

E01 Wechselspannung und Gleichspannung

H. Bender, A. Hinrichs, Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven,
Fachbereich Technik, Abteilung Photonik

Doc. 3. September 2002

1.1 Einführung

1.1.1 Ziel des Versuchs

In diesem Versuch sollen die elektrischen Größen wie Strom und Spannung, in Form von Wechselspannung und Wechselstrom, bzw. Gleichspannung und Gleichstrom vermittelt werden. Hierbei soll in die Nutzung von Multimeter und Oszilloskop eingewiesen werden.

1.1.2 Aufgabenstellung

- Kennenlernen der Funktionen eines Vielfachmessinstrumentes
- Kennenlernen der Funktionen eines Oszilloskops
- Transformieren einer Eingangsspannung in eine Ausgangsspannung
- Umwandeln einer Wechselspannung in eine Gleichspannung (Gleichrichtung)
- Stabilisieren einer Gleichspannung

1.1.3 Hinweis

Da Sie in diesem Versuch auch mit Spannungen arbeiten, welche bei Berührung mit dem Körper lebensbedrohlich sein können, lassen Sie sich bitte genauestens in den Versuchsaufbau einweisen.

1.2 Theorie

1.2.1 Elektrische Spannung

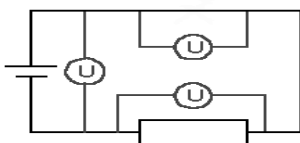


Abbildung 1.1: Schaltung

Stromquellen besitzen immer zwei Pole, mit unterschiedlicher Ladung (Also ein Pol mit Elektronenüberschuss, ein Pol mit Elektronenmangel). Zwischen diesen Polen besteht ein Drang zum Ladungsausgleich, der solange nicht erfolgt, solange keine leitende Verbindung zwischen den Polen hergestellt wird. Besteht eine Verbindung zwischen den Polen, kommt es zum Stromfluß, der zur Entladung der Pole führt, sofern die Stromquelle nicht für entsprechenden Nachschub sorgt. Die elektrische Spannung ist ein Maß für das Ausgleichsbestreben der Ladungen und ist unabhängig davon, ob Strom fließt oder nicht.

Über die elektrische Spannung kann folgende Aussagen gemacht werden:

- Die elektrische Spannung entsteht durch ein Ladungsungleichgewicht.
- Die elektrische Spannung ist die Ursache des elektrischen Stromes.
- Die elektrische Spannung ist ein Maß für das Ausgleichsbestreben von elektrischen Ladungen.

Bei Spannungen wird zwischen zwei Arten unterschieden:

aktiven Spannungen, d.h. Spannung zwischen den Polen von Stromquellen.

passiven Spannungen, d.h. Spannungsabfällen an Verbrauchern (z.B. Widerständen), zwischen deren Enden ebenfalls ein Ausgleichsbestreben für Ladungen besteht.

Man unterscheidet zwischen zwei Strom-/Spannungsarten:

Wechselstrom (AC)

Gleichstrom (DC)

Formelzeichen: U

1.2.2 Wechselspannung und Wechselstrom

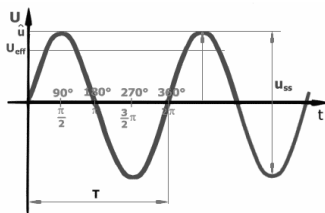


Abbildung 1.2: Wechselspannung

Spannung bzw. Strom der ständig Höhe und Polarität wechselt nennt man Wechselspannung bzw. Wechselstrom. Typischer Vertreter der Wechselspannung/ Wechselstrom ist der im Haushalt übliche „Strom aus der Steckdose“. Das Bild zeigt den zeitlichen Verlauf (t) einer sinusförmigen Wechselspannung (U). Die Sinusform kommt zustande weil die Spannung im Kraftwerk durch die Drehbewegung eines Generators erzeugt wird. Auf dem Bild sind verschiedene Größen dargestellt, die zur genaueren Beschreibung der Wechselgröße benötigt werden.

1.2.3 Gleichspannung

Spannung mit stets konstanter Höhe und Polarität nennt man Gleichspannung. Ein typisches Beispiel für Gleichspannungslieferanten sind Batterien. zeitlicher Verlauf (t) einer (positiven) Gleichspannung (U)

