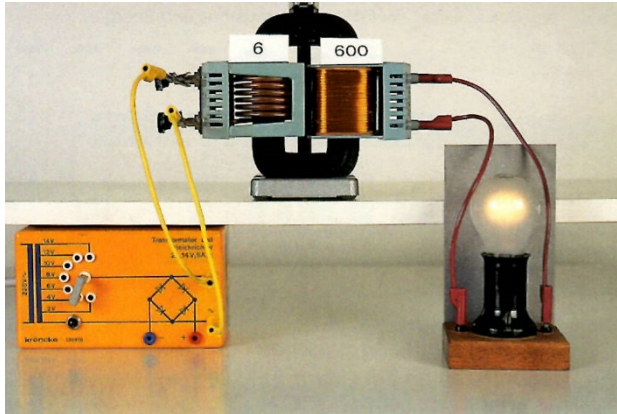
a) Bereite eine Messwerttabelle wie im Bild 3 vor. Baue den Trafo auf ( $\triangleright B2$ ). Miss im Sekundärkreis die Stromstärken  $I_0$  (Schalter offen) und  $I_g$  (Schalter geschlossen). Miss im Sekundärkreis die Stromstärke  $I_2$ .

b) Verändere die Windungszahlen von Primär- und Sekundärspule und wiederhole die Messungen. Trage alle Messwerte in die Tabelle ein.

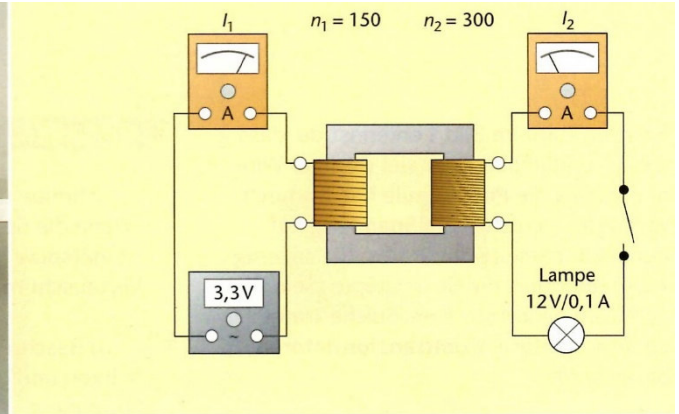
c) Vergleiche die Windungszahlen und die Stromstärken.  
Hinweis:  $I_0$  trägt nicht zur Energieübertragung im Trafo bei, deshalb musst du  $I_0$  von  $I_g$  abziehen. Berechne daraus die tatsächliche Primärstromstärke  $I_1$ .

4. Lese den Infotext zur „Leistung beim Transformator“ durch (S.214 + 215) und bearbeite Aufgabe 1 und 4.

S.214



1 Der Trafo überträgt Energie.



2 Zu Versuch 1

## Leistung beim Transformator

### Energie wird übertragen

Damit die Lampe leuchtet, ist Energie notwendig ( $\triangleright$  B1). Der Transformator nimmt diese Energie auf und überträgt sie vom Primär- auf den Sekundärkreis.

### Die Leistung bei einem idealen Trafo

Bei einem **idealen Transformator** nimmt man an, dass er ohne „Energieverluste“ arbeitet. Ein idealer Trafo gibt genauso viel

Energie auf der Sekundärseite ab, wie er an der Primärseite aufgenommen hat.

Das wird deutlich, wenn du die Eingangsleistung  $P_1$  (aufgenommene Energie pro Sekunde) mit der Ausgangsleistung  $P_2$  (abgegebene Energie pro Sekunde) vergleichst ( $\triangleright$  B3). Ein idealer Trafo gibt genauso viel elektrische Energie auf der Sekundärseite ab, wie er an der Primärseite aufgenommen hat.

Vergleich von Eingangs- und Ausgangsleistung

<b>Gegeben:</b>	<u>Primärspule</u>	<u>Sekundärspule</u>
	$I_1 = 0,125 \text{ A}$	$I_2 = 0,065 \text{ A}$
	$U_1 = 3,3 \text{ V}$	$U_2 = 6,3 \text{ V}$
<b>Lösung:</b>	<u>Eingangsleistung</u>	<u>Ausgangsleistung</u>
	$P_1 = U_1 \cdot I_1$	$P_2 = U_2 \cdot I_2$
	$P_1 = 3,3 \text{ V} \cdot 0,125 \text{ A}$	$P_2 = 6,3 \text{ V} \cdot 0,065 \text{ A}$
	$P_1 = 0,4125 \text{ W}$	$P_2 = 0,4095 \text{ W}$
	$P_1 \approx P_2$	

Die Eingangsleistung entspricht ungefähr der Ausgangsleistung.

