

Protokoll Demonstrationsübungen II

Transformatoren

Referent: Florian Wetzel
Vortragsdatum: 07.11.2008



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Inhalt

1.....Bleigießen ohne offenes Feuer.....	2
2.....Schweißgerät.....	3
3.....Funkenschlag am Hörnerblitzableiter	4
4.....Gleichstrom-Stromkreis mit Transformator und Schalter	5
5.....Abhängigkeit – Spannung/Windungszahl.....	6
6.....Abhängigkeit – Spannung/Windungszahl (Belasteter Transformator).....	8
7.....Hochspannungsleitung	10

1. Bleigießen ohne offenes Feuer

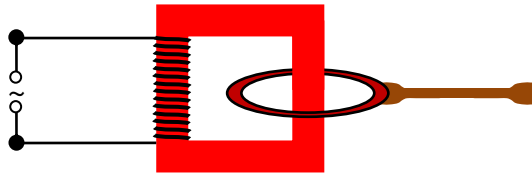
1.1. Zielsetzung und Rahmen

Motivation zur Unterrichtsreihe Transformatoren (alternative Motivationen: Schweißgerät, Hörnerblitzableiter – siehe Folgeversuche)

1.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Spannung, Spule

1.3. Prinzipaufbau



1.4. Durchführung und Auswertung

Es empfiehlt sich, die Schaltung mit einem Schalter zu versehen, falls der Versuch von nur einer Person durchgeführt wird. Die Spannungsquelle liefert ca. 40V, die Primärspule hat 250 Windungen.

In den Ring, der als Sekundärspule eingespannt ist, wird ein Stückchen Blei gelegt, anschließend wird der Stromkreis geschlossen. Nach etwa 1min beginnt das Blei zu schmelzen. Ist dies geschehen, so schaltet man den Strom ab, öffnet das Eisenjoch und kann das geschmolzene Blei in ein Wassergefäß schütten, wo es wie beim Bleigießen zu Silvester zu einer zufälligen Form erstarrt.

1.5. Geräteliste

Spartrafo

Kabel

Spule ($n=250$)

Eisenjoch

Ringwanne mit Holzgriff

Glasgefäß

1.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

OHP (siehe Folie 1)

1.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

1.8. Erfahrungen

1.8.1. Grenzen des Experiments

1.8.2. Verbesserungen

1.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Schalter einbauen, wenn alleine gearbeitet wird!
- Vorher klar machen, mit welcher Hand was getätigt werden soll!

1.9. Allgemeine Bemerkungen

-

2. Schweißgerät

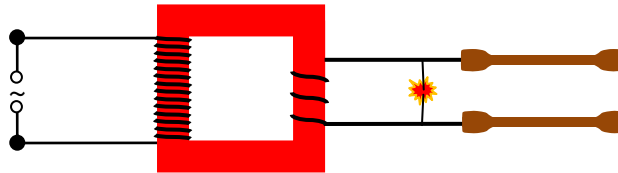
2.1. Zielsetzung und Rahmen

Motivation zur Unterrichtsreihe Transformatoren (alternative Motivationen: Bleigießen, Hörnerblitzableiter – siehe vorigen und nachfolgenden Versuch)

2.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Spannung, Spule

2.3. Prinzipaufbau



2.4. Durchführung und Auswertung

Die Spannungsquelle liefert ca. 50V, die Primärspule hat 250 Windungen. Zunächst greift man die Schweißzange so, dass man sie mit einer Hand bedienen kann. Dann schließt man mit der anderen Hand den Stromkreis. Führt man nun die Nägel an der Schweißzange zusammen, so fangen die beieinanderliegenden Enden an zu glühen und es schlagen Funken.

2.5. Geräteliste

Spartrafo
Kabel
Spule ($n=250$)
Eisenjoch
Schweißzange

2.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

OHP (siehe Folie 1)

2.7. Sicherheitsvorkehrungen

Handschuh für die Hand an der Schweißzange

2.8. Erfahrungen

2.8.1. Grenzen des Experiments

2.8.2. Verbesserungen

2.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Schalter einbauen, wenn alleine gearbeitet wird!
- Vorher klar machen, wie man die Zange mit einer Hand greifen und bedienen kann!

