

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,  
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

---

**Der Transformator**  
**Protokoll:**

---

Praktikant: Felix Kurtz  
Michael Lohmann  
E-Mail: felix.kurtz@stud.uni-goettingen.de  
m.lohmann@stud.uni-goettingen.de  
Betreuer: Björn Klaas  
Versuchsdatum: 10.09.2014

Testat:
---------

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Durchführung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
4.1	Spannungsquelle . . . . .	5
4.2	Übersetzungsverhältnis . . . . .	6
4.3	Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom . . . . .	6
4.4	Leistung . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>7</b>

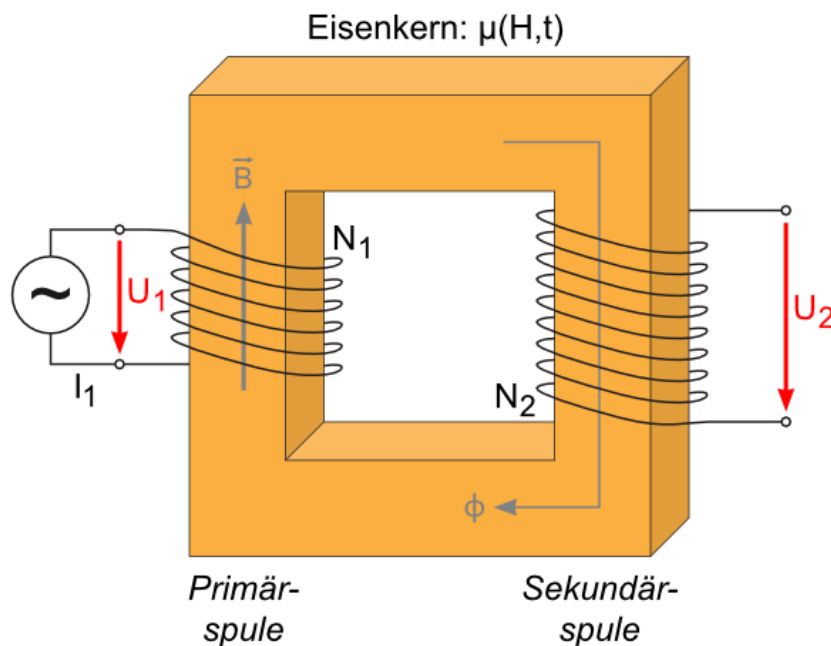
## 1 Einleitung

Im Alltag werden immer wieder *Transformatoren* benötigt, um Spannungen oder elektrische Ströme zu vergrößern/verkleinern. So wird elektrische Energie über große Distanzen mittels *Hochspannungsleitungen* übertragen, um Verluste zu minimieren. Dabei werden Spannungen jenseits der 10kV verwendet. Bei einer Steckdose im Haushalt beträgt die Spannung jedoch nur 230V.

In diesem Versuch soll die Funktionsweise eines Transformators betrachtet werden. Dabei wird auch der *belastete* Transformator untersucht.

## 2 Theorie

In der folgenden Abbildung 1 sind die grundlegenden Bestandteile eines Transformators zu sehen. Dabei ist  $U_1$  die Spannung,  $I_1$  die Stromstärke sowie die  $N_1$  Windungszahl der *Primärspule*. Analog dazu ist auf der Ausgangsseite die *Sekundärspule*.



**Abbildung 1:** Schema eines Transformators <sup>1</sup>

Bei einem *idealen*, unbelasteten Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis  $u$  gilt folgendes:

$$u = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

<sup>1</sup><https://lp.uni-goettingen.de/get/text/4245>, 01.09.2014

Aufgrund der Lenzschen Regel sind die Spannungen bzw. Ströme um  $180^\circ$  phasenverschoben.

