


<b>Praktikum Elektrotechnik (ET)</b> <b>Versuch 1</b> <b>Elektrische Leistung, Arbeit und Wirkungsgrad</b> <b>Verhalten nichtlinearer Bauteile</b>				 Elektrotechnik und Technische Informatik Prof. Dr. Stefan Haas
Name	Vorname	Matr.-Nr.	Gruppe	Datum

## Inhalt

<b>1</b>	<b>ELEKTRISCHE LEISTUNG, ARBEIT UND WIRKUNGSGRAD</b>	<b>3</b>
1.1	FRAGEN ZUM VERSUCH	3
1.2	VERSUCHSAUFBAU (SKIZZE)	4
1.2.1	MITTELS KWH-ZÄHLER	4
1.2.2	MITTELS LEISTUNGSMESSER P	4
1.2.3	MITTELS STROM- UND SPANNUNGSMESSUNG (DIGITAL- MULTIMETER, STROMMESSZANGE)	4
1.3	VERSUCHSABLAUF:	4
1.4	VERSUCHSAUFGABE, DURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE	5
1.4.1	METHODE 1: KWH-ZÄHLER:	5
1.4.2	METHODE 2: WATTMETER:	5
1.4.3	METHODE 3: STROM – SPANNUNG – MESSUNG:	5
1.5	WÄRMEENERGIEHAUSHALT (WÄRMEMENGE)	6
1.5.1	ZUM VERGLEICH	7
<b>2</b>	<b>LED LEUCHTMITTEL: STROM, SPANNUNG UND LEISTUNGSFAKTOR</b>	<b>8</b>
2.1	VERSUCHSBESCHREIBUNG UND AUFBAU	8
2.2	VERSUCHSABLAUF:	8
2.3	VERSUCHSAUSWERTUNG UND ERGEBNISSE:	8
2.4	VERSUCHSABSCHLUSS (GESPRÄCH MIT BETREUER) ÜBER DIE BEIDEN EXPERIMENTE:	9
<b>3</b>	<b>STROM - SPANNUNGSKURVEN VON NICHTLINEAREN BAUTEILEN</b>	<b>10</b>
3.1	EINLEITUNG	10
3.2	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	10
3.3	VERSUCHSPROTOKOLL	11
3.3.1	MESSWERTE UND BERECHNUNGEN	11
3.3.2	KENNLINIEN UND DIAGRAMME	13
3.4	VERSUCHSAUSWERTUNG UND ERGEBNISSE	16
3.4.1	REIHENSCHALTUNG VON 40W UND 60W GLÜHLAMPE	16

## Einleitung und Hinweise

**Dem Laborpersonal ist Folge zu leisten und folgen Sie bitte die Hinweise in der Laborordnung. Ein Verstoß führt zum Ausschluss und damit ist eine Klausurteilnahme nicht möglich!**

In diesem Versuch zum Praktikum Elektrotechnik werden grundlegende Messgeräte wie das Digital-Multimeter, der analoge Leistungsmesser, die AC- Strommesszange sowie der kWh Stundenzähler eingesetzt.

Die Beschreibung der technischen Zusammenhänge der verwendeten Messgeräte sind im Dokument „**Technische\_Beschreibung\_Versuche**“ zu finden, welches vor dem Praktikum gelesen werden soll. Diese Beschreibung wird an jedem Versuchsplatz ausgedruckt ausgelegt und dient als Nachschlagewerk. Bitte lassen Sie diese Unterlage dort auch liegen!

Nach dem ersten Praktikum sollten Sie in der Lage sein, die Messgeräte grundlegend zu erklären, bedienen, sowie Messungen und Auswertungen vorzunehmen. Ebenfalls sollten auch der Einbau und Konfiguration der Messgeräte für die jeweilige Messung anwendbar sein. Daher sind die entsprechenden Beschreibungen sorgfältig zu beachten. Die Berechnungen und zu erstellenden Graphen müssen im Versuchsprotokoll sorgfältig ausgeführt werden. Jeder Teilnehmer muss ein eigenes Versuchsprotokoll erstellen.

Dieses Versuchsprotokoll kann in ausgedruckter Form oder digital im ersten Praktikum genutzt werden. Ohne die Möglichkeiten der o.g. Bearbeitung des Versuchsprotokolls ist eine Teilnahme nicht möglich. Beachten auch die Formatvorgaben (z. B. Graphenbeschriftung).

Jegliches Verwenden sowie Kopieren der Versuchsprotokolle von anderen Teilnehmern wird als Täuschung gewertet und führt ebenfalls zum Ausschluss im Praktikum.

Falls Sie vor, während oder auch nach Praktikum Fragen dazu haben dann können Sie sich jederzeit an die Betreuer wenden.