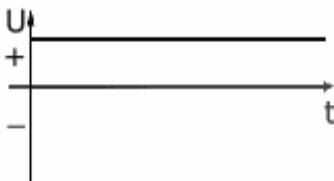


Abbildung 1.3: Gleichspannung

1.2.4 Scheitelwert

Der Scheitelwert \hat{u} (gelesen „u Dach“) gibt den Maximalwert der Spannung an. Neben der Bezeichnung Scheitelwert, ist auch die Bezeichnung Maximalwert üblich. In der Nachrichtenübertragungstechnik wird für den Maximalwert die Bezeichnung Amplitude verwendet. Bei einer reinen Wechselspannung sind der positive und der negative Maximalwert gleich groß. Bei einer Mischspannung sind die positiven und negativen Ausschläge nicht gleich groß, hier gilt dennoch, dass der Maximal- oder Scheitelwert der höchste Wert gegenüber 0 V ist (in den meisten Fällen ist auf der Zeitachse 0 V). In diesem Fall gibt es dann nur in einer Richtung einen Maximalwert (man könnte ggf. noch von einem positiven und negativen Maximalwert sprechen). Spitze-Spitze-Wert Der Spitze-Spitze-Wert gibt die Höhe des Ausschlages gemessen vom niedrigsten Wert bis zum höchsten Wert einer Wechselgröße an. Bei reinen Wechselgrößen entspricht

der Spitze-Spitze-Wert dem doppelten Maximalwert. Der Spannungs Spitze-Spitze-Wert U_{ss} berechnet sich bei reinen Wechselgrößen gemäß der Formel: $U_{ss} = 2 \cdot \hat{U}$

Ebenso berechnet sich der Strom Spitze-Spitze-Wert nach der Formel: $I_{ss} = 2 \cdot \hat{I}$

Neben der Bezeichnung U_{ss} und I_{ss} sind auch noch die Bezeichnungen U_{pp} und I_{pp} üblich.

1.2.5 Effektivwert

Der Effektivwert U_{eff} (üblich ist die Schreibweise U ohne den Index „eff“) entspricht dem Wert der Gleichspannung, der die gleiche Wirkung hat wie das entsprechende Quadrat der Wechselspannung. Bei Wechselstrom gibt der Effektivwert den Wert an, den eine Gleichstrom haben müsste, damit er die gleiche Wärmewirkung hat wie der Wechselstrom. Mathematisch gesehen ist der Effektivwert das Integral über das Quadrat der sinusförmigen Spannung bzw. des sinusförmigen Stromes während einer Periodendauer. Wird bei der Angabe von Wechselspannung keine zusätzliche Angabe gemacht, so ist immer der Effektivwert gemeint. Bei der im Haushalt üblichen Wechselspannung von 230 Volt handelt es sich ebenfalls um den Effektivwert. Zwischen dem Effektivwert U und dem Scheitelwert \hat{U} besteht folgender Zusammenhang: $Scheitelwert = \sqrt{2} \cdot Effektivwert$

$$\hat{U} = \sqrt{2} \cdot U$$

für Wechselstrom gilt entsprechend: $\hat{I} = \sqrt{2} \cdot I$

Durch Umformung der Gleichung erhält man die Gleichung zur Berechnung des Effektivwertes aus dem Maximalwert:

$$U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \tag{1.1}$$

für Wechselstrom gilt entsprechend:

$$I = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} \tag{1.2}$$

Der Wert $\sqrt{2}$, der das Verhältnis des Scheitelwertes zum Effektivwert angibt wird als Scheitelfaktor bezeichnet. Der Scheitelfaktor $\sqrt{2}$ entspricht in etwa dem Wert 1,41.

1.2.6 Gleichrichtung von Wechselströmen

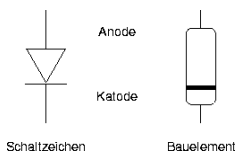
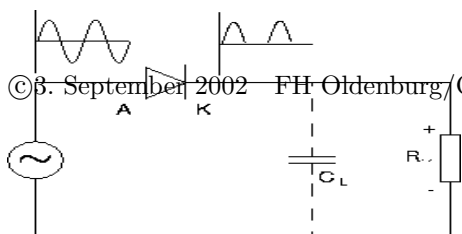


Abbildung 1.4: Schaltzeichen (links) und Ansicht einer Diode

Gleichrichter sind Bauelemente, die einen Stromfluß nur in einer Richtung, der Durchlaßrichtung, zulassen, in der Gegenrichtung, der Sperrichtung, aber nicht. Man kann einen Gleichrichter deshalb mit einem Ventil vergleichen, das einen Durchfluß nur in einer Richtung zuläßt, und zwar nur, wenn der Druck auf der richtigen Seite größer ist als auf der anderen. Heutzutage werden als Gleichrichter fast ausschließlich Siliziumdioden verwendet. Sie unterscheiden sich von anderen Halbleiterdioden durch höhere Strombelastbarkeit. Dioden haben zwei Anschlüsse, Anode und Kathode. Sie sind in Durchlaßrichtung geschaltet, wenn die Anode positiv gegenüber der Kathode ist, in Sperrichtung, wenn die Anode negativ gegenüber der Kathode ist (Abb. 1.4). Wenn die Wechselstromquelle eine sinusförmige Spannung liefert (siehe Abb.), so fließt ein Strom durch den Gleichrichter und den Verbraucher, solange die Spannung der Durchlaßrichtung des Ventils entspricht. Ist der Verbraucher ein Ohmscher

