

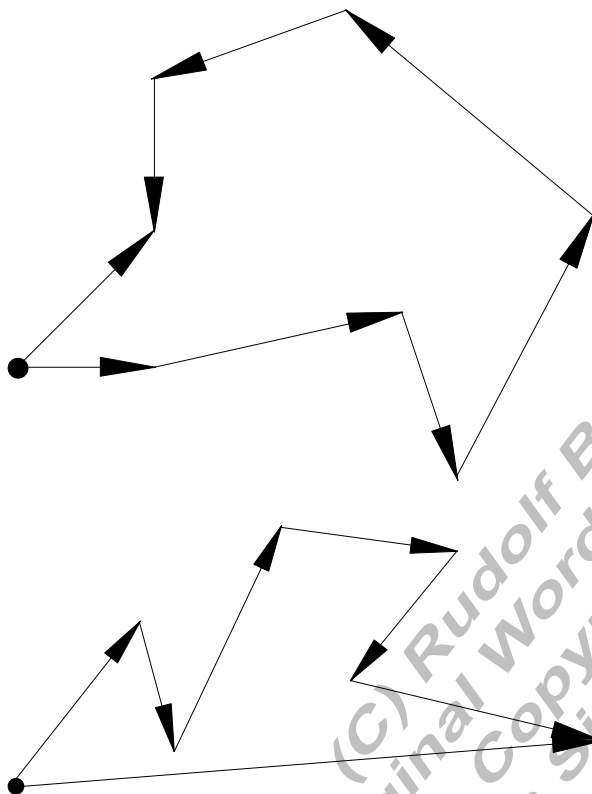
Die Halbleiterdiode

Diffusion und Drift

Versuch: Demonstration der Halbleiterdiode als Ventil.

Bewegliche Ladungsträger im Halbleiter:

im n – Leiter sind es Elektronen, im p - Leiter die Löcher.



Löcher und Elektronen bewegen sich im Halbleiterkristall völlig unregelmäßig mit großer Geschwindigkeit umher. (ca. 10 km/s thermische Bewegung).

Dabei stoßen sie ständig mit anderen Atomen zusammen, sie bewegen sich auf einer Zickzackbahn. Diese Bewegung heißt **Diffusionsbewegung**.

Die Diffusion sorgt dafür, dass Ladungsträger sich gleichmäßig über den Kristall verteilen.

Bringen wir den Halbleiter in einen Stromkreis, so werden die Elektronen durch elektrische Kräfte von (-) nach (+), die Löcher von (+) nach (-) getrieben. Diese Bewegung heißt **Drift**, wir nehmen sie als elektrischen Strom wahr. Drift - und Diffusionsbewegung erfolgen gleichzeitig. Sie überlagern sich gegenseitig.

Die Diode

Fügt man einen p - dotierten Halbleiter mit einem n - dotierten zusammen, so erhält man eine **Halbleiterdiode**. Wie der Versuch zeigt, lassen Halbleiterdioden den Strom nur in einer Richtung passieren. Sie haben Ventilwirkung.

Eine Kristalldiode leitet, wenn der n - Halbleiter am Minus - und der p - Halbleiter am Pluspol liegt.

Die entscheidenden Vorgänge spielen sich an dem **pn - Übergang** ab. (Dicke ca. 1/1000 mm)