Sie erreichen uns per Email unter: [FEE-Praktikum@fh-aachen.de](mailto:FEE-Praktikum@fh-aachen.de)

## **1 Elektrische Leistung, Arbeit und Wirkungsgrad**

### **1.1 Fragen zum Versuch**

**Diese Fragen dienen der Vorbereitung auf den Versuch und sind vor dem Versuch schriftlich zu beantworten** (z.B. mit Hilfe des Vorlesungsskriptes)! Die Ausarbeitung wird von den betreuenden Assistenten kontrolliert. Bei fehlender Ausarbeitung gilt der Versuch als nicht vorbereitet und die Teilnahme wird nicht testiert bzw. führt zum Ausschluss!

1. Welcher prinzipielle Unterschied besteht zwischen einem elektrodynamischen Messwerk und einem Drehspulenmesswerk?
2. Warum ist bei einem elektrodynamischen Messwerk der Ausschlag des Zeigers proportional zum Produkt aus Spannung und Strom?
3. Welcher Fehler liegt vor, wenn der Zeiger des Leistungsmessgerätes in die falsche Richtung ausschlägt?
4. Wie sind die Innenwiderstände bei einem Multimeter, bezogen auf die Spannungsmessung und Strommessung?
5. Warum zeigt das Zangen- Amperemeter keinen Stromfluss an, wenn es an der Zuleitung des Wasserkochers angeschlossen wird?

## 1.2 Versuchsaufbau (Skizze)

Mit einem elektrischen Wärmegerät (Kocher) soll mit drei verschiedenen Messmethoden gleichzeitig die Arbeit bzw. Leistung bestimmt und anschließend der Wirkungsgrad bestimmt werden:

### 1.2.1 Mittels kWh-Zähler

Ist im Versuchsaufbau integriert, kann direkt genutzt werden.

### 1.2.2 Mittels Leistungsmesser P

- Zeigt die elektrische Wirkleistung an
- Gerät muss für Strom- und Spannungsmessung entsprechend angeschlossen werden.
- Strombereich am Gerät und Wahlschalter für Spannungsbereich beachten!

### 1.2.3 Mittels Strom- und Spannungsmessung (Digital- Multimeter, Strommesszange)

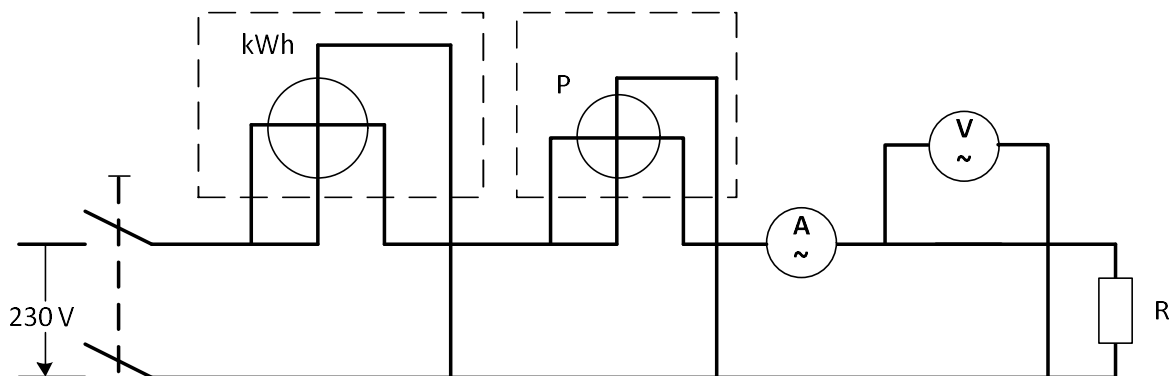
- Spannungsmessung (V) über Digital Multimeter
- Strommessung (A) mittels AC Strommesszange und Digital Multimeter
- Strombereich an Messzange beachten, Strommesszange gibt Messwert als AC Spannung aus, welche über Digital Multimeter angezeigt wird.

## 1.3 Versuchsablauf:

Verdrahten Sie die Schaltung, so wie in der Skizze dargestellt. Die Betreuer unterstützen Sie dabei. Beachten Sie die Hinweise zu den Messgeräten und schalten erst nach der Überprüfung der Schaltung durch den Betreuer die Spannung ein!

- Der Wasserkocher wird mit einer bestimmten Wassermenge befüllt, welche Ihnen vom Betreuer mitgeteilt wird.
- Anschließend wird das Thermoelement in den Kessel eingelegt und verklemmt (Deckel wird geschlossen).
- Vor dem Start des Versuches ist die Wassertemperatur aufzunehmen.
- Nach der Freigabe des Experimentes durch den Betreuer können Sie den Kochvorgang (und die Zeitnahme) starten. Bereiten Sie vorher die Zeitnahme, Messwertaufnahme und Überwachung des kWh Zählers vor.
- Das Experiment ist beendet, wenn die Wassertemperatur  $95^{\circ}\text{C}$  erreicht hat, damit kein Dampf entsteht. Mit dem Abschalten des Kochers wird die Zeit gestoppt.