2.9. Allgemeine Bemerkungen

-

3. Funkenschlag am Hörnerblitzableiter

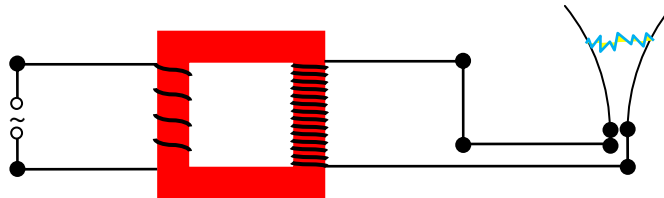
3.1. Zielsetzung und Rahmen

Motivation zur Unterrichtsreihe Transformatoren (alternative Motivationen: Bleigießen, Schweißgerät – siehe vorherige Versuche)

3.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Spannung, Spule

3.3. Prinzipaufbau



3.4. Durchführung und Auswertung

Die Spannungsquelle liefert ca. 50V, die Primärspule hat 125 Windungen, die Sekundärspule 23.000. Wenn man den Hörnerblitzableiter richtig justiert hat und den Stromkreis schließt, so kann man einen Funkenschlag zwischen den Hörnern beobachten, der an der schmalsten Stelle entsteht, nach oben wandert und dort abreißt, bevor unten wieder ein neuer Funke entsteht. Der Funke entsteht an der engsten Stelle, da die Luft zwischen den Hörnern einen elektrischen Widerstand darstellt und dieser an der engsten Stelle am geringsten ist. Der Funke wandert dann nach oben, was bestimmt auch durch die thermische Konvektion hervorgerufen wird, hauptsächlich jedoch durch den Querdruck der magnetischen Feldlinien im Funken. Diesen kann man näherungsweise als stromdurchflossenen Leiter betrachten. In solchen lassen sich diverse Kräfte auf Grenzflächen aus Stoffen mit unterschiedlicher Permeabilität beobachten. Der Effekt, der in diesem Versuch zum Tragen kommt, hat den Hintergrund, dass die Feldlinien das Bestreben haben, sich weit möglichst voneinander zu entfernen. Die Kraft des so genannten Querdrucks ist so gerichtet, dass der magnetische Widerstand möglichst klein wird. Dies ist der Fall, wenn der Funke nach oben wandert.

3.5. Geräteliste

Spartrafo
Kabel
Spule ($n=250$)
Spule ($n=23.000$)
Eisenjoch
Hörnerblitzableiter

3.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

OHP (siehe Folie 2)

3.7. Sicherheitsvorkehrungen

Warnschild: Hochspannung

3.8. Erfahrungen

3.8.1. Grenzen des Experiments

3.8.2. Verbesserungen

3.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Hörner vor Versuch justieren und eingestellt lassen – Friemelarbeit!

- 1kV durchschlägt ca. 0,5cm Luft

3.9. Allgemeine Bemerkungen

-

4. Gleichstrom-Stromkreis mit Transformator und Schalter

4.1. Zielsetzung und Rahmen

Notwendigkeit von Wechselstrom

4.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Spannung, Spule, Gleichstrom, Wechselstrom, Induktion

4.3. Prinzipaufbau



4.4. Durchführung und Auswertung

Der Stromkreis wird mit einer Gleichstromquelle betrieben. Schaltet man den Stromkreis ein, so leuchtet das Lämpchen kurz auf, ebenfalls beim Ausschalten. Ansonsten bleibt das Lämpchen aus.

Daraus kann man folgern, dass im Sekundärkreislauf nur ein Strom fließt, wenn eine Änderung im Primärkreislauf stattfindet. Dies lässt sich auf den Effekt der Induktion zurückführen. Daraus kann man nun schließen, dass zum Verwenden von Transformatoren Wechselstrom benötigt wird.

