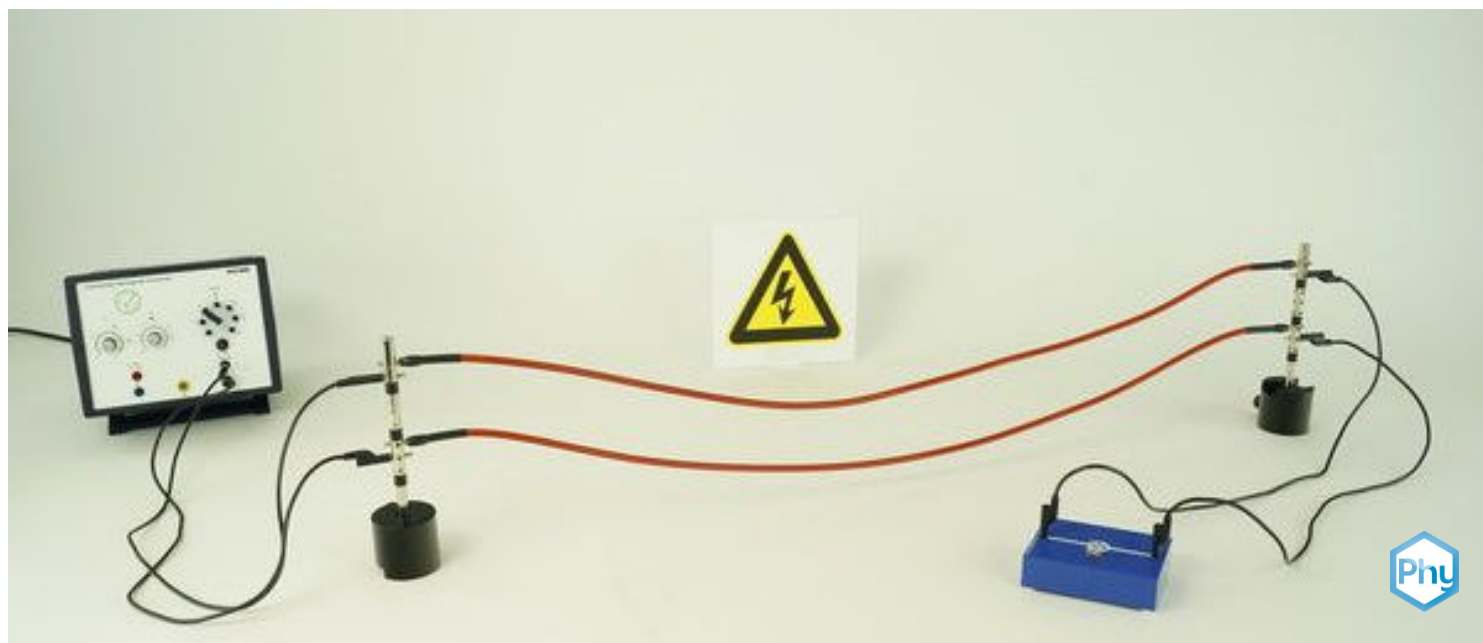


# Hochspannungsleitung (DEMO)



Physik

Elektrizität &amp; Magnetismus

Elektromagnetismus &amp; Induktion

Physik

Elektrizität &amp; Magnetismus

Nutzung elektrischer Energie / Energieversorgung



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

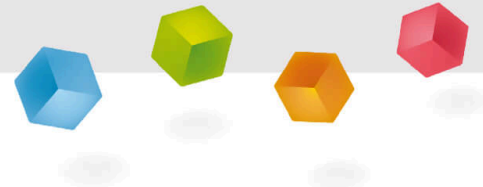
20 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/6048abede6a4ed00032d30f6>

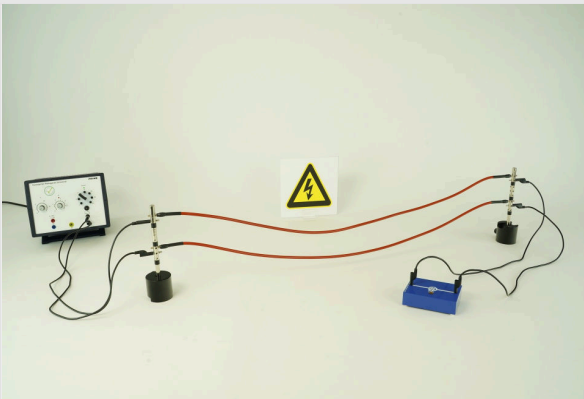
PHYWE



# Lehrerinformationen

## Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Mit Hilfe zweier Hochspannungstransformatoren können die Fernleitungsverluste zwischen Kraftwerk und Verbraucher trotz hohem Leitungswiderstand gering gehalten werden.