*Hinweis: Nach der Durchführung des Experimentes entleeren Sie den Wasserkocher!*



## 1.4 Versuchsaufgabe, Durchführung und Ergebnisse

- ☐ Wassermenge: (hier die Wassermenge eintragen)  $m =$  l
- ☐ Wassertemperatur:  $\vartheta_{\text{kalt}} =$  °C
- ☐ *berechne*: Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta = 95^\circ\text{C} - \vartheta_{\text{kalt}} =$  K
- ☐ Versuchsdauer:  $t =$  s

### 1.4.1 Methode 1: kWh-Zähler:

- ☐ Anzahl der Umdrehungen der Zählerscheibe:  $n_{\text{Anzahl Umdrehungen}} =$
- ☐ Zählerkonstante:  $Z_{\text{des kWh-Zähler}} =$
- ☐ *berechne*:  $W_{\text{kWh-Zähler}}:$   $W =$  kWh = kW s

### 1.4.2 Methode 2: Wattmeter:

- ☐ Leistung Wattmeter: (*abgelesener Wert*):  $P =$  kW

### 1.4.3 Methode 3: Strom – Spannung – Messung:

- ☐ Spannung Multimeter  $U =$  V
- ☐ Strom: Wert Messzange/Multimeter  $U =$  V
- ☐ *berechne*: Strom I Messzange  $I =$  A
- ☐ *berechne*: Scheinleistung  $S =$  VA

Nebenrechnungen:



<div>Messung</div> <div>Methode</div>	<div>Arbeit</div> <div>[kJ]</div> <div>bzw. [kVAs]</div>	<div>Leistung</div> <div>[kW]</div> <div>bzw. [kVA]</div>																
1: kWh- Zähler	$W_{M1} =$ <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>									$P_{M1} =$ <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>								
2: Wattmeter	$W_{M2} =$ <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>									$P_{M2} =$ <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>								
3: Strom- Spannung	$W_{M3} =$ <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>									$S_{M3} =$ <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>								
Mittelwert von M1, M2 und M3	$\overline{W} =$ <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																	

□ Wärmemenge  $Q = \text{kWs}^{-1}$

□ Wirkungsgrad  $\eta =$   $\eta$  = %

Hinweis: Für die Berechnung des Wirkungsgrades nehmen Sie den Mittelwert der drei Verfahren der elektrischen Arbeit, die in der Tabelle aufgeführt sind.

<sup>1</sup> Hinweise in der Technischen Beschreibung

### 1.5.1 Zum Vergleich

(Messungen sind erfolgt und ausgewertet worden).

#### Ergebnisse 1,0 l Wassermenge

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Wärmeenergiehaushalt (Wärmemenge): | <b>Q</b> = 309,74 kJ                      |
| <input type="checkbox"/> Arbeit in Ws: für 1,0 l            | <b>Ws</b> = 339,6 kJ                      |
| <input type="checkbox"/> Wirkungsgrad:                      | <b><math>\eta</math></b> = 0,912 = 91,2 % |

#### Ergebnisse für 1,2 l Wassermenge

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Wärmeenergiehaushalt (Wärmemenge): | <b>Q</b> = 373 kJ                         |
| <input type="checkbox"/> Arbeit in Ws: für 1,2 l            | <b>Ws</b> = 397 kJ                        |
| <input type="checkbox"/> Wirkungsgrad:                      | <b><math>\eta</math></b> = 0,943 = 94,3 % |

#### Ergebnisse für 1,4 l Wassermenge

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Wärmeenergiehaushalt (Wärmemenge): | <b>Q</b> = 439,36 kJ                      |
| <input type="checkbox"/> Arbeit in Ws: für 1,4 l            | <b>Ws</b> = 460,02 kJ                     |
| <input type="checkbox"/> Wirkungsgrad:                      | <b><math>\eta</math></b> = 0,955 = 95,5 % |

#### Schlussfolgerungen und Kommentare

Vergleichen Sie die Ergebnisse der beiden Kochvorgänge.

Was fällt Ihnen auf?

## Experiment 2

### 2 LED Leuchtmittel: Strom, Spannung und Leistungsfaktor

#### 2.1 Versuchsbeschreibung und Aufbau

Im Experiment 2 soll ein LED Leuchtmittel untersucht werden. Dazu werden Spannung und Strom gemessen. Aus diesen Werten und die Information aus den technischen Daten über die Wirkleistung soll die Scheinleistung, Blindleistung und der Leistungsfaktor  $\cos \phi$  berechnet werden.

