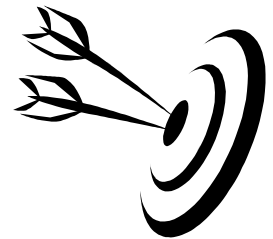
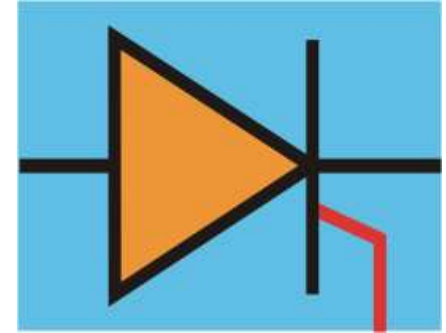


Lernziele

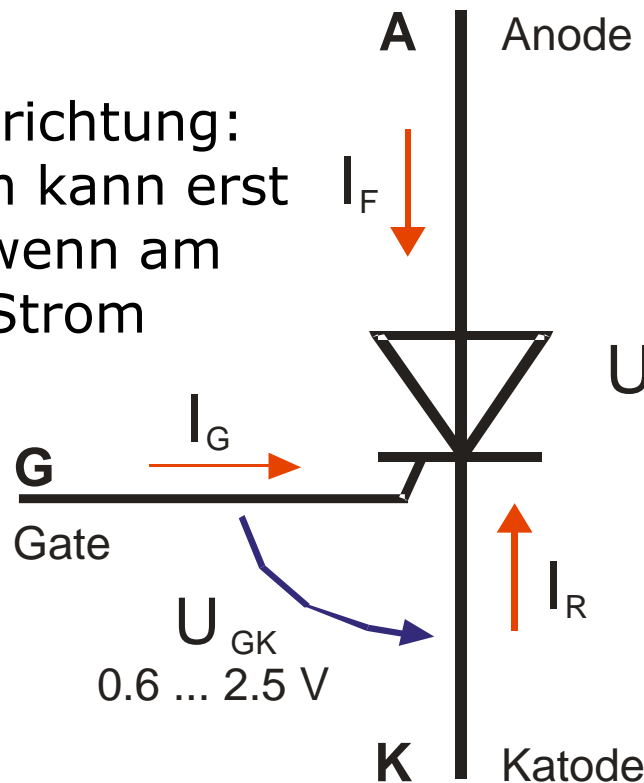


- Ich kann das Schaltzeichen des Thyristors und des Triac wiedergeben und seine Funktionsweise sinngemäss erklären.
- Anhand der einpulsigen gesteuerten Gleichrichterschaltung kann ich das Prinzip der Phasenanschnittsteuerung erklären und den Spannungsverlauf für einen grossen und einen kleinen Steuerwinkel aufzeichnen.
- Anhand der Steuerkennlinie eines gesteuerten Gleichrichters kann ich die Ausgangsspannung berechnen.
- Ich erkenne das Prinzipschaltbild der gesteuerten Wechselwegschaltung mit antiparallelen Thyristoren oder mit einem Triac und kann den Spannungsverlauf für eine Phase aufzeichnen.
- Anhand der Steuerkennlinie eines Wechselstromstellers kann ich die Ausgangsspannung berechnen.

Der Thyristor ist ein mit der Diode verwandtes elektrisch schaltbares Halbleiterbauelement. Damit werden steuerbare Gleichrichter aufgebaut. Das IEC-Symbol veranschaulicht wiederum seine Funktionsweise:



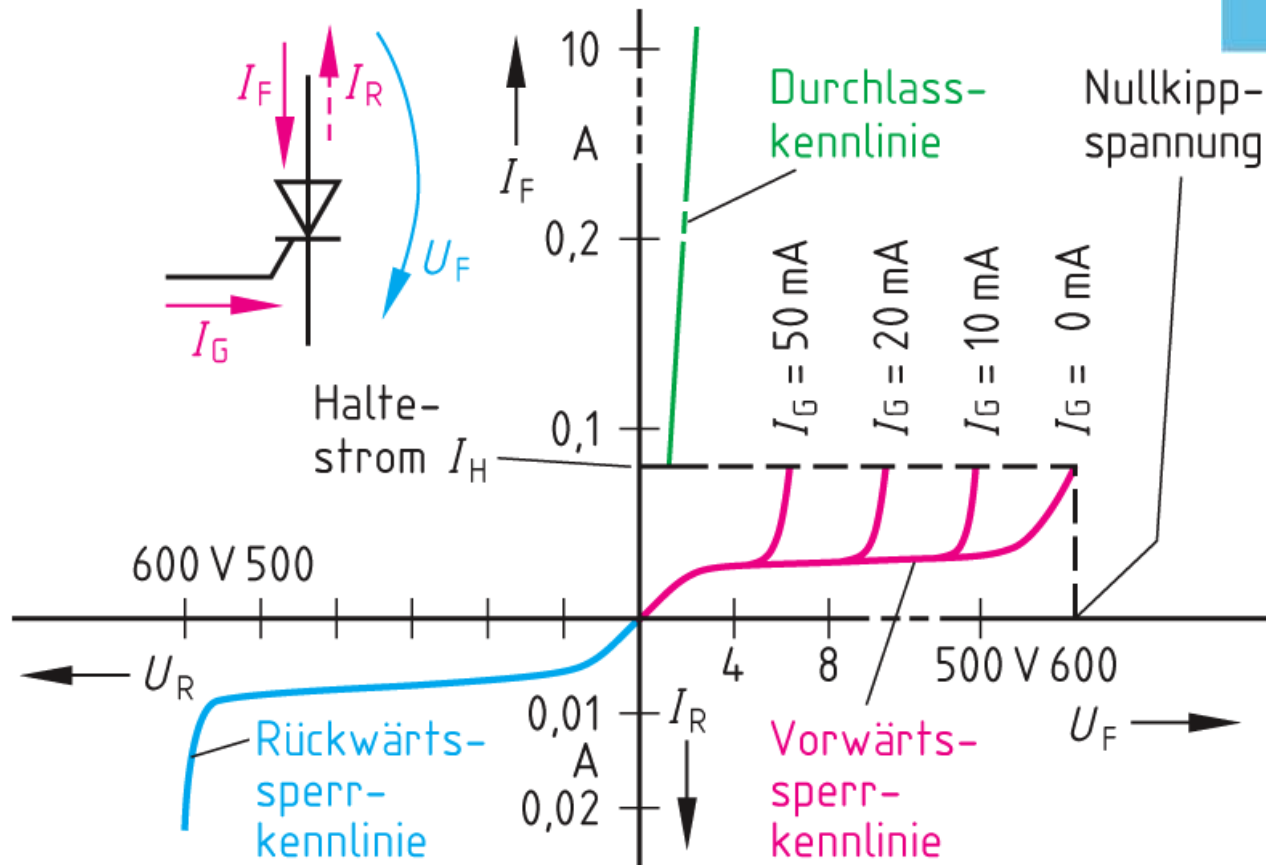
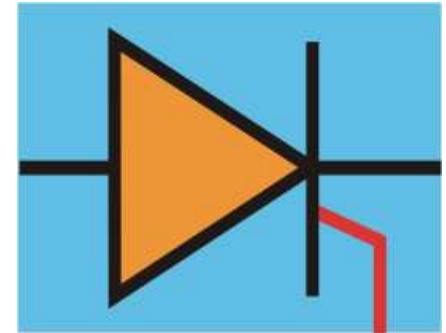
Durchlassrichtung:
Der Strom kann erst fließen, wenn am Gate ein Strom fließt.



Sperrrichtung: Der Strom wird (fast) vollständig gesperrt. (Analog zur Diode)

Merke: Der Thyristor kann nicht über das Gate gelöscht werden, sondern nur indem der Durchlassstrom auf Null sinkt.

