

## Gleichrichter

Gleichrichter werden in der Elektrotechnik zur Umwandlung des elektrischen Wechselstroms zu Gleichstrom verwendet.

### Gleichrichterschaltungen

Es gibt gesteuerte (mit Thyristoren) und ungesteuerte (mit Dioden) Gleichrichterschaltungen. Sie reichen von der einfachen Einweggleichrichtung (1-pulsig) über 2-, 3-, 6-, bis zu 12-pulsigen Schaltungen und höher. Bei höherer Pulszahl sinkt die Welligkeit und der Glättungsaufwand sinkt.

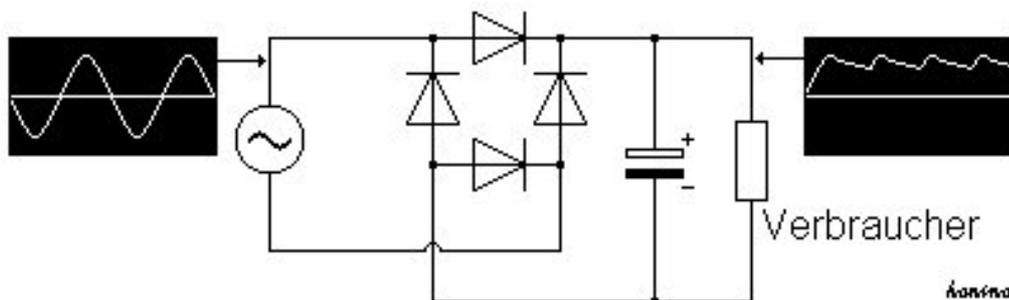
### Glättung

Durch Gleichrichtung entstehen aufgrund der ursprünglichen Wellenform der Spannung Unregelmäßigkeiten. Geglättet werden können diese durch einen parallel zum Verbraucher geschalteten Kondensator, der die Wellentäler ausgleicht. Die ab hier vorhandene Restwelligkeit bezeichnet man als Brummspannung. Weiter reduziert werden kann die Brummspannung durch nachgeschaltete so genannte Siebglieder (Filter).

Die Glättung ist umso besser, je höher die Kapazität des Kondensators und je geringer der Laststrom ist.

Wert der Brummspannung bei Einweggleichrichtung:

$$U_{BS} \approx \frac{I_L}{C \cdot f}$$



(Dioden-Schaltung nach Graetz mit Glättungskondensator)

### Bauarten

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Realisierung der Gleichrichtung:

\* Beim so genannten Kontaktgleichrichter wird ein Kontakt mit Hilfe eines Relais synchron zur Frequenz der gleichzurichtenden Wechselspannung bewegt.

\* Taucht man in verdünnte Schwefelsäure eine Platinelektrode und eine Niobelektrode ein und legt an diese eine Spannung, so kann nur Strom fließen, wenn die Niobelektrode Kathode ist. Man spricht hier von einem elektrolytischen Gleichrichter. Solche Gleichrichter

können auch mit anderen Elektrolyten und Metallen realisiert werden. Wichtig ist, dass eine Elektrode aus einem Metall mit hoher Neigung zu Passivierung, wie einem Refraktärmetall oder Aluminium besteht.

\* Früher häufig verwendet war auch die Röhrendiode. Sie funktioniert durch Glühemission von Elektronen aus der beheizten Kathode einer Elektronenröhre. Die Kathode kann nur Elektronen emittieren, wenn sie Minuspol ist.

\* Beim Quecksilberdampfgleichrichter übernimmt eine Kathode aus flüssigem Quecksilber diese Funktion. Sie kann Elektronen leichter emittieren als die aus Eisen, Wolfram oder Graphit gefertigten Elektroden des Quecksilberdampfgleichrichters.

\* Heute wird nur noch der Halbleitergleichrichter verwendet. Er besteht aus einem n-dotierten und einem p-dotierten Material. Strom kann nur fließen, wenn das p-dotierte Material am positiven Pol und das n-dotierte Material am negativen Pol hängt. Andernfalls befinden sich in der Mitte des Gleichrichters zu wenig Ladungsträger und es fließt (im Idealfall) kein Strom.

\* Mit Schottky-Dioden können Gleichrichter mit besonders niedriger Flußspannung gebaut werden. Diese kommen vor allem in Schaltnetzteilen zur Anwendung.