*Hinweis: Schalten Sie vor jeglicher Änderung im Aufbau die Spannung ab!*

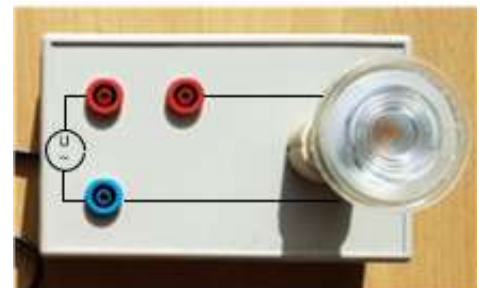
#### 2.2 Versuchsablauf:

Der Strom und Spannung wird jeweils mit einem Digital- Multimeter direkt gemessen, d.h. ein Multimeter wird für eine Strommessung vorbereitet. Wählen Sie den geeigneten Messbereich am Multimeter.

Dazu betrachten Sie die Leistung des Leuchtmittels ( $P = 5,5 \text{ W}$ ) und bestimmen (grob) den Strom und bauen es in den Stromkreis ein

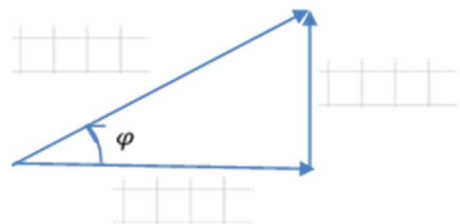
Nach Freigabe durch den Betreuer schalten Sie den Messaufbau ein sodass die LED leuchtet.

Nehmen Sie den Wert von Strom und die Spannung am Multimeter auf und **berechnen die Scheinleistung S, Blindleistung Q sowie den  $\cos \phi$ .**



#### 2.3 Versuchsauswertung und Ergebnisse:

Spannung  $U =$   V Strom  $I =$   mA



Scheinleistung  $S =$   VA  $P = 5,5 \text{ W}$  (aus Datenblatt)

Berechnen Sie die Blindleistung  $Q =$   Var

und den Leistungsfaktor  $\cos \phi =$



## 2.4 **Versuchsabschluss** (Gespräch mit Betreuer) über die beiden Experimente:

Besprechen Sie bitte die Ergebnisse mit Ihrem Betreuer. Begründen Sie ihre Antwort!

- Welcher Kochvorgang (Experiment 1 mit Vergleich der Ergebnisse für die doppelte Menge Wasser = I Wasser) ist effizienter? Begründung:



Wie bewerten Sie die Ergebnisse aus dem Experiment 2? Was fällt Ihnen auf?



### 3 Strom - Spannungskurven von nichtlinearen Bauteilen

#### 3.1 Einleitung

Spannung und Strom zeigen bei den meisten passiven Bauteilen einen linearen Zusammenhang gemäß dem Gesetz  $U = R \cdot I$ . Der Widerstand  $R$  hängt dabei nicht vom Strom  $I$  oder von der Spannung  $U$  ab.

Allerdings gibt es eine Temperaturabhängigkeit des Widerstandes gemäß der Beziehung:

$$R_{\zeta} = R_{20}(1 + \alpha \cdot \Delta T + \beta \cdot \Delta T^2 + \dots)$$

Dabei steht  $R_{20}$  für den Widerstandswert bei Raumtemperatur und  $R_{\zeta}$  für den Widerstand bei einer beliebigen anderen Temperatur  $T$ .  $\Delta T$  ist die Differenz dieser Temperatur zur Raumtemperatur, also  $\Delta T = T - 20^{\circ}\text{C}$ .

Bei Erwärmung steigt demgemäß (bei positiven Werten von  $\alpha$  und  $\beta$ ) der Widerstand an. Da die Temperatur des Widerstandes auch von der aufgenommenen Leistung abhängt, ergibt sich somit indirekt nun doch eine Abhängigkeit des Widerstandes von dem ihn durchfließenden Strom. In den meisten Schaltungen spielt dieser Effekt nur eine untergeordnete Rolle, da die Belastbarkeit der Widerstände normalerweise so ausgelegt wird, dass keine allzu starke Temperaturerhöhung erfolgt.

Gänzlich anders ist dies naturgemäß jedoch bei **Glühlampen**. Hierbei ist ja die Temperaturerhöhung gewünscht, damit der Glühfaden leuchtet. Hierbei kommt es zu sehr hohen Temperaturen, die eine starke Erhöhung des Widerstandes zur Folge haben.

#### 3.2 Versuchsdurchführung

Im Versuch sollen nun die Kennlinien von Glühlampen aufgenommen werden, um einen Eindruck von den Zusammenhängen zu vermitteln.

Hierzu wird eine Glühlampe an eine einstellbare Spannungsquelle geschaltet.

Bei einer für Netzspannung vorgesehenen Glühlampe wird bei einer kleineren Spannung auch eine kleinere Erwärmung des Glühfadens auftreten. Welche Strom-/Spannungscharakteristik erwarten Sie?