Die Kennlinie des Thyristors gliedert sich in drei Teile: Rückwärtssperrkennlinie, Vorwärtssperrkennlinie, Durchlasskennlinie.

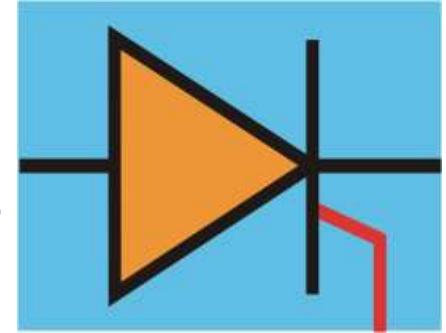


Die Kennlinie verdeutlicht folgende Eigenschaften des Thyristors:

Rückwärtssperrkennlinie: Gleiche Eigenschaft wie bei der Diode. Die maximale Sperrspannung darf nicht überschritten werden.

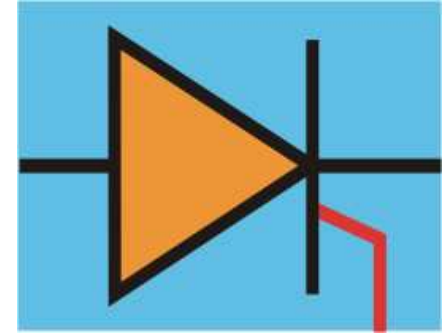
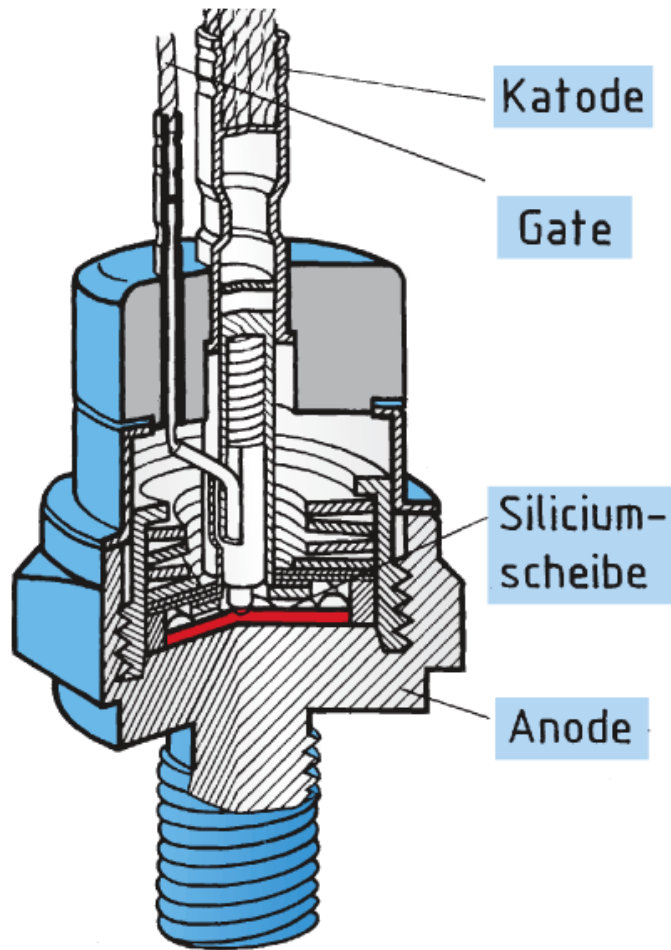
Vorwärtssperrkennlinie: Solange kein Gate-Strom fließt, sperrt der Thyristor auch in Vorwärtsrichtung. Durch überschreiten der Nullkippspannung zündet sich der Thyristor selbst (meistens ohne Zerstörung!).

Durchlasskennlinie: Sobald eine positive Spannung U_F anliegt, kann der Thyristor durch einen Stromimpuls am Gate gezündet (eingeschaltet) werden und der Thyristor wird leitend. Die Durchlassspannung beträgt etwa 0,6 V bis 3 V. Der Thyristor bleibt leitend, bis der Durchlassstrom unter den Haltestrom sinkt.