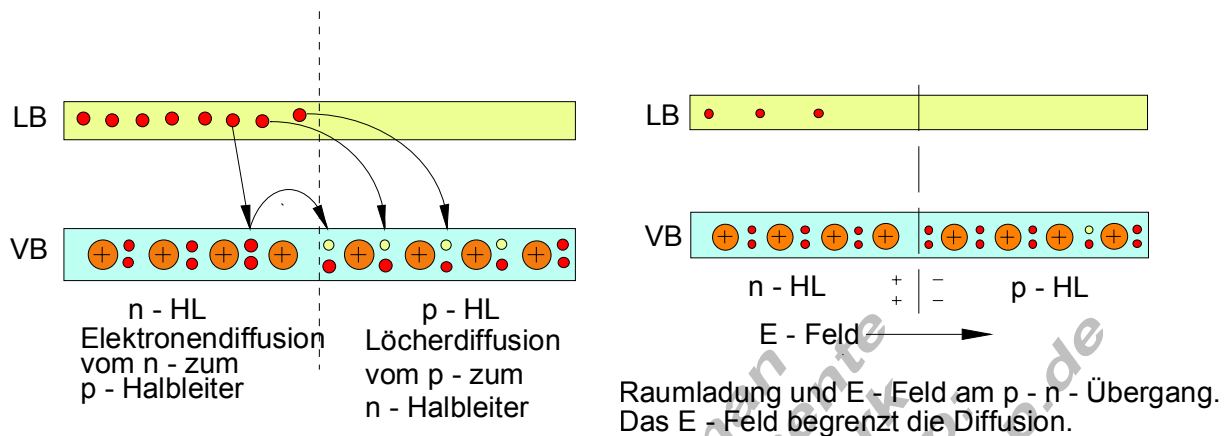
Was geschieht an der pn Grenzschicht?

Diode außerhalb des Stromkreises:

Aus dem Leitungsband des n Halbleiters diffundieren Elektronen über die Trennschicht und füllen im p Halbleiter Löcher aus.

Dort machen sich also die ortsfesten Al- Ionen als negative Raumladung bemerkbar.

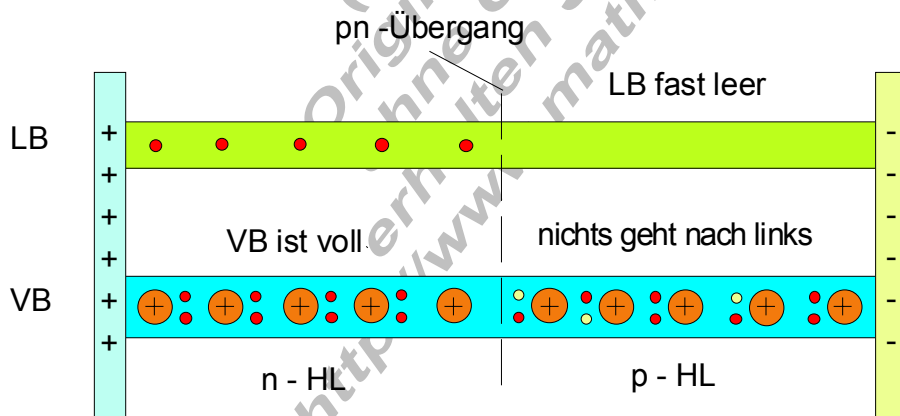
Anmerkung: Auch aus dem Valenzband des n - Halbleiters können einige Elektronen über die Trennschicht in den p Halbleiter diffundieren. Die so entstandenen Löcher im Valenzband werden aber sofort durch Elektronen aus dem Leitungsband wieder aufgefüllt.



Im n - Halbleiter treten nach dem Elektronenverlust die ortsfesten AS - Ionen als positive Raumladung hervor. Zwischen beiden Raumladungen bildet sich ein starkes E - Feld. Es ist vom n - zum p - Halbleiter gerichtet und begrenzt die Diffusion und damit auch die Größe der Raumladungen. Die beiden Raumladungen ziehen sich gegenseitig an, deshalb bleiben sie auf die unmittelbare Nähe des pn - Übergangs beschränkt. Am pn - Übergang entsteht eine ladungsträgerarme Schicht.

Diode im Stromkreis mit Sperrpolung:

Pluspol am n - Halbleiter Minuspol am p - Halbleiter.