4.5. Geräteliste

Wechselstromquelle

Kabel

2x Spule ($n=250$)

Eisenjoch

Lampenfassung

Lämpchen (6V/6W)

4.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

OHP (siehe Folie 3)

4.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

4.8. Erfahrungen

4.8.1. Grenzen des Experiments

4.8.2. Verbesserungen

4.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Lämpchen entsprechender Maximalspannung verwenden!
- Induktionsspannung beim Einschalten ist größer als beim Ausschalten!
- Spitzenspannungen beim Ein- und Ausschalten größer als zu erwartende Induktionsspannung!

4.9. Allgemeine Bemerkungen

-

5. Abhängigkeit – Spannung/Windungszahl

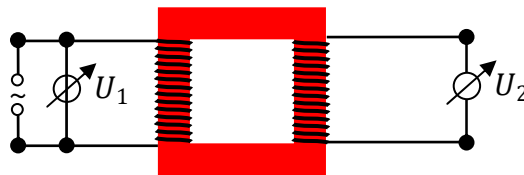
5.1. Zielsetzung und Rahmen

Abhängigkeit zwischen Spannung und Windungszahl erarbeiten

5.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Spannung, Spule, Windungszahl

5.3. Prinzipaufbau



5.4. Durchführung und Auswertung

Bei diesem Versuch gibt es 4 Parameter, die verändert werden können: Die Spannung U_1 des Primärkreislaufs und die des Sekundärkreislaufs U_2 , sowie die Windungszahlen der beiden Spulen n_1 und n_2 . Um nun eine gewisse Abhängigkeit zu zeigen, habe ich den Versuch in zwei Teilversuche aufgeteilt. Zunächst habe ich die Primärspannung U_1 konstant gehalten um durch Verändern der Windungszahlen auf einen Zusammenhang zur Sekundärspannung U_2 schließen zu können. Im zweiten Teil habe ich dann das Windungsverhältnis $\frac{n_2}{n_1}$ konstant gehalten um durch Variation der Primärspannung U_1 auf einen Zusammenhang zur Sekundärspannung U_2 schließen zu können.

Den Versuch habe ich mit zwei Spulen mit Windungszahlen von $n_1 = n_2 = 250$ durchgeführt, die jeweils auch nur mit der Hälfte ihrer Windungszahlen betrieben werden können.

In meiner Präsentation habe ich folgende Werte erhalten ($U_1 = const$):

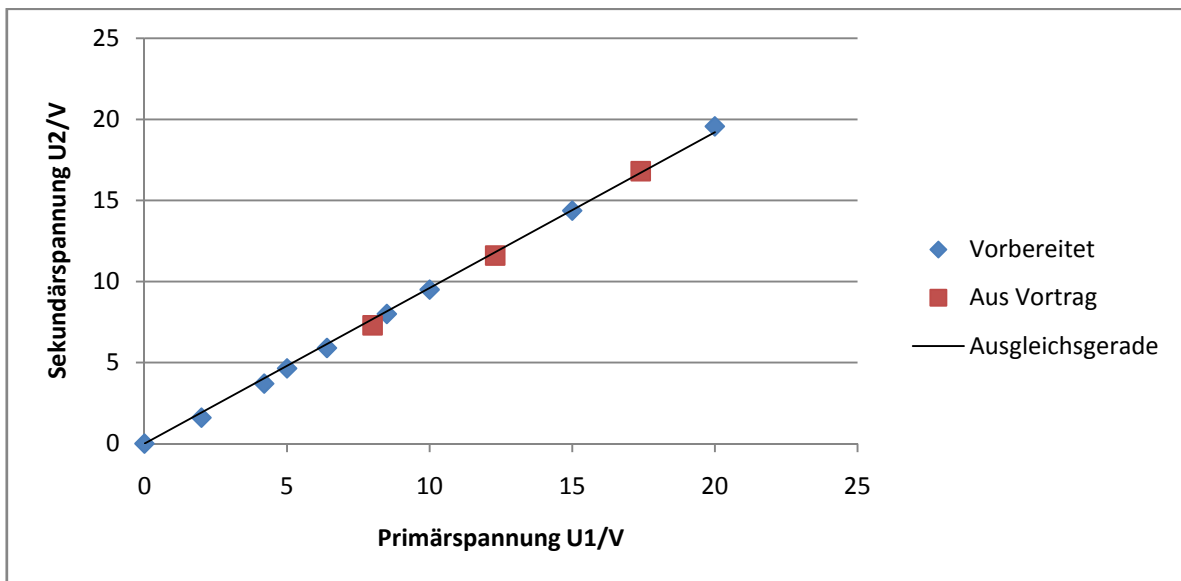
n_1	n_2	$\frac{n_2}{n_1}$	U_2/V
250	125	0,5	3,9
250	250	1	8
125	250	2	17