Im Versuch wird die Spannung mittels eines Stelltransformators bis zur Nennspannung variiert und in die Tabelle eingetragen. Zeichnen Sie mit den gefundenen Werten die Kennlinie Spannung über Strom!

### 3.3 Versuchsprotokoll

Berechnen Sie den jeweiligen Leistungswert sowie den Widerstandswert in Abhängigkeit (Temperatur?) von Strom und Spannung, und tragen Sie diesen in die Tabelle und in das Diagramm ein.

#### 3.3.1 Messwerte und Berechnungen

*Hinweis:* Für Wolfram gilt:  $\alpha_{20} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ ;  $\beta_{20} = 10^{-6} \text{K}^{-2}$ ;

Die Betriebstemperatur der Glühlampe von 2500°C tritt bei der Nennspannung von 230V auf!

Tabelle für 40W Glühlampe

U in V	I in mA	P in W	R in $\Omega$	Temperatur in °C
10				
30				
50				
100				
150				
230				

berechnen Sie:  $R_{20} (40 \text{ W}) =$   $\Omega$

Tabelle für 60W Glühlampe

U in V	I in mA	P in W	R in $\Omega$	Temperatur in °C
10				
30				
50				
100				
125				
150				
230				

**Achtung:** Messbereichsüberschreitung! Strom übersteigt 200mA! 10A Eingang am Multimeter verwenden!

berechnen Sie:  $R_{20} (60 \text{ W}) =$   $\Omega$

*Nebenrechnungen:*

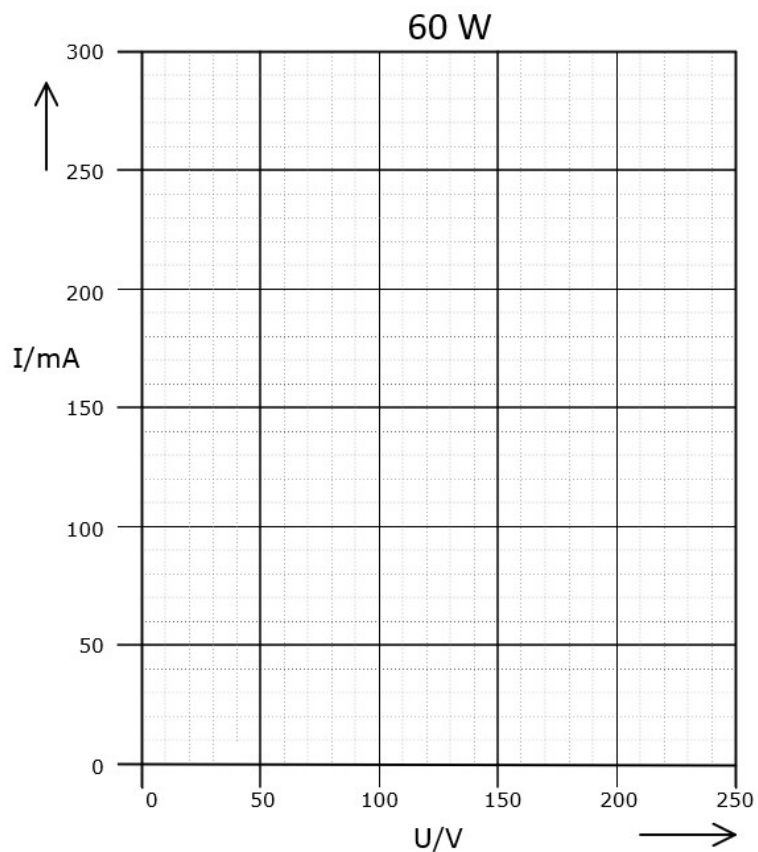
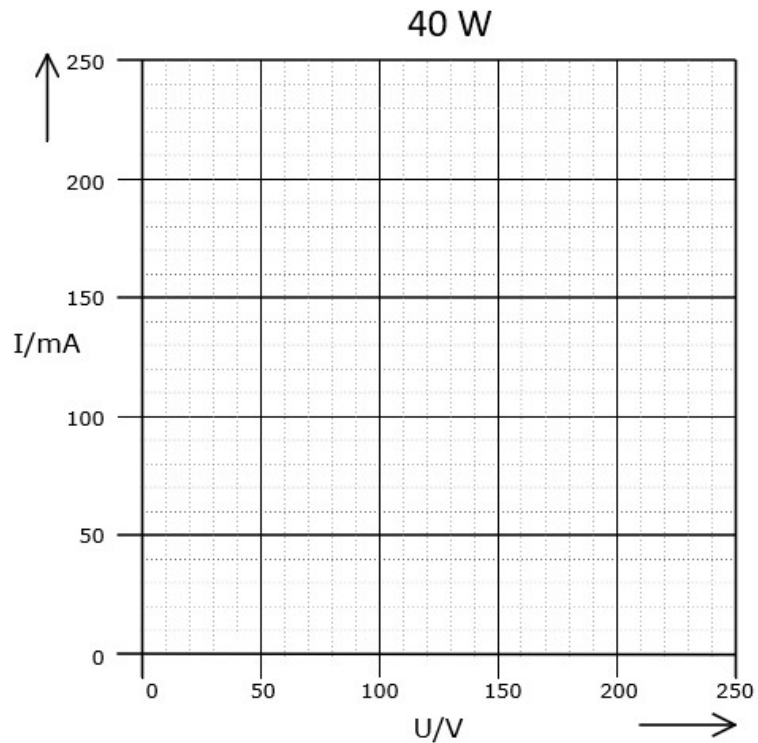