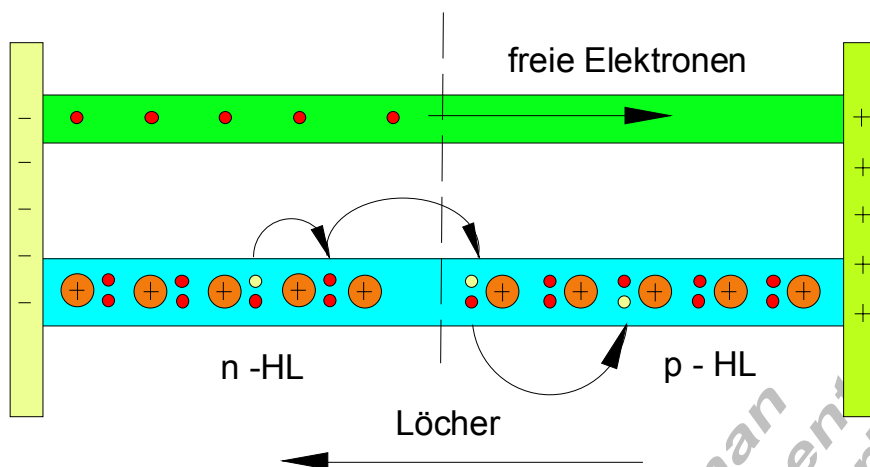
Unter dem Einfluss der Spannung werden aus der Grenzschicht weitere Ladungsträger entfernt. Die Ladungsträgerverarmung an dem pn Übergang wird größer.

p - Halbleiter: Leitungsband ist fast leer. Nur wenige, durch die Wärmebewegung aus dem Valenzband befreiten Elektronen können sich über die Grenzschicht in den n - Bereich bewegen. (Sperrstrom μA)

n - Halbleiter: Valenzband ist fast voll. Nur die wenigen von der Wärmebewegung stammenden Löcher tragen zum Sperrstrom bei.

Diode im Stromkreis Durchlasspolung:

Minuspol am n – Halbleiter, Pluspol am p – Halbleiter.



Unter dem Einfluss der Spannung wird die Grenzschicht mit Ladungsträgern überflutet.

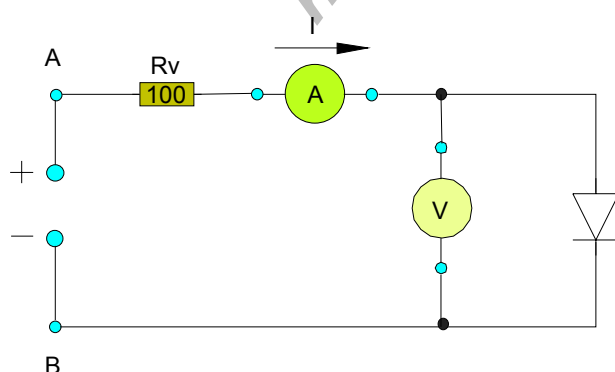
n - Halbleiter: Aus dem Leitungsband des n - Halbleiters strömen zahlreiche freie Elektronen über die Grenzschicht in den p - Halbleiter. Dort fallen sie in die Löcher des Valenzbandes. (In Leuchtdioden entsteht dabei Licht, sonst Wärme) Im p - Halbleiter hüpfen die Elektronen von Loch zu Loch zum Pluspol hin.

p - Halbleiter: Im Valenzband treten Valenzelektronen vom n in den p - Halbleiter, bilden im n - Halbleiter Löcher und verstärken den eben genannten Löcherstrom. Die so am pn - Übergang im n - Halbleiter entstandenen Löcher werden von Elektronen des Leitungsbandes aufgefüllt. Diese enthalten Nachschub vom Minuspol.

Bei Durchlasspolung fließen also in beiden Bändern Ladungen über den pn - Übergang. Zu einem Stromfluss kommt es aber erst dann, wenn die äußere Spannung groß genug ist, das E - Feld am pn - Übergang zu überwinden. Diese Spannung heißt **Schleusenspannung** und ist vom Diodenmaterial abhängig. (0,2 .. 0,6 V)

Die Diodenkennlinie

Die genaue Abhängigkeit zwischen Strom und Spannung einer Halbleiterdiode wird durch ihre Kennlinie beschrieben.