\* Synchron geschaltete Gleichrichter mit Mos-FETs als aktive Schalter. Dabei werden die Schalter zu bestimmten Zeitpunkten durch eine Steuerelektronik ein- und ausgeschaltet und damit eine Gleichrichtwirkung erzielt. Der Vorteil besteht trotz erhöhtem Schaltungsaufwand in den wesentlich geringeren Spannungsverlusten am Gleichrichter durch den Einsatz von Mos-FETs mit sehr kleinen Widerständen im durchgeschalteten Zustand. Synchron geschaltete Gleichrichter werden vor allem in Schaltnetzteilen mit niedrigen Ausgangsspannungen eingesetzt.

## **Geschichte**

Die erste Vorrichtung zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom war der Kommutator einer rotierenden elektrischen Maschine (Umformer). Da an Kommutatoren relativ hoher Verschleiß an den Kohlebürsten auftritt, versuchte man bald andere Wege zur Gleichrichtung von Strom zu finden.

Der erste Schritt für hohe Spannungen bei kleineren Strömen war der Quecksilberdampfgleichrichter. Ein Quecksilberdampfgleichrichter besteht aus einem Glaskolben in dem unten eine Kathode mit einem Quecksilbersee ist. Darüber wölbt sich ein Glaskolben, der das Quecksilber wieder kondensiert. Seitlich sind wie Arme Glaskolben mit Graphitelektroden als Anoden angeschmolzen. Der Strom kann nur durch das bei Entladungen verdampfte Quecksilber vom See zu den Graphitelektroden fließen, in die andere Richtung fehlt das leitende Quecksilber.

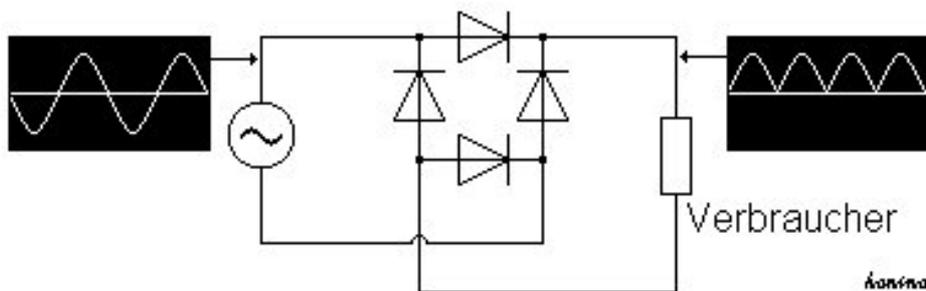
Später wurden die ersten Halbleitergleichrichter in Form von Selen-Plattengleichrichter erfunden. - Eine Selenplatte hat je nach Herstellung eine Sperrspannung von 15 bis 50 V und einen relativ hohen Flusswiderstand von ca 30 Ohm. Um große Spannungen

gleichzurichten und um die Abwärme abzuleiten, wurden die Selenplatten gestapelt und mit Kühlflächen versehen, was diesem Gleichrichtern ein charakteristisches Aussehen verlieh.

Im Niederspannungsbereich wurden die Detektorkristalle aus Bleiglanz oder Pyrit benützt: Ein Halbleiter-Metall-Übergang der aus einem Halbleiterkristall und einer tastenden Metallspitze bestand.

## Brückengleichrichter

Der heute vermutlich bedeutendste Gleichrichter ist der Brückengleichrichter (Graetzschaltung), der aus einer Schaltung von vier Dioden gebildet wird, die je nach Sperrichtung der Diode nur eine Halbwelle des Wechselstromes durchlassen. So erscheint die negative Halbwelle des Wechselstromes im Gleichstromkreis ebenfalls positiv.