Dieser Versuch untersucht diesen Umstand und erklärt, warum Strom in Hochspannungsleitungen über große Entfernungen transportiert wird.

## Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

### Vorwissen



Die Schüler sollten mit dem Prinzip des Transformators vertraut sein.

### Prinzip



Wenn Wechselstrom durch eine Spule fließt erzeugt dieser ein variierendes Magnetfeld, welches wiederum einen Strom in eine weitere Spule induzieren kann. Dies wird genutzt um eine Hochspannung zu erzeugen, welche nach dem Transport wieder heruntertransformiert wird.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

### Lernziel



Die Schüler sollten verstehen, warum Hochspannung für den Transport von Strom genutzt wird.

### Aufgaben



Untersuche die Regulierung der Stromstärke über Erzeugung einer Hochspannung durch einen Transformator.

## Sicherheitshinweise (1/2)

PHYWE



Wechselspannungen über 25V sind berührungsgefährlich, wenn die Stromstärke größer als 0,5 mA ist. Im 2. Versuchsteil liegt an den Fernleitungskabeln eine solche **berührungsgefährliche** Spannung an.

Der Versuch darf nur von fachkundigem Lehrpersonal durchgeführt werden, auf keinen Fall dürfen Schüler den Versuch durchführen.

Im Versuchsaufbau wird mit berührungsgefährlicher Hochspannung experimentiert. Im Versuchsaufbau besteht keine ausreichend hohe Isolierung gegen diese berührungsgefährliche Hochspannung. Aus diesem Grund sind **unbedingt** die folgenden Anweisungen zu befolgen!

## Sicherheitshinweise (2/2)

PHYWE

- Als erstes ist das Warnschild „Hochspannung“ (z. B. 06543-00) aufzustellen.
- Die anzuschließende Schaltung (Versuchsaufbau) im stromlosen Zustand (absolute Netztrennung, Netzstecker ziehen!) erst vollständig aufbauen und nochmals überprüfen, bevor das System ans Netz angeschlossen und eingeschaltet wird.
- Eingriffe bzw. Änderungen am Versuchsaufbau dürfen auch nur im stromlosen Zustand vorgenommen werden.
- Wichtig: Führen Sie den Versuch mit nur einer Hand (andere Hand in der Hosentasche) durch, um die Gefahr eines elektrischen Stromschlages zu vermeiden.

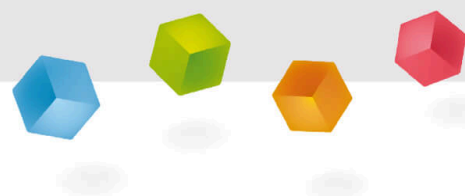
## Theorie

PHYWE

Durch den Widerstand in Leitungen gibt es Energieverluste. Bei Fernleitungen sind die Widerstände aufgrund ihrer Länge relativ groß. Die Energie wird in Form von Wärme abgegeben. Widerstände werden bei hohen Strömen und längerer Belastung warm. Um den Verlust möglichst gering zu halten sollten kleine Ströme fließen.

PHYWE

## Schülerinformationen



## Motivation

PHYWE

Mit Hilfe zweier Hochspannungstransformatoren können die Fernleitungsverluste zwischen Kraftwerk und Verbraucher trotz hohem Leitungswiderstand gering gehalten werden.

Dieser Versuch untersucht diesen Umstand und erklärt, warum Strom in Hochspannungsleitungen über große Entfernungen transportiert wird.