Durchlassbereich:

Bei einer kleinen Spannung fließt nur ein sehr geringer Strom. Mit steigender Spannung steigt der Strom zunächst geringfügig an. Ab $U = 0,6 \text{ V}$ nimmt der Strom dann sehr stark zu.

Der Wert von etwa $0,7 \text{ V}$ wird **Schwellspannung** oder **Schleusenspannung** genannt.

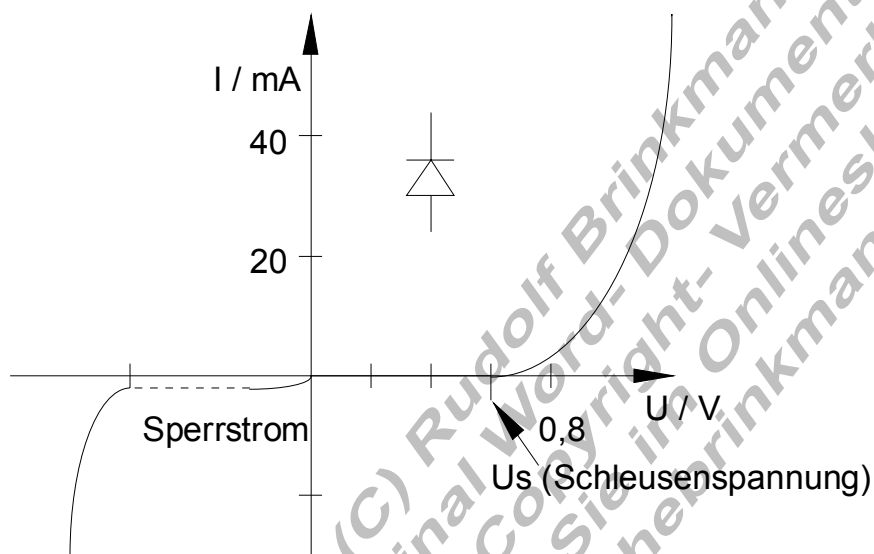
| | |
|--------------|---|
| Merke | Eine Halbleiterdiode ist im Bereich oberhalb der Schwellspannung niederohmig. |
|--------------|---|

Sperrbereich:

Zur Kennlinienaufnahme im Sperrbereich wird die Netzspannung umgepolt. Der auf die Eigenleitfähigkeit des Kristalls zurückzuführende Sperrstrom ist gering. Die Diode darf nicht überlastet werden. Der vom Hersteller angegebene höchste Strom und die höchstzulässige Spannung in Sperrrichtung dürfen nicht überschritten werden.

Aus der Kennlinie kann das Widerstandsverhalten der Dioden abgelesen werden.

Kennlinie einer Si - Diode



Daten unterschiedlicher Dioden

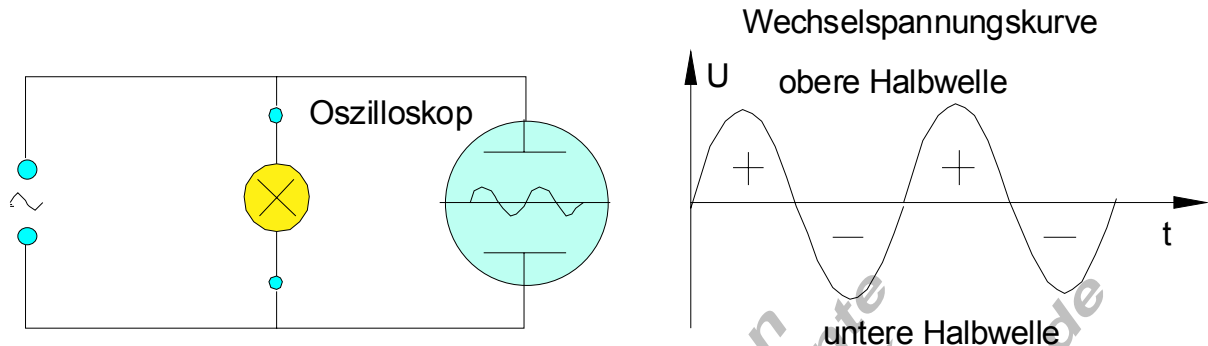
| | Germanium | Silizium |
|-------------------------------------|--|--|
| Schwellspannung | 0,3 V | 0,7 V |
| Durchlasswiderstand / mm^2 | 5Ω bis 100Ω | 2Ω bis 50Ω |
| Sperrwiderstand | $0,1 \text{M}\Omega$ bis $10 \text{M}\Omega$ | $1 \text{M}\Omega$ bis $3000 \text{M}\Omega$ |
| Maximale Sperrspannung | bis ca. 200 V | bis ca. 3000 V |
| Maximale Sperrschichttemperatur | 90°C | 200°C |
| Gleichrichterwirkung | 98 % | 99,5 % |