Aus diesen Ergebnissen kann man auf eine Proportionalität zwischen der Sekundärspannung und dem Verhältnis der Windungszahlen schließen: $U_2 \sim \frac{n_2}{n_1}$ (Berechnet man den Proportionalitätsfaktor, so erhält man in etwa die jeweilige Primärspannung)

Im zweiten Teil waren meine Ergebnisse folgende ($\frac{n_2}{n_1} = \frac{250}{250} = 1$):

U_1/V	U_2/V
8	7,3
12,3	11,6
17,4	16,8

Diese Werte habe ich in mein vorbereitetes Diagramm eingefügt, in dem ich bereits zuvor erarbeitete Werte eingetragen hatte:



Aus diesem Diagramm kann man sehr schön die Proportionalität zwischen der Primär- und der Sekundärspannung ableiten: $U_1 \sim U_2$

Betrachtet man nun die Steigung der Gerade, so erkennt man, dass es sich in etwa um das Windungsverhältnis handelt.

Aus diesen beiden Proportionen in Verbindung mit den erhaltenen Proportionalitätsfaktoren kann man nun auf den Zusammenhang $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ schließen.

5.5. Geräteliste

Spartrafo
 Kabel
 2x Spule (n=250)
 Eisenjoch
 2x Spannungsmessgerät

5.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

OHP (siehe Folie 4)

5.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

5.8. Erfahrungen

5.8.1. Grenzen des Experiments

5.8.2. Verbesserungen

5.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Spulen mit möglichst kleiner Windungszahl verwenden (kleinste Fehler)
- Möglichst vor jeder Messung Nullmessung durchführen (Geräte eichen)
- Möglichst nach jeder Messung Transformatoren entladen (erden)
- Möglichst gleiche Messgeräte verwenden (Messfehler gleich groß)

5.9. Allgemeine Bemerkungen

-

6. Abhängigkeit – Spannung/Windungszahl (Belasteter Transformator)

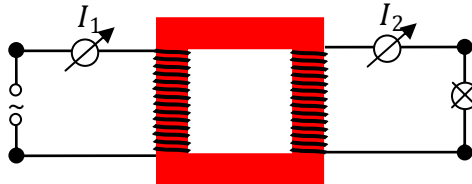
6.1. Zielsetzung und Rahmen

Abhängigkeit zwischen Strom und Windungszahl erarbeiten

6.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Spannung, Spule, Windungszahl, Strom

6.3. Prinzipaufbau



6.4. Durchführung und Auswertung

Auch diesen Versuch habe ich aus dem zuletzt erwähnten Grund in zwei Teile aufgeteilt. Die hier auftauchenden Parameter sind neben den Windungszahlen die Ströme in den beiden Stromkreisläufen.