### 3.3.2 Kennlinien und Diagramme

*Hinweis:* Erstellen Sie in den folgenden Diagrammen, basierend auf die gemessenen und berechneten Werten, die Kennlinien.

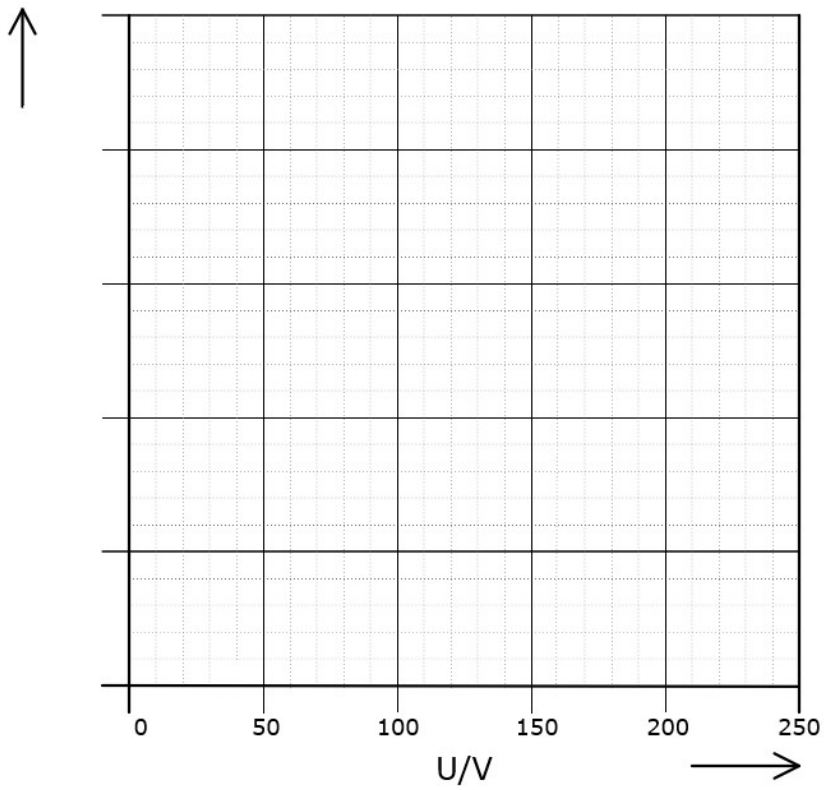
Wählen Sie dazu eine **sinnvolle Achsenbeschriftung und Einteilung**. Betrachten Sie auch den Wert bei 0 V.