Umspannwerk

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Netzgerät, universal, RiSU 2019 DC: 0...18 V, 0...5 A / AC: 2/4/6/8/10/12/15 V, 5 A	13504-93	1
2	Tonnenfuß, für 1 Stange, d ≤ 13 mm	02004-00	2
3	Verteilerstütze, l = 235 mm	07924-00	2
4	Eisenkern, I-förmig, geblättert	06500-00	2
5	Eisenkern, U-förmig, geblättert	06501-00	2
6	Stifte für Eisenkern, U-förmig	06502-00	2
7	Spannvorrichtung für Eisenkerne	06506-00	2
8	Spule, 75 Windungen (primär)	06511-01	2
9	Spule, 10000 Windungen	06519-01	2
10	Warnschild, Gefährliche elektrische Spannung	06543-01	1
11	Halter für Warnschild	06549-01	1
12	Lampenfassung E 10 im Schaltkastengehäuse	06002-00	1
13	Glühlampe 6 V/0,5 A, E 10, 10 Stück	35673-03	1
14	Fernleitung - Modell, 2 Stück	07305-01	1
15	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, schwarz Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-05	4

## Aufbau und Durchführung (1/3)

PHYWE

### Versuchsteil 1

- Baue den Versuch nach Abb. 1 auf.
- Stecke die Enden der Fernleitungskabel jeweils in zwei isolierte Bereiche der Verteilerstützen.
- Schließe Netzgerät (Wechselspannungsausgang) und Glühlampe an die Fernleitungskabel an.
- Stelle 6 V~ ein.
- Schalte das Netzgerät ein und beobachte die Lampe.

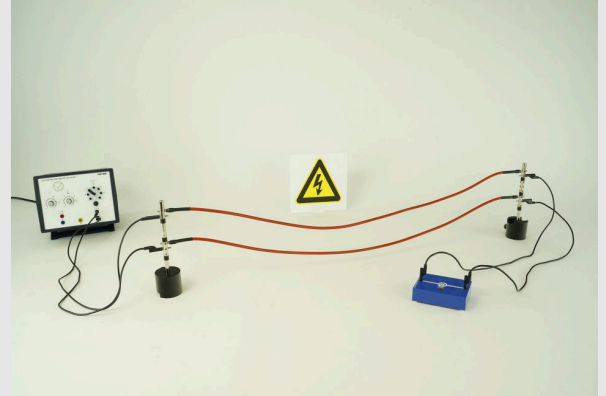


Abb. 1

## Aufbau und Durchführung (2/3)

PHYWE

### Versuchsteil 2

Sicherheitshinweis: Das Netzgerät muss ausgeschaltet sein!

- Setze zum Aufbau der Transformatoren auf die U-Kerne jeweils eine Spule mit 75 Windungen und eine Hochspannungsspule mit 10000 Windungen.
- Lege das Joch auf und drücke die Transformatoren mit Hilfe der Spannvorrichtungen fest zusammen.
- Baue den Versuch nach Abb. 2 auf.

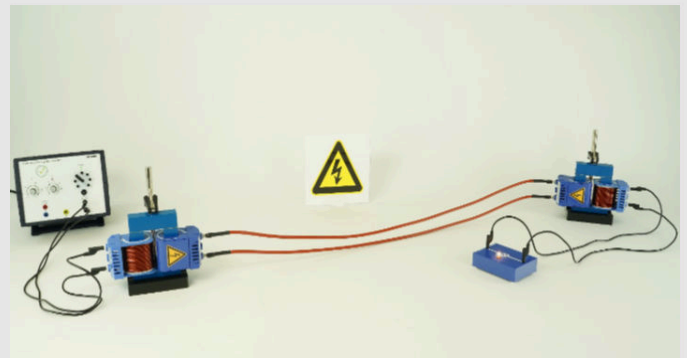


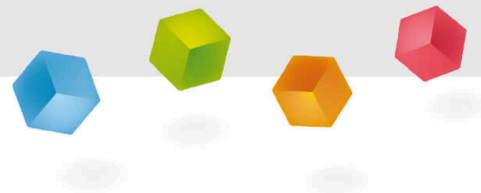
Abb. 2

## Aufbau und Durchführung (3/3)

PHYWE

- Verbinde mit der Hochspannungsfernleitung die beiden Spulen mit 10000 Windungen (Hochspannungsspulen) der Transformatoren.
- Verbinde die Niederspannungsspule des Sekundärtransformators mit der Glühlampe.
- Schließe die Niederspannungsspule des Primärtransformator an den Wechselspannungsausgang des Netzgerätes an.
- Stelle 6 V~ ein.
- Schalte das Netzgerät ein und beobachte die Lampe.

PHYWE



## Protokoll

## Aufgabe (1/7)

PHYWE

### Auswertung zu Versuchsteil 1:

Leuchtet die Lampe ohne Transformatoren?