(Dioden-Schaltung nach Graetz)

## Weitere Gleichrichterschaltungen

### \* Einweggleichrichter

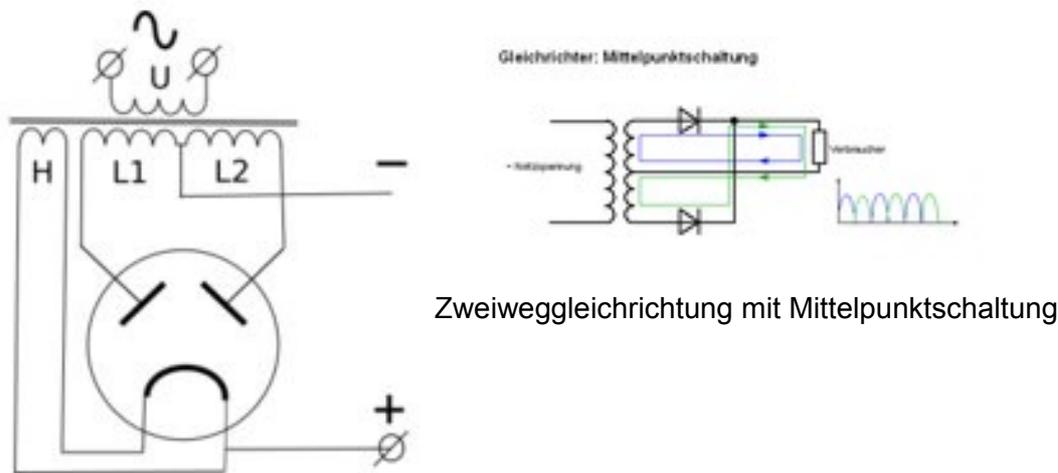
Bei einem Einweggleichrichter wird nur eine Halbwelle der Wechselspannung gleichgerichtet. Ein solcher Gleichrichter besteht aus einer Diode. In der Halbperiode, in der die Diode in Durchlassrichtung betrieben wird, wird eine Spannung am Ausgang aufgebaut. Die Diode wird in der zweiten Halbperiode in der Sperrichtung betrieben. Es fließt also kein Strom durch die Diode und es kann so keine negative Spannung aufgebaut werden. Somit ist die Wechselspannung gleichgerichtet. Die Gleichspannung wird in der Regel noch geglättet. Der Nachteil von Einweggleichrichtern ist, dass die Welligkeit der Ausgangsspannung mit zunehmender Belastung zunimmt. Die Welligkeit hat die Frequenz der Eingangsspannung.

### \* Mittelpunktgleichrichter

Bei einem Mittelpunktgleichrichter werden beide Halbwellen der Wechselspannung gleichgerichtet. Verwendet wird dazu ein Transformator mit Mittelabgriff, der als gemeinsame Masse dient. An die beiden anderen Anschlüsse des Transformators werden je eine Diode in gleicher Durchlassrichtung geschaltet.

### \* Synchrongleichrichter

\* Gleichrichter mit Spannungsvervielfachung (Spannungsverdoppler, Hochspannungskaskade)



## Steuerbare Gleichrichter

Steuerbare Gleichrichter mit Thyristoren als Ventile sperren den Strom in beide Richtungen, bis an der Steuerelektrode eines Ventils ein Zündimpuls erfolgt. Auch nach Erlöschen des Steuerpulses bleibt der Stromfluss bestehen. Erst wenn der Strom unter einen bestimmten Schwellwert (Haltestrom) sinkt, sperrt er wieder. Es gibt allerdings auch sog. GTO-Thyristoren, die auch das Sperren eines Ventils durch einen Impuls erlauben. Steuerbare Gleichrichter finden Anwendung in Dimmern, Drehzahlsteuerung von Gleichstrom- bzw. Universalmotoren (z.B. in Industrieanlagen oder Haushaltsgeräten), in modernen Elektrolokomotiven zur Beaufschlagung des Gleichspannungs-Zwischenkreises und in Anlagen der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung. Früher wurden für diesen Zweck gittergesteuerte Quecksilberdampfgleichrichter, wie Thyratrons und Ignitrons eingesetzt. Heute werden für diesen Zweck nur noch Thyristoren verwendet.

\* Steuerbare Gleichrichter durch Einsatz von Thyristoren

## Steuerbare Brückenschaltungen

- \* B6C-Brücke
- \* B6HZ-Brücke (halbgesteuert, unsymmetrisch)
- \* B6HK-Brücke (halbgesteuert, symmetrisch)

## Systeme aus steuerbaren Brückenschaltungen

- \* (B6C)2S - Zwei B6C-Brücken, die seriell miteinander verschaltet sind und mit phasenverschobenen Spannungen gespeist werden.
- \* (B6C)2P - Zwei B6C-Brücken, die parallel miteinander verschaltet sind und mit phasenverschobenen Spannungen gespeist werden. Eine Saugdrossel ist dabei nötig.