**Strom über Spannung**

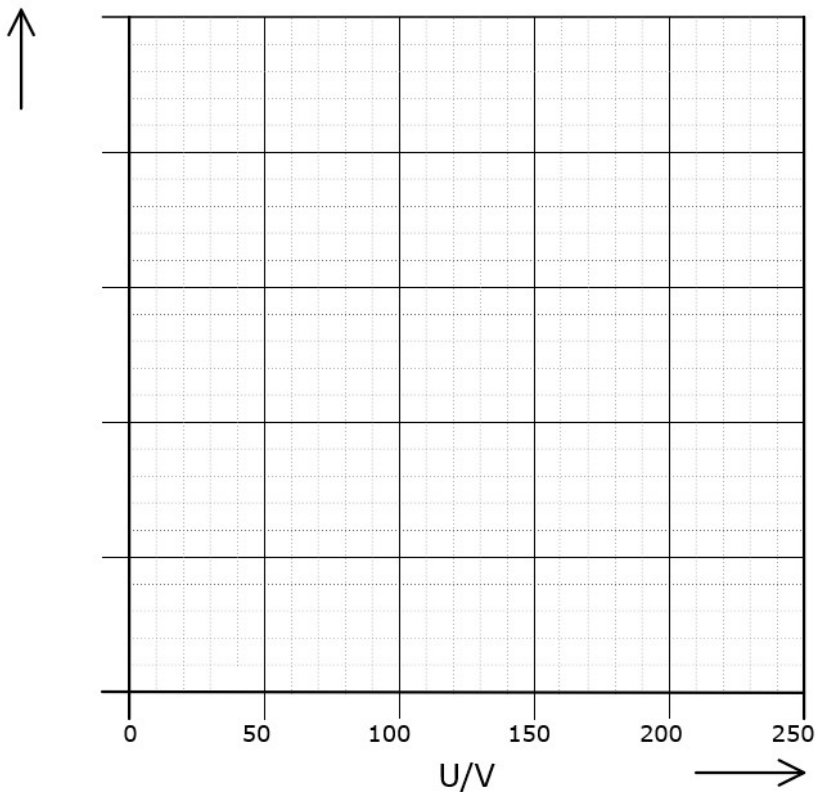


**Leistung über Spannung**

**40 W**

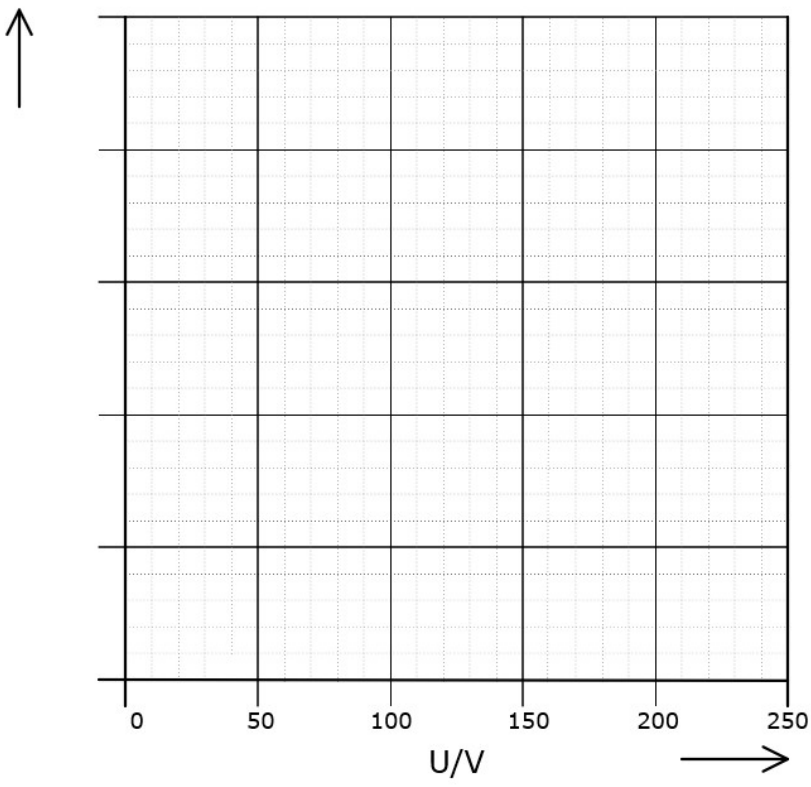


**60 W**

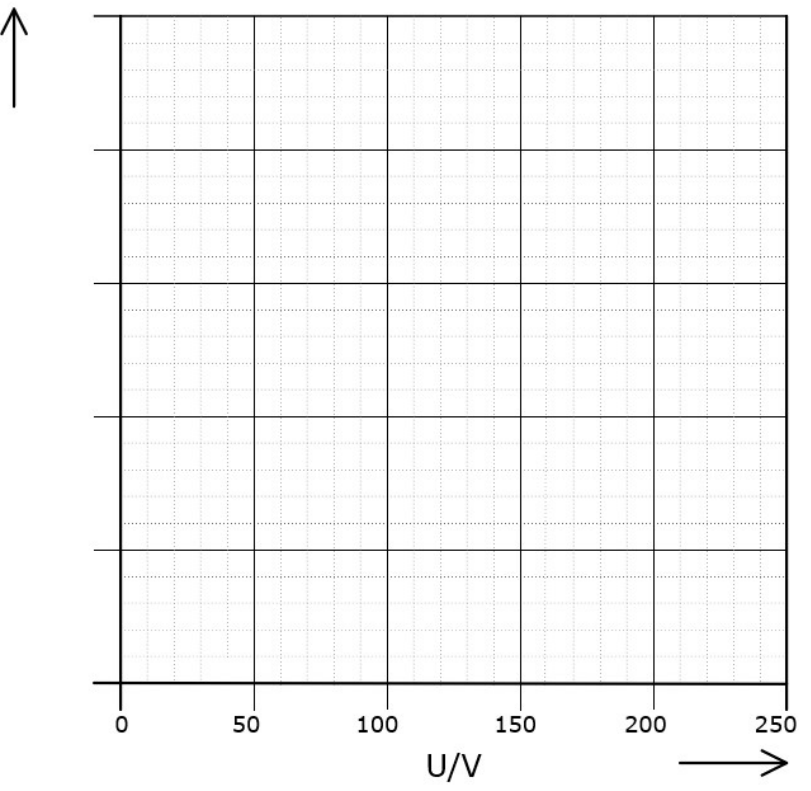


Widerstand über Spannung

40 W



60 W

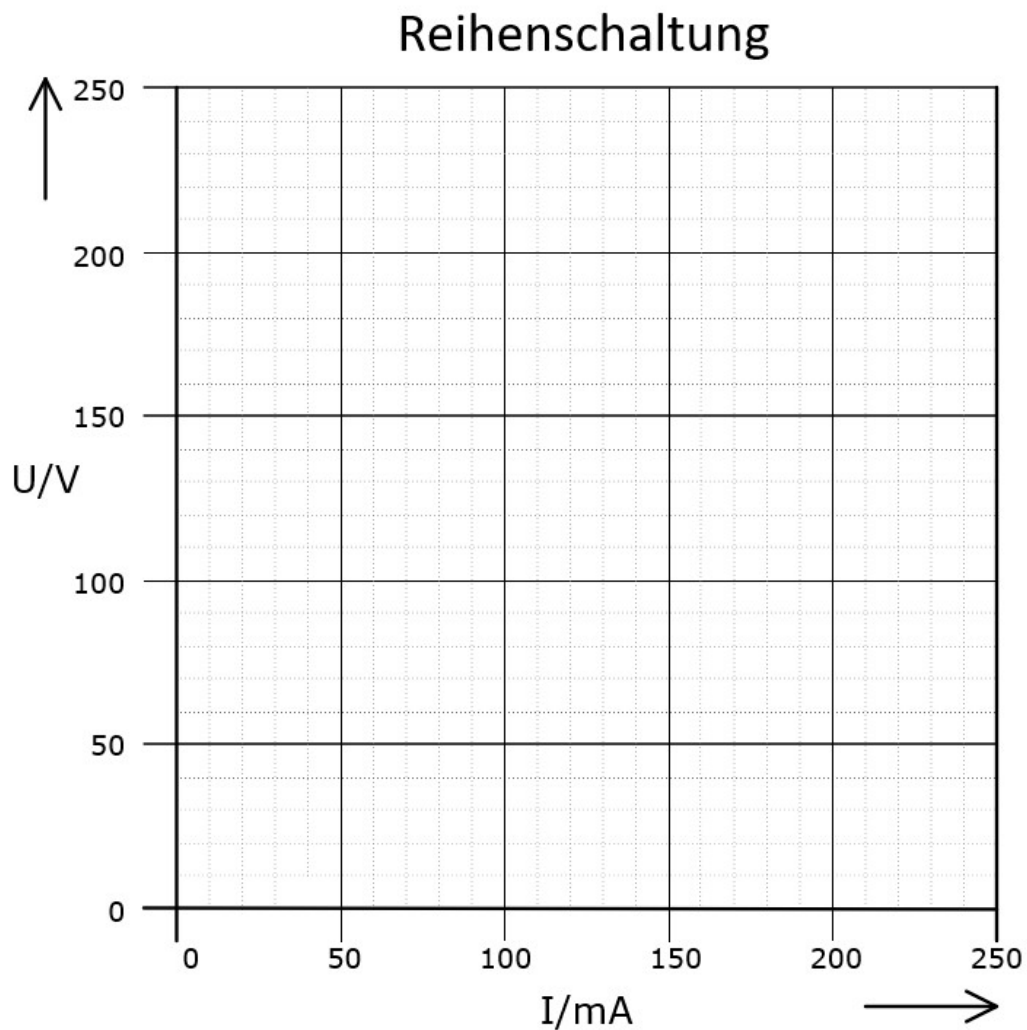


### Versuchsauswertung und Ergebnisse

#### 3.3.3 Reihenschaltung von 40W und 60W Glühlampe

Erstellen Sie die Kennlinie von Spannung über Strom, wenn die beiden Glühlampen, in Reihe geschaltet werden.

*Hinweis: Die Lösung soll grafisch ermittelt werden! Betrachten Sie dazu eine Reihenschaltung der beiden Lampen!*



Welcher Strom würde sich einstellen, wenn die 40W- und die 60 W-Lampe in Reihe an 220 V angeschlossen betrieben werden. Dazu können Sie das obere Diagramm nutzen.

*Kennzeichnen Sie den Lösungsweg.*



Strom  $I$  Reihenschaltung =      mA



**Welche (Teil)- Leistungen nehmen die Glühlampen dann jeweils auf?**

*Hierzu können Sie die vorher erstellten Diagramme verwenden!*

Teilleistung  $P_{\text{(Lampe 40 W)}}$  = W



Teilleistung  $P_{\text{(Lampe 60 W)}}$  = W



Leistung  $P_{\text{gesamt}}$  = W



Nach dem Gespräch räumen Sie bitte den Laborplatz so auf, wie Sie ihn vorgefunden haben.  
Vielen Dank!