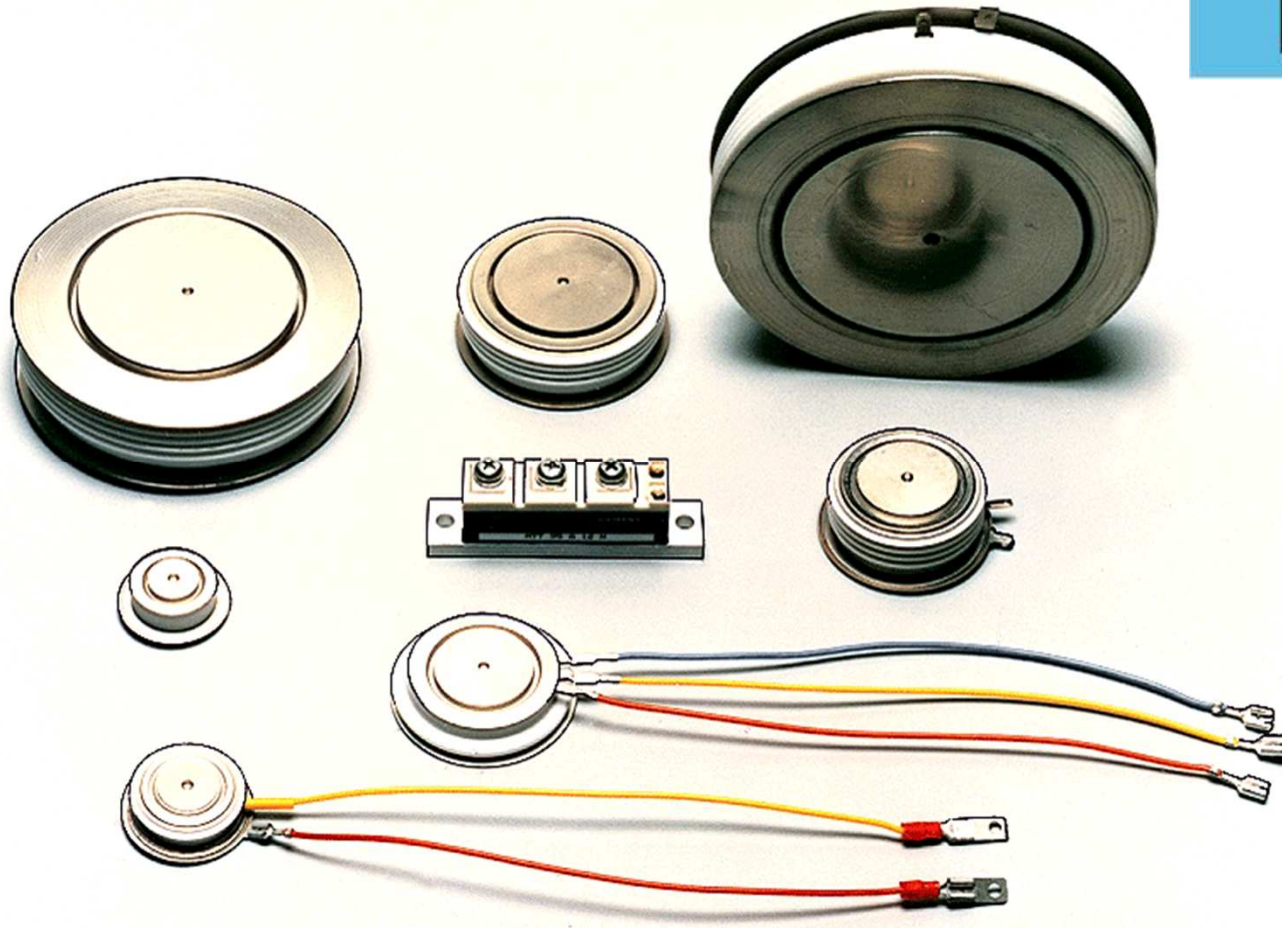
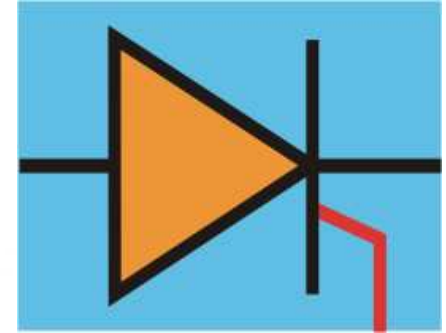