### 3 Durchführung

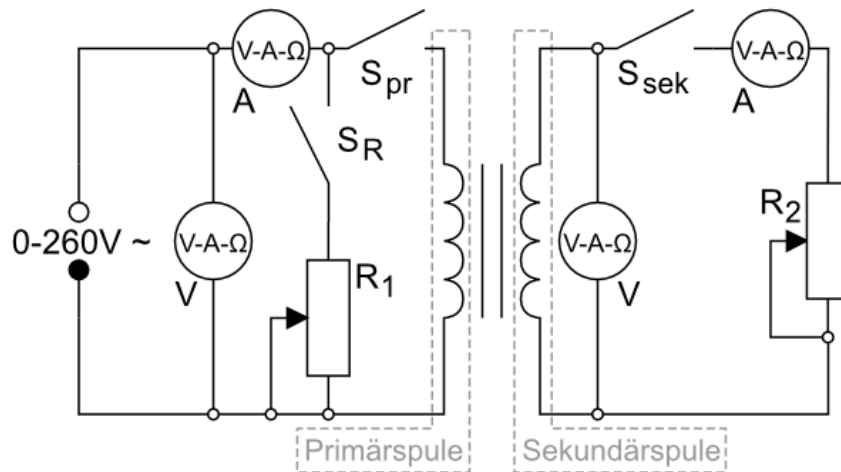


Abbildung 2: Schaltplan des Versuchsaufbaus

Zuerst wird im **unbelasteten Fall** (Sekundärkreis nicht geschlossen)  $U_1$  in Abhängigkeit von  $I_1$ . Da hier keine Widerstände in Betrieb sind, erfolgt die Regelung des Stroms über die Wechselspannungsquelle. Man nimmt mindestens 20 Werte auf, auch welche bei hohen Spannungen. Jetzt wird  $U_2(U_1)$  gemessen. Nach Tauschen der Anschlüsse ist die andere Spule Primärspule und man misst wieder die Spannung der Sekundärspule (jetzt  $U_1$ ) in Abhängigkeit der Primärspannung. Dabei sollte  $U_2 \leq 20\text{V}$  sein.

Nachdem die Anschlüsse wieder zurück getauscht wurden, wird nun der **belastete Transformator** gemessen. Dazu wird der Sekundärkreis geschlossen. Man achte darauf, dass die Spannung immer vor Öffnen und Schließen eines Schalters auf Null heruntergefahren wird, da sonst hohe Induktionsströme auftreten und diese die Sicherungen der Messgeräte zerstören. Noch ist  $R_1$  nicht geschaltet und an Spule 1 liegt eine Spannung von 200 V an. Mit dem Schiebewiderstand  $R_2$  wird der Sekundärstrom  $I_2$  auf 1 A geregelt und der zugehörige Primärstrom  $I_1$  notiert. Nun wird der Widerstand  $R_1$  anstelle des Transformator in den Primärkreis geschaltet und so verstellt, dass der nun fließende Strom  $I_R$  gleich dem zuvor notierten Wert  $I_1$  ist. Danach wird die Primärspule parallel zum Schiebewiderstand geschaltet, und der Gesamtstrom  $I_{\text{ges}}$  bei gleichem Sekundärstrom  $I_2$  wie zuvor gemessen. Die ganze Messung wird für die Spulenströme 2, 3, 4, und 5 A durchgeführt sowie für 0 A. Bei letzterer Messung wird der Sekundärkreis geöffnet.

Die Phasenverschiebung zwischen Primärspannung und -strom wird mit dem Oszilloskop

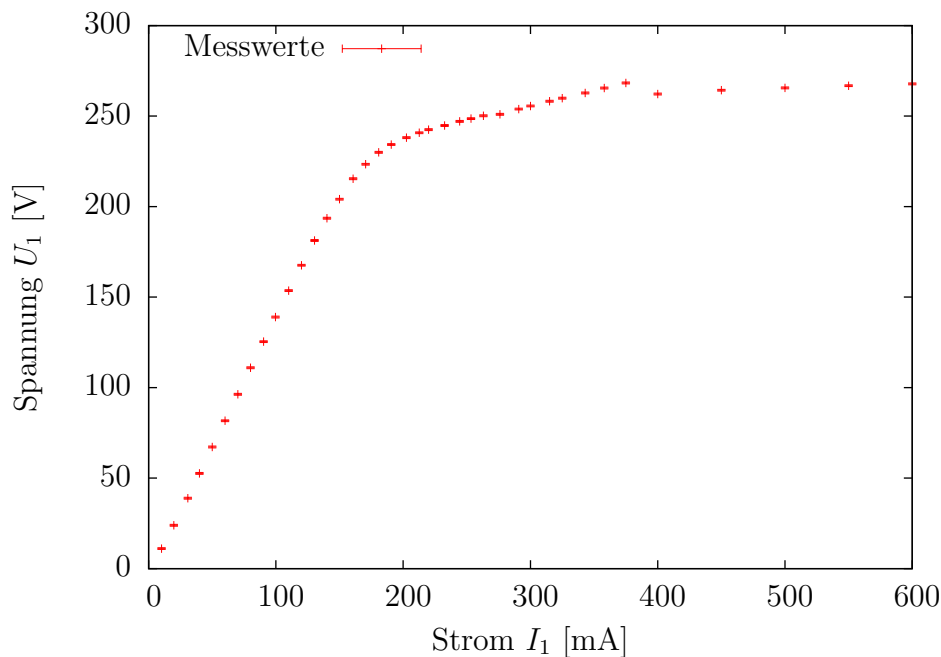
beobachtet und mit dem zugehörigen Drucker zur weiteren Auswertung ausgedruckt. Dabei wird die Primärspannung über den Tastkopf (10x) an Channel 1 des Oszilloskops gelegt, während der Strom an Channel 2 anliegt. Dabei wird die *Stromzange* verwendet. Außerdem ist  $R_1$  nicht im Primärkreis geschaltet.