Widerstand, so beginnt der Stromfluß nach dem Nulldurchgang der Wechselspannung, sobald die Durchlaßspannung des Gleichrichters erreicht ist. Der Strom folgt dann einer Halbschwingung der Wechselspannung. Er wird wieder null, wenn die Spannung unter die Durchlaßspannung des Gleichrichters fällt. Während der nächsten Halbschwingung fließt kein Strom. Die Spannung hinter dem Gleichrichter schwankt, wenn man von der endlichen Durchlaßspannung U_D des Gleichrichters absieht, zwischen Null und dem Scheitelwert U_m . In den meisten Fällen muß diese pulsierende Gleichspannung geglättet werden. Dazu wird parallel zum Verbraucher ein Ladekondensator C_L geschaltet. In der Durchlaßphase fließt nur ein Teil des Gleichrichterstroms durch den Verbraucher, ein anderer Teil fließt zum Kondensator und lädt diesen auf. Der geladene Kondensator dient nun in der stromlosen Sperrphase als Reservoir, aus dem Strom entnommen werden kann. Ist die Zeitkonstante von Ladekondensator und Lastwiderstand groß gegen die Wiederaufladeperiode, also gegen 20 ms bei Einweggleichrichtung von Netzwechselspannung bzw. gegen 10 ms bei Zweiweggleichrichtung von Netzwechselspannung, so ist die Stromflußzeit klein gegen die Wiederaufladeperiode.

Dann ist die maximale Ausgangsspannung U_{max} des Gleichrichters um eine Diodendurchlaßspannung U_D (ungefähr 0.7 V bei Siliziumgleichrichtern)



tern) kleiner als der Scheitelwert der Wechselspannung.

$$U_{max} \approx \sqrt{2} \cdot U_{eff} - U_D \quad (1.3)$$

Bei Graetz-Gleichrichtern ist die maximale Ausgangsspannung um zwei Diodendurchlaßspannungen kleiner als der Scheitelwert der Wechselspannung. Dieser wiederum ist um den Faktor $\sqrt{2}$ größer als der sogenannte Effektivwert (richtiger: Root-mean-square-Wert) der Wechselspannung.

Den Spannungsverlust zwischen zwei Wiederaufladungen kann man abschätzen zu

$$\Delta U \approx \frac{I \cdot \Delta T}{C_L} \quad (1.4)$$

Dabei ist ΔT die Wiederaufladeperiode von 20 ms oder 10 ms bei Netzgleichrichtern, I der entnommene Strom, und C_L die Kapazität des Ladekondensators. Die mittlere Ausgangsspannung ist $U_m \approx U_{max} - \frac{1}{2}\Delta U$. ΔU ist der doppelte Scheitelwert der der Ausgangsgleichspannung überlagerten Wechselspannung. Eine große Kapazität C_L des Ladekondensators führt also zu einer guten Glättung der Ausgangsspannung. Andererseits wird bei konstantem Lastwiderstand mit zunehmender Kapazität des Kondensators der Bruchteil der Gesamtzeit, während der ein Strom durch die Diode fließt, kleiner. Weil aber die mittlere Stromstärke nahezu konstant bleibt, jedenfalls nicht abnimmt, steigt auch die Spitzenstromstärke. Sie kann so groß werden, daß die Diode zerstört wird. Eine andere, wenig erwünschte Folge von Ladekondensatoren großer Kapazität ist, daß der zeitliche Verlauf des dem Stromnetz entnommenen Stroms keine Sinusform hat.

Einweggleichrichtung

Hier kann nur während der positiven Halbschwingungen der Wechselspannung ein Strom durch den Gleichrichter fließen.

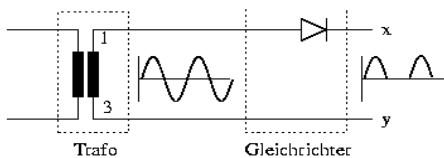


Abbildung 1.6: Einweggleichrichter

Problematisch an dieser Schaltung ist vor allem, daß die Sekundärwicklung des Transformators von Gleichstrom durchflossen wird. Dadurch wird der Transformator Kern vormagnetisiert. Wenn der Transformator nicht eigens für diese Betriebsart entworfen wurde, kann das Kernmaterial magnetisch gesättigt werden. Das kann zu hohen Verlusten, u. U. zur Zerstörung des Transformators, führen.

Zweiweggleichrichtung

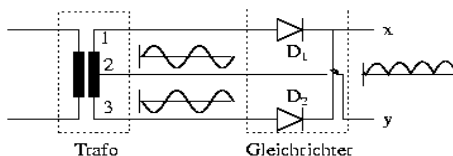


Abbildung 1.7: Zweiweggleichrichter

Bei der Zweiweggleichrichtung werden beide Halbschwingungen genutzt. Wenn Punkt 1 positiv gegen 2 ist, so ist 3 negativ gegen 2. D_1 läßt Strom durch und D_2 sperrt. Wenn Punkt 1 negativ gegen 2 ist, so ist 3 positiv gegen 2. D_1 sperrt und D_2 läßt Strom durch. Der Kondensator wird in beiden Halbperioden geladen.