Die Tabelle gibt einige ungefähre Werte von Halbleiterdioden an. Genaue Werte müssen den Datenbüchern entnommen werden.

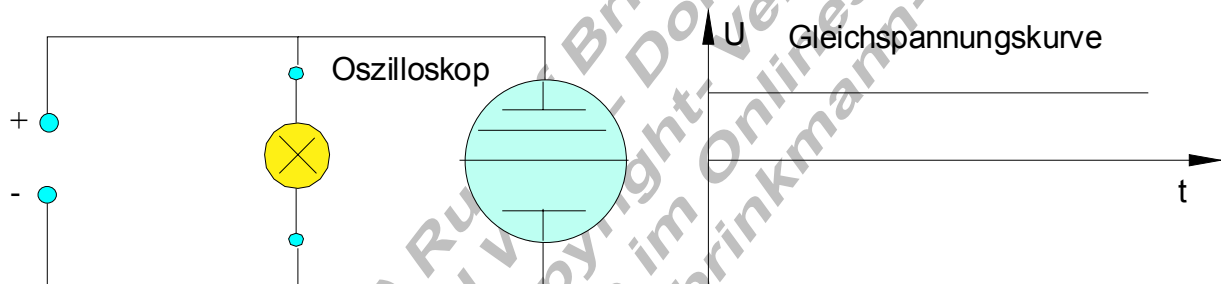
Technische Anwendungen der Halbleiterdiode