Nun schaltet man das Oszilloskop in den *x-y-Mode* und beobachtet die Änderungen der Kurve bei Veränderung der Last, also den gleichen Strömen  $I_2$  wie zuvor. Die entsprechenden Ergebnisse werden wieder ausgedruckt.

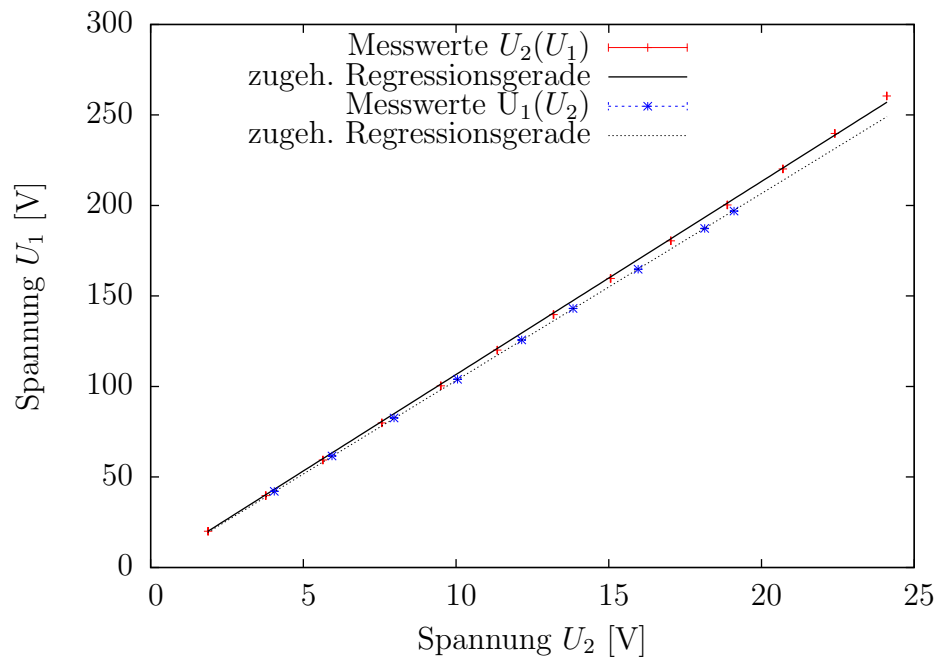
## 4 Auswertung

### 4.1 Spannungsquelle

In Abbildung 3 ist die Primärspannung gegen den Primärstrom beim unbelasteten Transformator aufgetragen. Bei einem idealen Transformator würde man eine Ursprungsgerade erwarten. Dies ist hier jedoch nur bis etwa 150 mA richtig. Danach steigt die Spannung langsam bis zu einer gewissen *Sättigungsspannung*. Der Widerstand muss also immer größer werden. Dies lässt sich damit erklären, dass der Eisenkern gänzlich magnetisiert ist.