Brückengleichrichtung (Graetzschaltung)

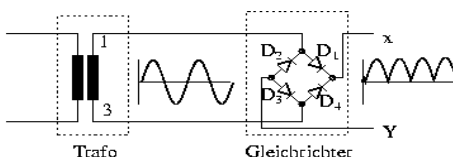


Abbildung 1.8: Brückengleichrichter

Auch hier werden beide Halbschwingungen ausgenutzt. a) 1 positiv gegen 3, D_1 und D_3 offen, D_2 und D_4 gesperrt. X positiv gegen Y. b) 1 negativ gegen 3, D_2 und D_4 offen, D_1 und D_3 gesperrt. X positiv gegen Y. Der Vorteil ist, daß die Sekundärwicklung keine Mittelanzapfung braucht.

1.2.7 Spannungsstabilisierung mit der Z-Diode

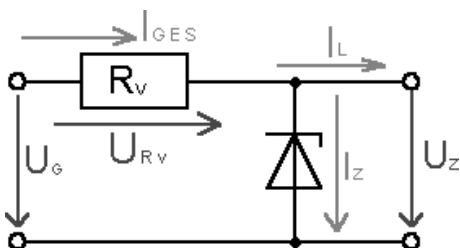
Die Z-Diode

Die Z-Diode ist eine Halbleiterdiode, die ab einem bestimmten Spannungswert eine konstante Spannung liefern kann. Die Z-Diode wird im Sperrbereich betrieben, wobei der Zener-Effekt auftritt, bei dem ab einer bestimmten Spannung mit einem steilen Anstieg des Stromes zu rechnen ist.

Schaltzeichen:



Spannungsstabilisierung



Die nebenstehende Schaltung eignet sich als Spannungsstabilisierungsschaltung. Über R_V wird der maximale Strom bestimmt, der durch die Z-Diode, bei Nichtbelastung fließen darf. Formel zur Berechnung des Vorwiderstandes:

$$R_v = \frac{U_{ges} - U_Z}{I_{ZAP}} \quad (1.5)$$

Abbildung 1.9: Spannungsstabilisierung

1.3 Versuch

1.3.1 Hinweis

Bitte vor jeder Schaltungsänderung die Stromversorgung am Regeltrenntransformator abschalten! Dabei bitte nicht die Einstellung des Drehknopfes verändern. Das Oszilloskop kann eingeschaltet bleiben.

Machen Sie sich mit dem Versuchsaufbau und den Komponenten vertraut: Oszilloskop, Vielfachmeßinstrument (Multimeter), Regeltrenntransformator, 12V-Transformator, Steckbrett mit Bauteilen.

1.3.2 Durchführungen und Fragen

Messen mit dem Multimeter

Verbinden Sie die Primärseite des 12V-Transformators mit dem Regeltrenntransformator und die Sekundärseite mit zwei Feldern des Steckbretts. Schliessen Sie als Verbraucher das 12V Glühlämpchen an. Messen Sie mit dem Multimeter die am Steckbrett anliegende Wechselspannung und stellen Sie den Effektivwert mit dem Regeltrafo auf 10V ein. Beachten Sie die unterschiedlichen Skalen für Gleich- und Wechselspannung!

Wählen Sie am Multimeter den 15V Gleichspannungsmessbereich und notieren Sie den angezeigten Spannungswert. Spannung ___V.

Frage: Warum sollte kein kleinerer Meßbereich als 15V am Multimeter eingestellt werden?

Nach welchem Meßprinzip (mit welchem Meßwerk) arbeitet das Multimeter?

Was ist die Meßgröße für dieses Meßwerk?

Messen mit dem Oszilloskop

Schalten Sie das Oszilloskop ein und warten Sie kurz, bis das Signal sichtbar wird. Stellen Sie den Eingangswahlschalter für Kanal-1 in Stellung GND und gleichen Sie die Strahllage auf Bildmitte aus. Wählen Sie danach die DC-Kopplung für diesen Kanal. Verbinden Sie Kanal-1 des Oszilloskops mit der am Steckbrett anliegenden Wechselspannung. Stellen Sie die Drehschalter für die Amplitude und für die Zeitbasis auf einen geeigneten Wert.

Welche Einstellungen wurden gewählt?

Amplitude _____ Volts/Div.

Zeitbasis ----- ms/Div.

Skizzieren Sie den Signalverlauf im beiliegenden Messblatt. Messung Nr.:-----

Ermitteln Sie die Signalamplitude U_{ss} und die Frequenz.

U_{ss} --- V Periodendauer --- ms \rightarrow Frequenz --- Hz

Triggerung des Oszilloskops

Frage: Welche Triggerquellen bietet das Gerät?

Testen Sie die verschiedenen Triggerquellen, was beobachten Sie?