Aus Wechselstrom wird Gleichstrom

Darstellung der Wechselfspannung mit dem Oszilloskop

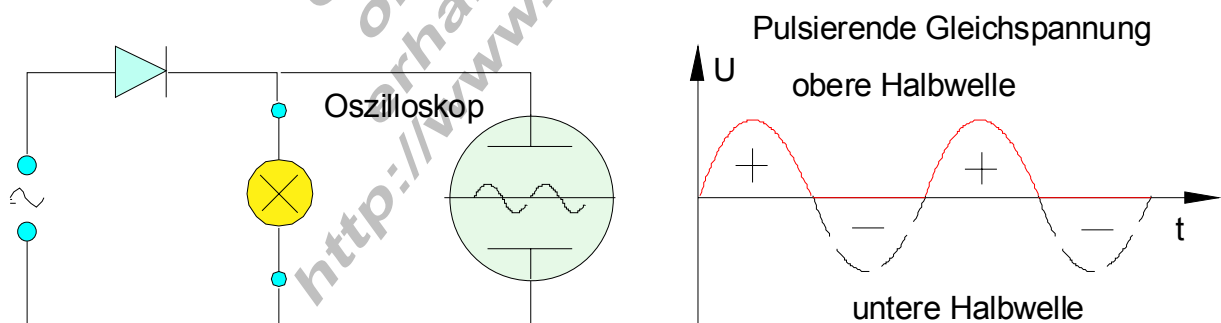


Darstellung der Gleichspannung mit dem Oszilloskop

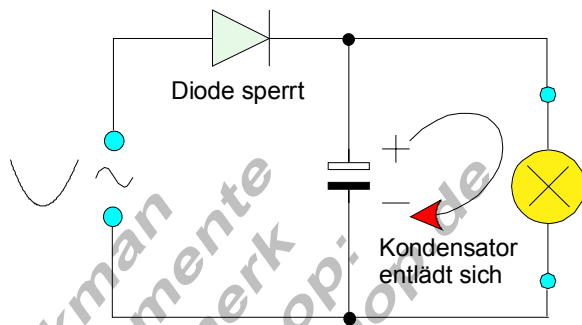
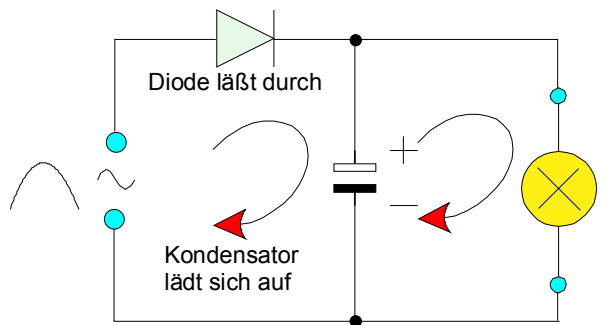
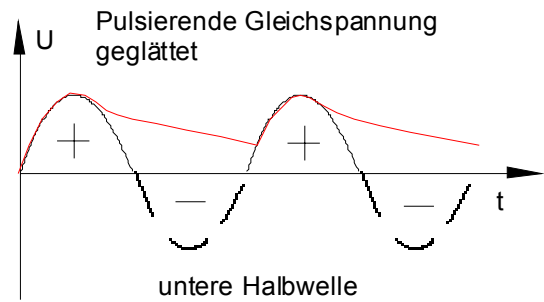
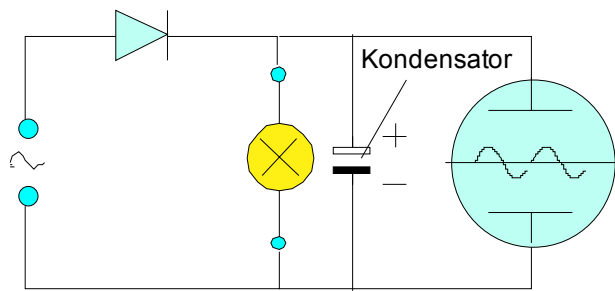


Die Eigenschaft einer Diode, den Strom nur in einer Richtung durchzulassen, lässt sich nutzen, um aus Wechselstrom Gleichstrom herzustellen.

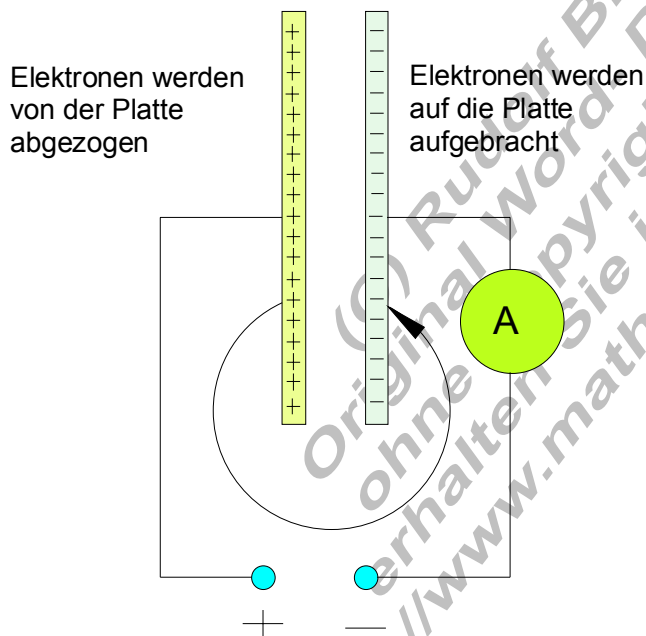
Pulsierende Gleichspannung aus Einweggleichrichtung