3 Eingangs- und Ausgangsleistung eines idealen Trafos

Das liegt an den Gesetzmäßigkeiten bei einem Trafo: Man kann entweder die Spannung erhöhen (dann sinkt die Stromstärke) oder man kann die Stromstärke erhöhen (dann sinkt die Spannung). Beide Größen können nicht gleichzeitig erhöht werden.

### Energieumwandlung beim Trafo

Der Trafo einer Spielzeugeisenbahn oder Trafos in Netzteilen sind keine idealen Trafos. Bei ihnen wird ein geringer Teil der elektrischen Energie in Wärme umgewandelt.

Vielleicht hast du selbst schon einmal gespürt, dass ein Trafo warm wird, wenn er längere Zeit in Betrieb ist. Diese Wärme geht ungenutzt verloren. Ein „realer“ Trafo gibt deshalb weniger elektrische Energie ab, als er aufgenommen hat.

Weitere Energieverluste entstehen beispielsweise dadurch, dass das Magnetfeld der Primärspule nicht vollständig in die Sekundärspule gelangt. Somit kann durch diesen Teil des Magnetfelds keine Spannung induziert werden.

### Energie sparen mit dem Induktionsherd

In vielen Küchen werden Induktionsherde verwendet ( $\triangleright$  B 4). Die Energieübertragung funktioniert nach dem Trafoprinzip. Unter der Glaskeramikplatte des Herdes befindet sich eine Spule. Sie entspricht der Primärspule eines Trafos. Die Sekundärspule ist der Boden des stählernen Kochtopfs. Du kannst ihn dir als Spule mit einer einzigen geschlossenen Windung vorstellen.

Wenn durch die Primärspule ein Wechselstrom mit hoher Frequenz fließt, dann entsteht ein sich schnell änderndes Magnetfeld. Es durchsetzt auch den Topfboden. Dadurch wird im Topfboden ein Strom induziert und es kommt zu einer Erwärmung des Topfbodens. Die elektrische Energie wird direkt in Wärme im Topfboden umgewandelt. Steht kein Topf auf dem Herd, erfolgt auch keine Energieübertragung, die Herdplatte bleibt kalt.

**Bei einem idealen Transformator ist die aufgenommene Energie genauso groß wie die abgegebene Energie.**



4 Induktionsherd

Primärkreis		Sekundärkreis	
Primärstromstärke $I_1$	Windungszahl $n_1$	Windungszahl $n_2$	Sekundärstromstärke $I_2$
250 mA	150	300	65 mA
430 mA	150	600	75 mA

5 Messwerte bei einem belasteten Trafo bei einer Primärspannung von 4 V

### AUFGABEN

- Beschreibe, was man unter einem idealen Trafo versteht.
- Fasse zusammen, wodurch Energieverluste an einem Trafo auftreten können.
- Erkläre, warum man mit einem Trafo nicht gleichzeitig die Spannung und die Stromstärke vergrößern kann.
- Begründe, warum Handy-Ladegeräte nach der Aufladung des Handys aus der Steckdose gezogen werden sollen.
- a) Die Tabelle im Bild 5 zeigt Messwerte, die bei einem belasteten Trafo gemessen wurden. Übertrage die Tabelle in dein Heft. Berechne die Leerlaufströme.
  - b) Berechne die Primär- und die Sekundärleistungen.
- Die Primärspule eines idealen Transformators hat 1500 Windungen, die Sekundärspule hat 100 Windungen. Der Trafo wird an die Steckdose angeschlossen. Ein Strom von 12 A fließt durch ein Elektrogerät im Sekundärkreis. Skizziere diese Anordnung. Berechne die Primärstromstärke. Ermittle die Primär- und die Sekundärleistung des Trafos.
- Bei einem idealen Trafo gilt  $P_1 = P_2$ . Leite diesen Zusammenhang rechnerisch mit Hilfe der Formeln für Stromstärke und Spannungen her.

### VERSUCH

- Baue den Trafo wie in Bild 2 auf. Bestimme den Leerlaufstrom. Schließe eine Lampe (12 V/ 0,1 A) an die Sekundärspule an. Miss die Primär- und die Sekundärstromstärke. Bestimme die Leistung im Primärkreis und im Sekundärkreis.

Viel Erfolg. Solltest du Fragen haben, kannst du mir eine E-Mail (christiane.schulte@hanseschule-attendorn.de) schicken.

Viele Grüße Christiane Schulte