Schalten Sie als Triggerquelle Kanal-1 ein, stellen Sie die Triggerung von automatisch auf manuell und verändern Sie den Triggerschwellwert.

Schalten Sie zurück auf automatische Triggerung.

Einweggleichrichtung

Bauen Sie eine Einweggleichrichtung auf dem Steckbrett auf. (Schaltung 1, Aufbau 1) Benutzen Sie wiederum die Glühlampe als Verbraucher. Während des Aufbaus ist die Stromversorgung auszuschalten!

Messen Sie mit dem Vielfachmessinstrument die Spannung an der Lampe, sowohl im Wechselspannungs- als auch im Gleichspannungsbereich.

Wechselspannungsbereich: --- V

Gleichspannungsbereich : --- V

Skizzieren Sie den Verlauf, den das Oszilloskop für die Spannung an der Lampe anzeigt. Messung Nr.: ----

Notieren Sie auch die Amplituden- und Zeitbasiseinstellungen.

Die Frequenz des Signals beträgt: --- Hz

Brückengleichrichter

Erweitern Sie die Gleichrichterschaltung zum Brückengleichrichter. (Zeichnung 2, Aufbau 2 ohne Kondensator) Führen Sie die gleichen Messungen wie zuvor aus.

Vielfachmessinstrument: Wechselspannungsbereich: --- V Gleichspannungsbereich : --- V

Tragen Sie das Bild sowie die Einstellungen des Oszilloskops ins Messblatt ein. Messung Nr.: ----

Die Frequenz des Signals beträgt: --- Hz

Welche der Messungen sind brauchbar, welche unbrauchbar? Warum?

Glättung

Schalten sie einen Kondensator an die Gleichspannung, also parallel zur Lampe. Achtung! Auf richtige Polarität achten! (Schaltung 2a, Aufbau 2) Messen Sie mit Multimeter und Oszilloskop.

Vielfachmessinstrument: Wechselspannungsbereich: --- V Gleichspannungsbereich : --- V

Tragen Sie das Bild und Einstellungen des Oszilloskops ins Messblatt ein. Messung Nr.: ----

Ziehen Sie den Kondensator kurz aus dem Steckbrett und stecken ihn zurück. Beobachten Sie die Lampe.

Ergebnis: -----

Drehen Sie das Lämpchen etwas aus der Fassung, so daß es erlischt. Was beobachten Sie?

Messen Sie die Welligkeit des Gleichspannungssignals bei eingeschalteter Lampe mit dem Oszilloskop. Versuchen Sie, eine gute Auflösung zu bekommen, indem Sie die Empfindlichkeit des Oszilloskops erhöhen und gleichzeitig die Strahlhöhe so korrigieren, daß das Signal sichtbar bleibt. Wie ist der empfindlichste Meßbereich, den Sie hierbei einstellen können? Meßbereich ---- Volts/Div.

Schalten Sie den Eingangswahlschalter auf GND und führen Sie einen Nullabgleich der Strahlhöhe durch. Wechseln Sie zur Stellung AC (Wechselspannungskopplung) und ermitteln Sie wiederum den empfindlichsten Meßbereich. Meßbereich ---- Volts/div.

Die Amplitude der Überlagerung auf der Gleichspannung beträgt --- V

Strommessung mit dem Multimeter

Entfernen Sie die Meßleitungen des Multimeters vom Steckbrett. Schalten Sie das Multimeter in den höchsten Strommeßbereich für Gleichstrom. Messen Sie den Strom durch die Lampe, indem Sie das Multimeter in Reihe zur Lampe anschließen (Meßbereich anpassen). (Schaltung 3, Aufbau 3) Der Strom durch die Lampe beträgt: --- A.

Berechnen Sie den Widerstandswert der Lampe $R=U/I$ Der Widerstand der Lampe beträgt ---- Ohm

Berechnen Sie die Leistung der Lampe. $P = \dots$ W Die Leistung beträgt \dots Watt.

Gleichspannungsstabilisierung

Die mit dem Brückengleichrichter erzeugte Gleichspannung soll mit einer 8,2V Z-Diode stabilisiert werden. Verändern Sie die Schaltung wie in Schaltung 4 dargestellt. Schalten Sie zum Umbau die Stromversorgung aus. Stellen Sie das Multimeter in den 500mA Gleichstrombereich.

Messen Sie mit dem Oszilloskop die Spannung an der Lampe.

Messungen bei Laständerung: Drehen Sie die Lampe etwas aus der Fassung, so daß diese erlischt.

Die Spannung ohne Last beträgt \dots V, der Strom beträgt \dots A.

Schalten Sie die Lampe wieder ein. Die Spannung mit Last beträgt \dots V, der Strom beträgt \dots A.

Wie verhält sich die Spannung?

Wie verhält sich der Strom?