Im ersten Teil habe ich den Sekundärstrom konstant gehalten und bei jedem verwendeten Windungsverhältnis den Primärstrom entsprechend gewählt. Dabei erhielt ich folgende Ergebnisse ($I_2 = 1A$):

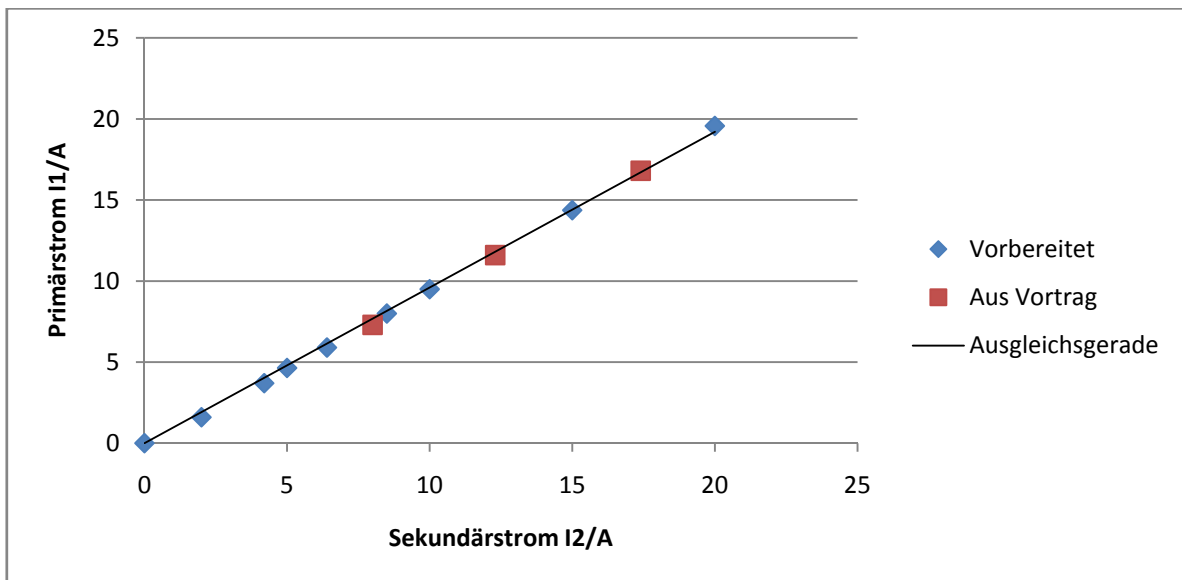
n_1	n_2	$\frac{n_2}{n_1}$	I_1/A
250	125	0,5	0,51
250	250	1	1,1
125	250	2	2,25

Auch hier lässt sich wieder eine Proportionalität zwischen Primärstrom und Windungsverhältnis feststellen: ($I_1 \sim \frac{n_2}{n_1}$)

Im zweiten Teil habe ich das Windungsverhältnis konstant gehalten und den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärstrom untersucht ($\frac{n_2}{n_1} = \frac{250}{250} = 1$):

I_1/A	I_2/A
0,69	0,63
1,05	0,95
0,33	0,31

Diese Werte habe ich in mein vorbereitetes Diagramm eingefügt, in dem ich bereits zuvor erarbeitete Werte eingetragen hatte:



Auch hier lässt sich eine Proportionalität feststellen. Mit den beiden Teilversuchen kann man auf folgenden Zusammenhang schließen: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2}{U_1}$

Dies entspricht auch der Vorstellung einer gleichbleibenden Leistung $P = UI$.

6.5. Geräteliste

Spartrafo
 Kabel
 2x Spule (n=250)
 Eisenjoch
 2x Strommessgerät
 Lampenfassung
 Lämpchen (6V/6W)

6.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

OHP (siehe Folie 5)

6.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

6.8. Erfahrungen

6.8.1. Grenzen des Experiments

6.8.2. Verbesserungen

6.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Spulen mit möglichst kleiner Windungszahl verwenden (kleinste Fehler)
- Möglichst vor jeder Messung Nullmessung durchführen (Geräte eichen)
- Möglichst nach jeder Messung Transformatoren entladen (erden)
- Möglichst gleiche Messgeräte verwenden (Messfehler gleich groß)