Merke: Bei Betrieb mit Wechselstrom wird am Ende jeder Halbperiode der Haltestrom unterschritten. Dadurch sperrt der Thyristor.

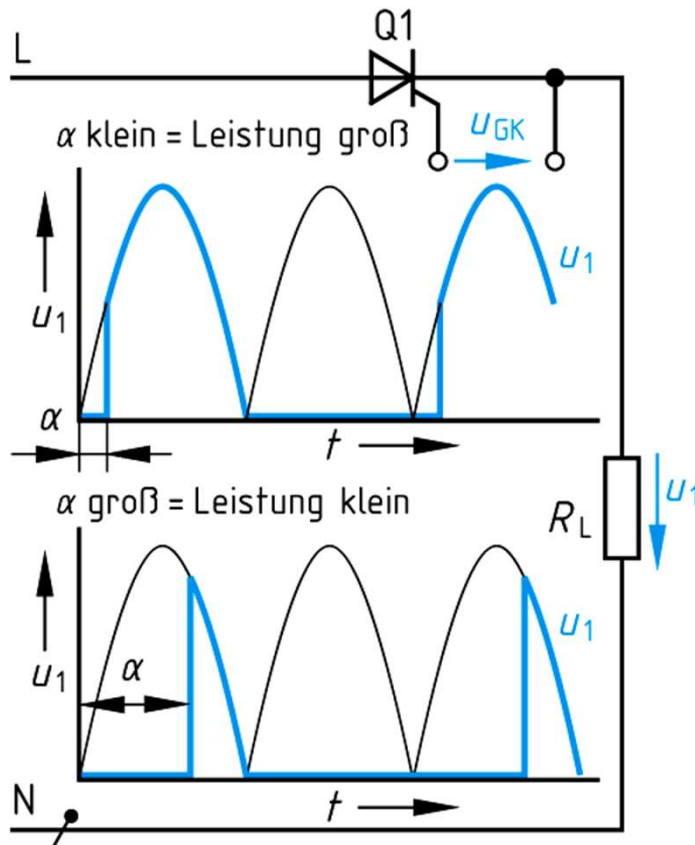
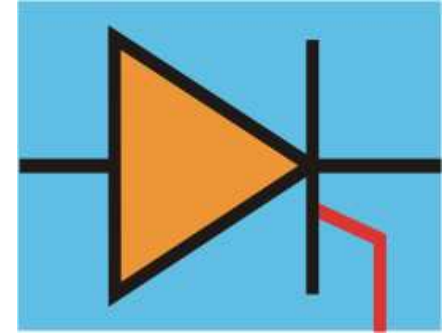
Thyristoren werden analog zu den Dioden aufgebaut. Sie verfügen über einen dritten Anschluss, das Gate:



Wie bei den Dioden sind die Bauformen der Thyristoren sehr vielfältig:



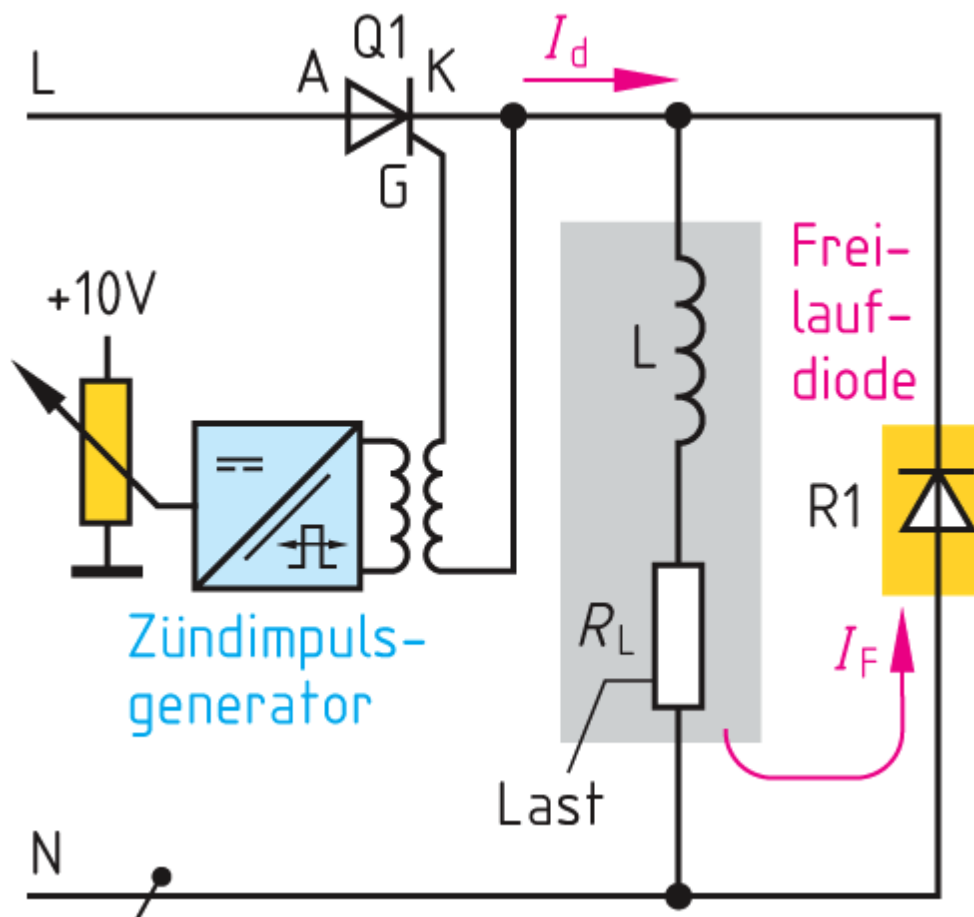
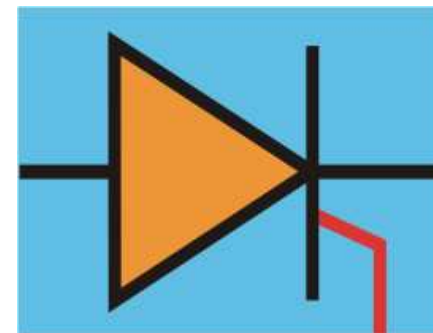
Die Diode der E1U-Schaltung wird durch einen Thyristor ersetzt. Dadurch entsteht die E1C-Schaltung. Der Strom kann erst fließen, wenn der Thyristor in Durchlassrichtung gepolt ist und am Gate einen Zündimpuls erhält:



Der Zündwinkel α gibt an, um wieviel Grad der Zündimpuls gegenüber dem Zündimpuls bei Vollaussteuerung verschoben wird.

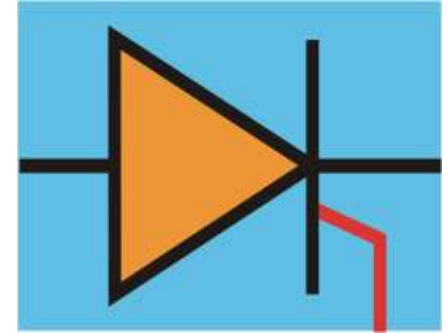
Funktion: Wird der Thyristor zu einem bestimmten Zeitpunkt während der Netzhalbperiode gezündet, erlischt er von selbst wieder, wenn der sinusförmige Laststrom den Haltestrom unterschreitet.