Messungen bei Änderung der Eingangsspannung: Erhöhen Sie die Spannung am Regeltrenntransformator auf das Maximum und messen Sie die Spannung an der Lampe. Die Spannung am Regeltrenntrafo wurde von \dots V auf \dots V erhöht. Änderung der Eingangsspannung in Prozent $\dots\%$ Die Spannung an der Lampe hat sich von \dots V auf \dots V erhöht. Änderung der Ausgangsspannung in Prozent $\dots\%$

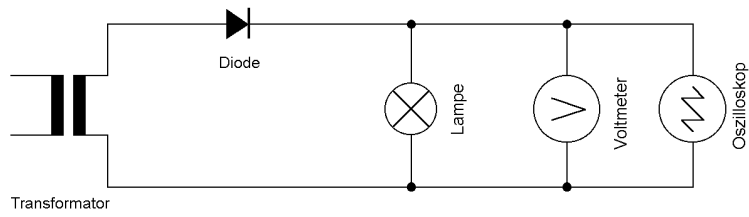
Die Stabilisierung mit einer Z-Diode kann Spannungsschwankungen

a) bei Laständerungen ausgleichen ja[]/nein[]

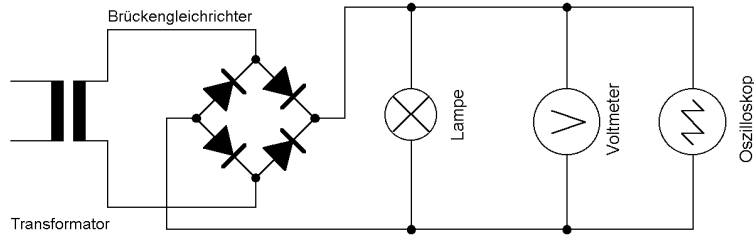
b) bei Eingangsspannungsänderungen ausgleichen ja[]/nein[]