**Abbildung 3:** Spannung in Abhängigkeit des Stroms



**Abbildung 4:** Abhängigkeiten zwischen Primär- und Sekundärspannung

## 4.2 Übersetzungsverhältnis

Trägt man die Primärspannung gegen die Sekundärspannung auf (Abb.4), ist die sich ergebende Geradensteigung das Übersetzungsverhältnis  $u$ . Dies folgt aus (1). Da wir einmal  $U_2$  in Abh. von  $U_1$  gemessen haben und das andere Mal  $U_1(U_2)$ , ergeben sich auch zwei Geraden mit den Steigungen  $u = 10.663 \pm 0.025$  und  $u = 10.331 \pm 0.007$ . Der gewichtete Mittelwert beträgt:

$$u = 10.353 \pm 0.007 \quad (2)$$

## 4.3 Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom

### 4.4 Leistung

Bei einer Spannung  $U = 200 \text{ V}$  und einem Strom  $I_2 = 5 \text{ A}$ , also  $I_1 = 0.48 \text{ A}$  ergibt sich mit der oben berechneten Phasenverschiebung  $\delta = (0.5031 \pm 0.016) \text{ rad}$  (gewichteter Mittelwert aus Oszi- und Lissajous-Messung) ergeben sich folgende Wirk- und Verlustleistungen:

$$P_{\text{wirk}} = (84.1 \pm 0.7) \text{ W} \quad P_{\text{verlust}} = (46.3 \pm 1.3) \text{ W}$$

Für ein Handyladegerät er

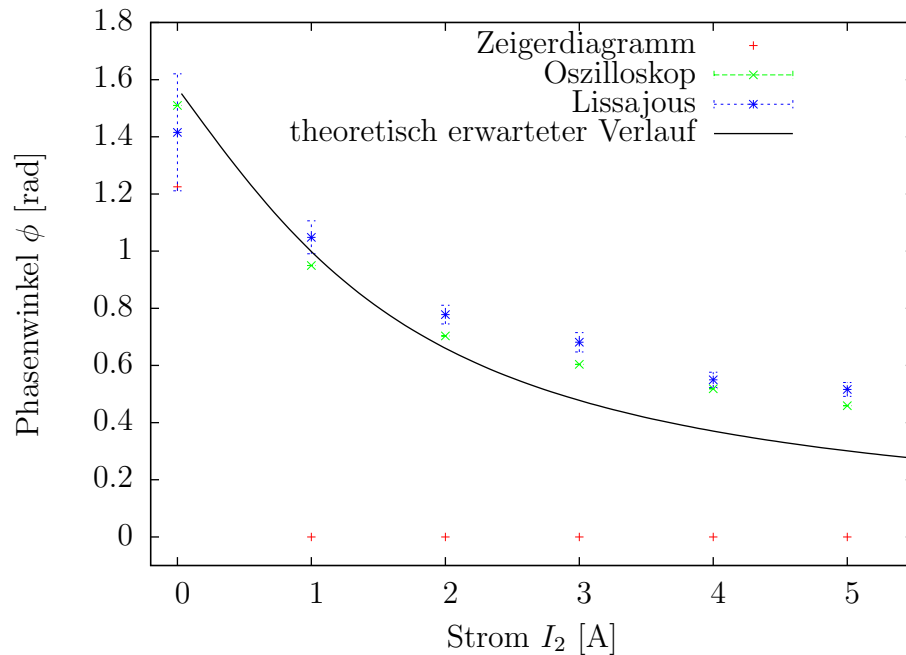


Abbildung 5: Phasenverschiebung

## 5 Diskussion

Die Bestimmung der Phasenverschiebung mittels **Zeigerdiagramm** lieferte keine brauchbaren Ergebnisse. So sind zwar in Abb. 5 Werte für 1A - 5A zu sehen. Jedoch wurde hier der arccos aus einer Zahl größer 1 berechnet. Das Programm *Gnuplot* setzt einen solchen Wert auf 0. fiel uns schon während des Versuches auf, da  $I_{\text{ges}}$  in etwa doppelt so groß war wie  $I_1$ . Also wäre die Phasenverschiebung konstant bei 0. Uns ist jedoch immer noch schleierhaft, warum bei dieser Messung solche Werte gemessen wurden. Auch die anderen beiden Gruppen hatten das gleiche Phänomen. Für zukünftige Praktikanten sollte dies untersucht und evtl. behoben werden. Falls unser Aufbau fehlerhaft war, muss darauf in Zukunft in der Praktikumsanleitung hingewiesen werden.

Da das **Übersetzungsverhältnis** meist ganzzahlig ist, gehen wir bei unserem Ergebnis (2) davon aus, dass das tatsächliche Verhältnis  $u = 10$  ist. Somit haben wir eine Abweichung von etwa 3.5%.