6.9. Allgemeine Bemerkungen

-

7. Hochspannungsleitung

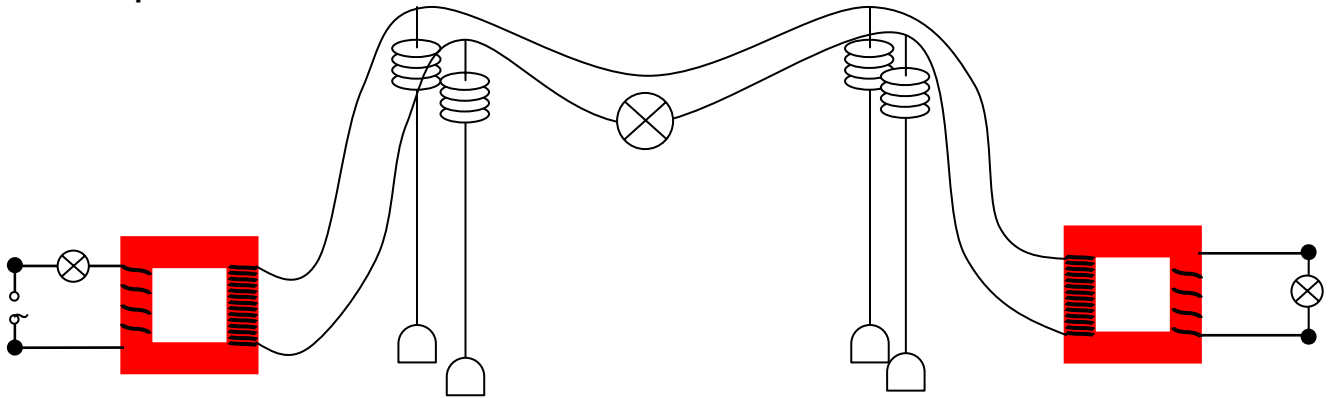
7.1. Zielsetzung und Rahmen

Funktionsweise von Hochspannungsleitungen, Umspannwerken, Haushalten, Kraftwerken,...

7.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Spannung, Spule, Induktion, Leistung

7.3. Prinzipaufbau



7.4. Durchführung und Auswertung

Mithilfe zweier Transformatoren wird die Primärspannung zunächst in Hochspannung und anschließend wieder auf die herkömmliche Spannung transformiert. In die drei Stromkreise sind wie in der Skizze zu sehen 3 Lämpchen eingebaut. Die Frage, die sich nun stellt, ist welches Resultat wird erzielt, wenn man die Lämpchen einzeln aus ihrer Fassung dreht und damit den jeweiligen Stromkreis unterbricht.

Dreht man das erste Lämpchen aus dem Primärstromkreis, so erlöschen auch die anderen beiden. Wird der Primärkreislauf durchbrochen, so kann auch in den anderen Stromkreisen keine Spannung induziert werden.

Dreht man die zweite Lampe im Hochspannungskreis aus ihrer Fassung, so erlischt die dritte Lampe und die erste leuchtet schwächer.

Dreht man die dritte Lampe aus ihrer Fassung, so leuchten die beiden anderen Lampen schwächer. Diese beiden letzten Beobachtungen hängen damit zusammen, dass die Leistung bei der Transformation erhalten bleibt. Zum Betrieb der Glimmlampe wird eine gewisse Leistung benötigt, die im ersten Stromkreis erzeugt wird. Wird nun auch das dritte Lämpchen hinzu geschaltet, so wird auch im dritten Stromkreis eine gewisse Leistung benötigt, die zusätzlich im ersten Stromkreis erzeugt werden muss und den zweiten Stromkreis durchläuft. Daher leuchten beim Hinzuschalten der dritten Lampe die beiden anderen Lampen heller.

7.5. Geräteliste

Wechselstromquelle

Kabel

2x Spule ($n=250$)

2x Spule ($n=23000$)

2x Eisenjoch

2x Lampenfassung klein

1x Hochspannungsfassung

2x Lämpchen (2,5V/0,4A)

1x Glimmlampe

7.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

OHP (siehe Folie 6)

7.7. Sicherheitsvorkehrungen

Warnschild: Hochspannung

7.8. Erfahrungen

7.8.1. Grenzen des Experiments

7.8.2. Verbesserungen

7.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

-

7.9. Allgemeine Bemerkungen

-