1.4 Anhang/Bilder

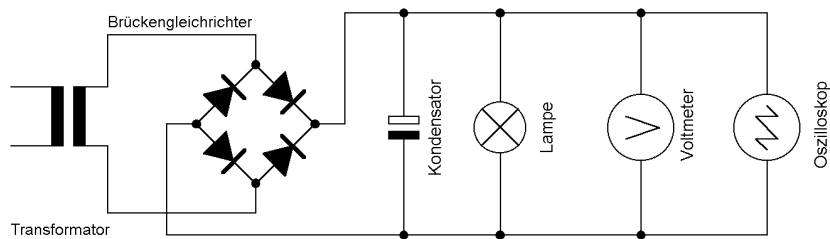
Schaltung 1



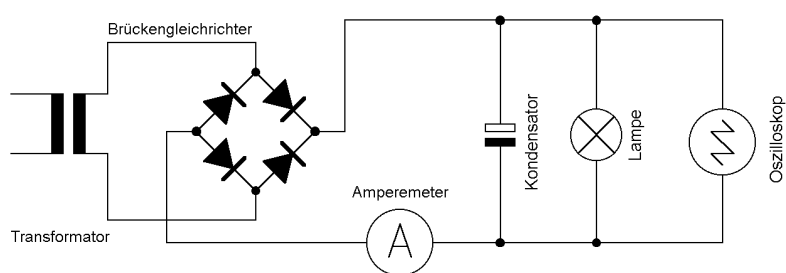
Schaltung 2



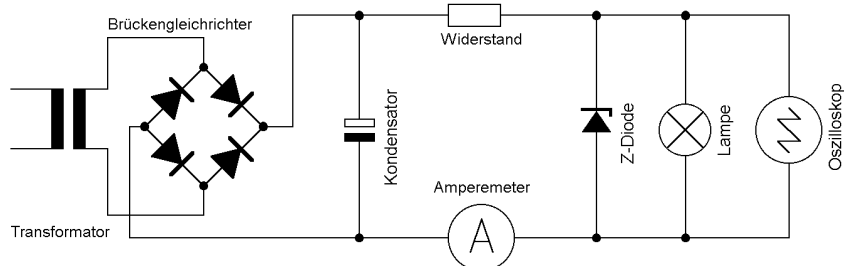
Schaltung 2a



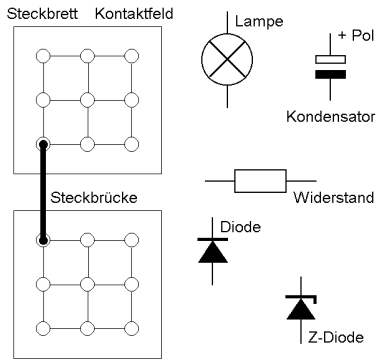
Schaltung 3



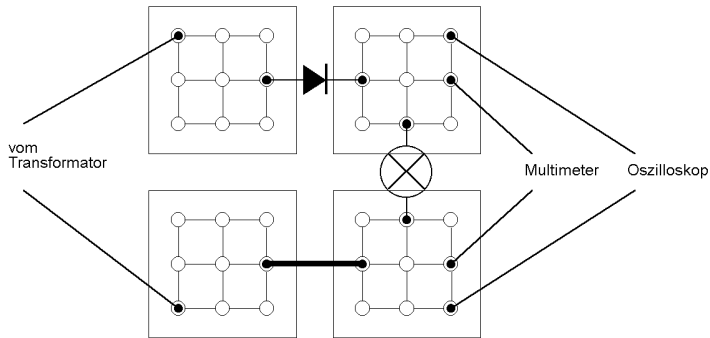
Schaltung 4



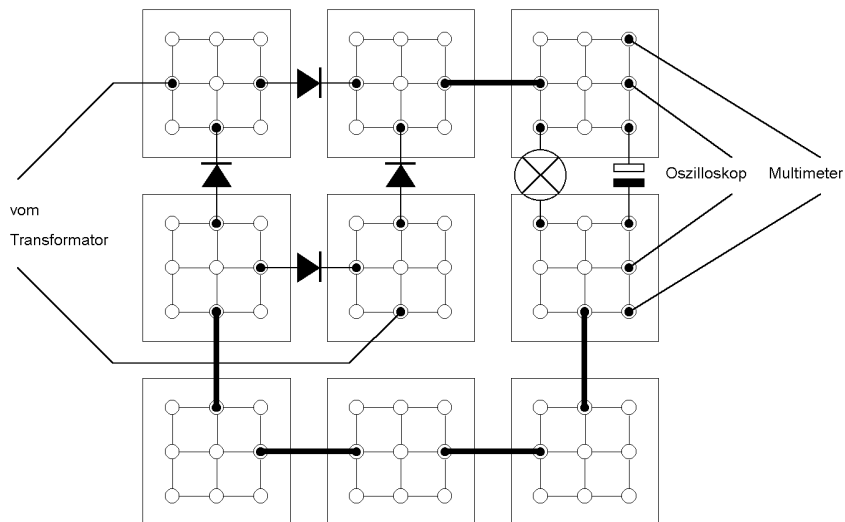
Übersicht (Symbole)