☐ Ja, sehr deutlich☐ Nein☐ Ja, aber nur schwach

## Aufgabe (2/7)

PHYWE

### Auswertung zu Versuchsteil 2:

Leuchtet die Lampe im Aufbau mit Transformatoren?

☐ Ja, sehr deutlich☐ Ja, aber nur schwach☐ Nein

## Aufgabe (3/7)

PHYWE

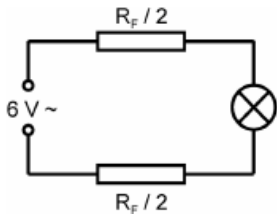


Abb. 3

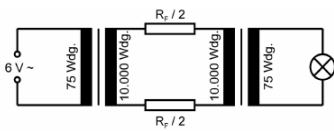


Abb. 4

## Versuchsteil 1

Das Fernleitungsmodell besitzt zwei Leitungen mit je einem Widerstand von je  $\frac{R_F}{2} = 50 \Omega$ .

Der Gesamtwiderstand des Modells beträgt:

$$R_F = \frac{R_F}{2} + \frac{R_F}{2} = 50 \Omega + 50 \Omega = 100 \Omega$$

Abb. 3 zeigt, dass die beiden Leitungen des Fernleitungsmodells und die Lampe in Reihe geschaltet sind und sich die beiden Widerstände  $R_F$  und  $R_L$  addieren.

## Aufgabe (4/7)

PHYWE

Ein maximal erreichbarer Wert für die Stromstärke lässt sich schon abschätzen, wenn für die Berechnung nur der Widerstand des Fernleitungsmodells berücksichtigt wird.

$$R_F = \frac{U}{I} \quad (1)$$

$$I = \frac{U}{R_F} = \frac{6 \text{ V}}{100 \Omega} = 60 \text{ mA}$$

Der Nennwert für die Stromstärke der Lampe ist:

$$I_L = 0,5 \text{ A} = 500 \text{ mA}$$

Sie leuchtet bei einer Stromstärke von nur 60 mA nicht.

## Aufgabe (5/7)

PHYWE

## Versuchsteil 2

Der erste Transformator transformiert die Wechselspannung  $U_1$  an der Primärseite in eine Wechselspannung  $U_2$  an der Sekundärseite im Verhältnis der Windungszahlen von Primärspule  $N_1$  und Sekundärspule  $N_2$ :

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

Die Spannung des Netzgerätes beträgt 6 V, damit ergibt sich eine Spannung an der Sekundärseite von:

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1 = \frac{10000}{75} \cdot 6 \text{ V} = 800 \text{ V}$$

## Aufgabe (6/7)

PHYWE

Um die für das Lämpchen benötigte Leistung von  $P_L = 6 \text{ V} \cdot 0,5 \text{ A} = 3 \text{ W}$  bei 800 V zu transportieren, ist im Hochspannungskreis nur ein relativ kleiner Strom  $I_2$  nötig:

$$P_L = U_2 \cdot I_2$$

$$I_2 = \frac{P_L}{U_2} = \frac{3 \text{ W}}{800 \text{ V}} = 3,75 \text{ mA}$$

Bei dieser Stromstärke fällt am Leitungswiderstand  $R_F = 100 \Omega$  eine Spannung  $U_F$  ab von

$$U_F = R_F \cdot I_2 = 100 \Omega \cdot 0,00375 \text{ A} = 0,375 \text{ V}$$

## Aufgabe (7/7)

PHYWE

Der Spannungsabfall ist vernachlässigbar. An der Sekundärspule des zweiten Transformators ergibt sich wieder 6 V. Im Lampenstromkreis befindet sich kein weiterer Widerstand mehr, die Glühlampe leuchtet hell.

Die Leistung  $P_F$ , die an den Fernleitungskabeln als Verlustleistung aufgewendet wird, beträgt:

$$P_F = U_F \cdot I_2 = 0,375 \text{ V} \cdot 3,75 \text{ mA} = 1,4 \text{ mW}$$

Die Verlustleistung an den Freileitungskabeln ist durch das Hochtransformieren der Spannung sehr gering geworden, weil bei gleicher Leistung bei höherer Spannung ein geringerer Strom fließt.

Folie

Punktzahl/Summe

Folie 15: Die Lampe ohne Transformatoren

0/2

Folie 16: Die Lampe mit Transformatoren

0/2

Gesamtpunktzahl

 0/4

Lösungen anzeigen



Wiederholen