Ein Kondensator glättet die pulsierende Gleichspannung



Der Kondensator



Beim Laden eines Kondensators werden Elektronen von einer Platte auf die andere verschoben. Dabei entsteht ein Ladestrom. Nach entfernen der Spannungsquelle behält der Kondensator seine Ladung. Wird der Stromkreis geschlossen, so entlädt sich der Kondensator wieder. Je größer die Fläche der Platten ist, desto mehr elektrische Ladung kann der Kondensator speichern.

Kondensatoren großer Kapazität werden gerollt aus zwei dünnen Metallfolien, getrennt durch eine Isolierfolie.

Wie viel elektrische Ladung ein Kondensator speichern kann, hängt von seiner **Kapazität** ab

$$\text{Kapazität} = \frac{\text{verschobene Ladung}}{\text{Spannung}} \quad C = \frac{Q}{U}$$

Die Einheit der Kapazität ist das Farad $1F = \frac{1C}{V}$

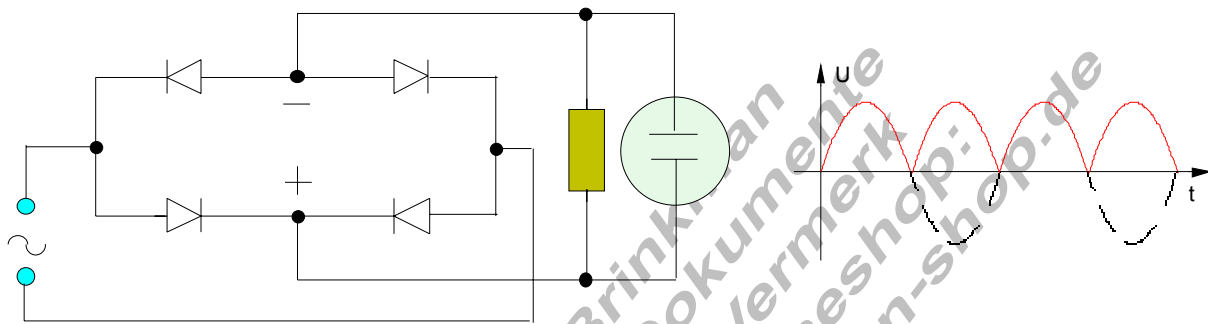
Kleinere Einheiten: $1mF = 10^{-3} F$ $1\mu F = 10^{-6} F$
 $1nF = 10^{-9} F$ $1pF = 10^{-12} F$

| | |
|--------------|---|
| Merke | Kondensatoren bestehen aus Metallflächen, die sich nahe gegenüber stehen. Schließt man eine Spannungsquelle an, so werden Elektronen von der einen Fläche auf die andere verschoben. Dabei wird Energie in elektrischer Form gespeichert. |
|--------------|---|

Die Brückenschaltung

Kann man auch die zweite Halbwelle nutzen?

| | |
|-----------------|--|
| Versuch: | Brückengleichrichter mit Kondensator. Die zweite Halbwelle wird ausgenutzt. |
|-----------------|--|



| | |
|-------------------------|--|
| Zusammenfassung: | <p>Gleichrichterschaltungen</p> <p>Bei der Einweggleichrichtung sperrt eine Diode während einer Halbwelle den Strom.</p> <p>Beim Brückengleichrichter können beide Halbwellen ausgenutzt werden. Ein Kondensator kann in beiden Fällen den pulsierenden Gleichstrom glätten.</p> |
|-------------------------|--|

Besondere Halbleiter sind:

Solarzelle:

Sie ist eine Diode, in der bei Lichteinfall eine elektrische Spannung entsteht. Lichtenergie wird dabei in elektrische Energie umgewandelt.

Leuchtdioden:

Sie werden in Durchlassrichtung betrieben. In ihrer Grenzschicht entsteht Licht