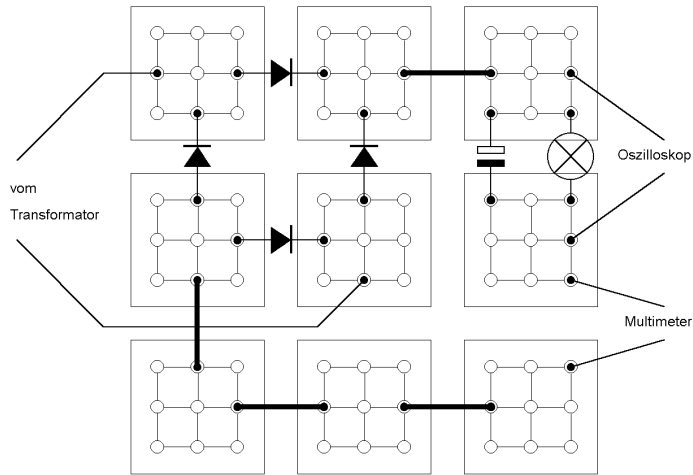
Aufbau 1



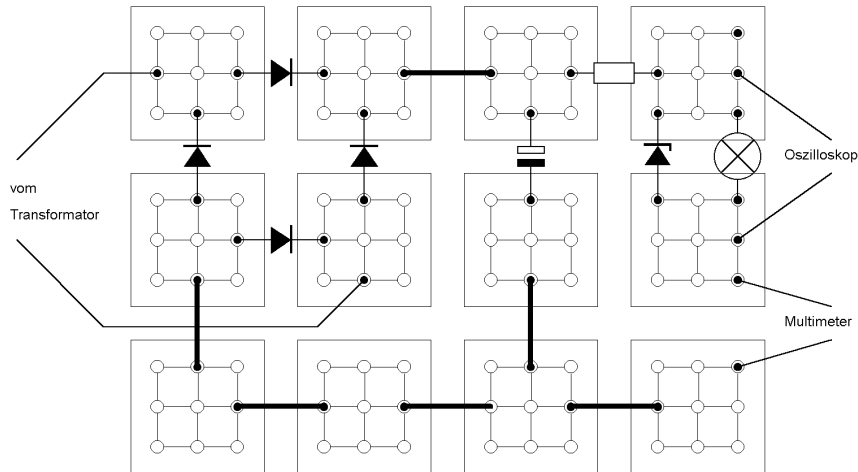
Aufbau 2



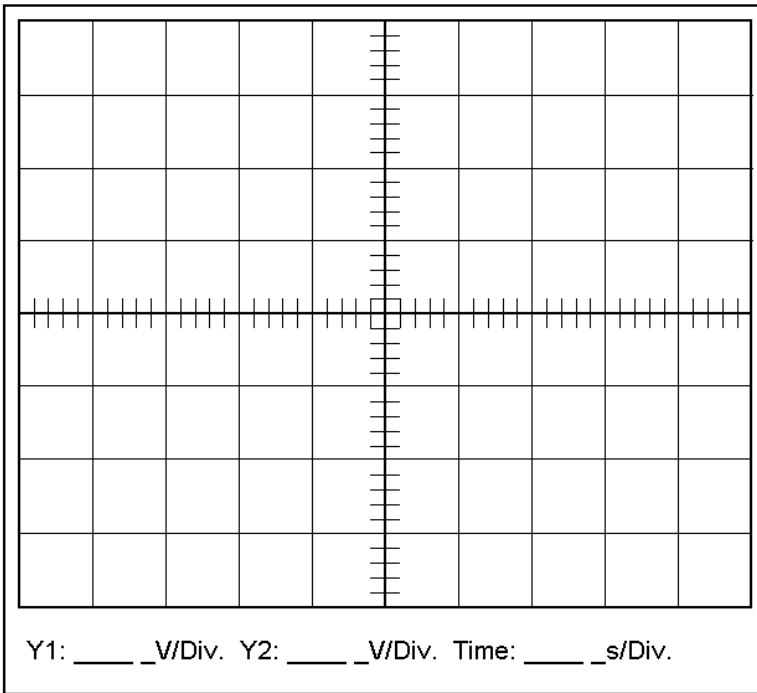
Aufbau 3



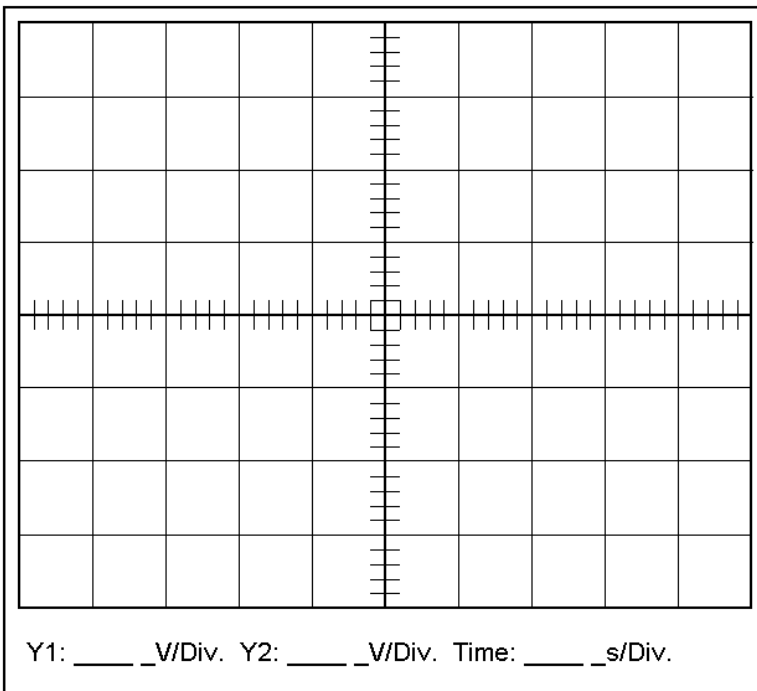
Aufbau 4



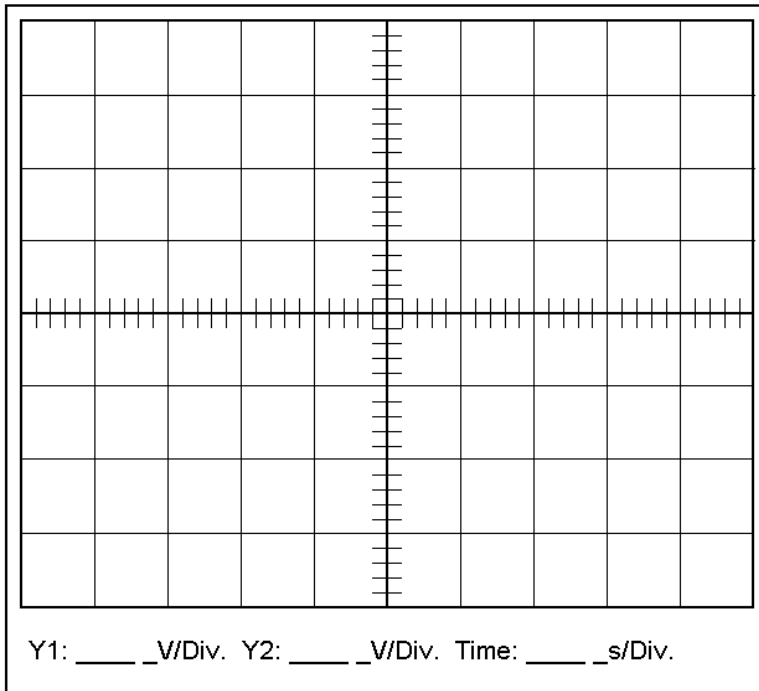
Messung: _____



Messung: _____



Messung: _____



Messung: _____