Oft wird eine induktive Last (z.B. ein Gleichstrommotor) an einen gesteuerten Gleichrichter geschaltet:



Merke: Bei induktiver Last wird eine Freilaufdiode benötigt.

Um die Ausgangsspannung in Abhängigkeit des Steuerwinkels zu bestimmen, wird im Tabellenbuch ein Diagramm angegeben:

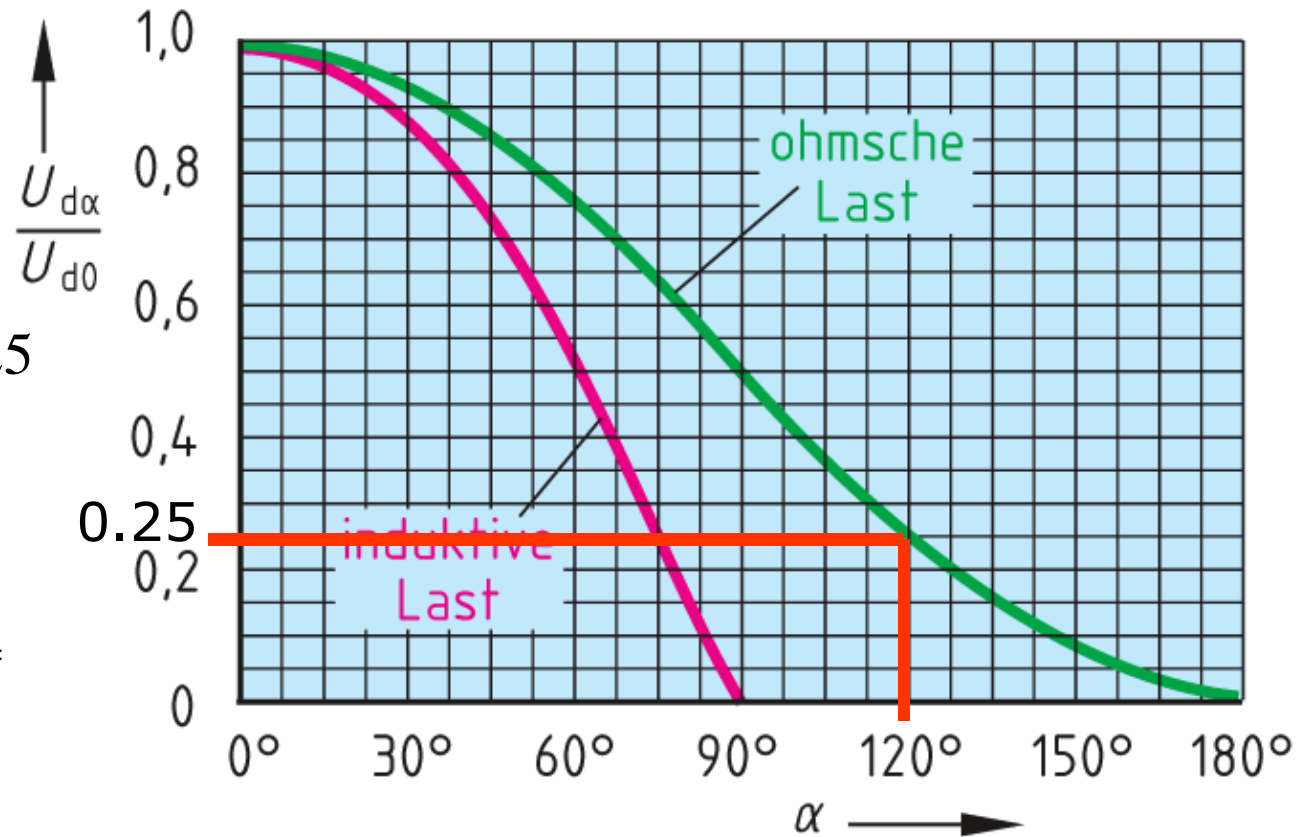


Beispiel: Die Steuerkennlinie der E1C-Schaltung.

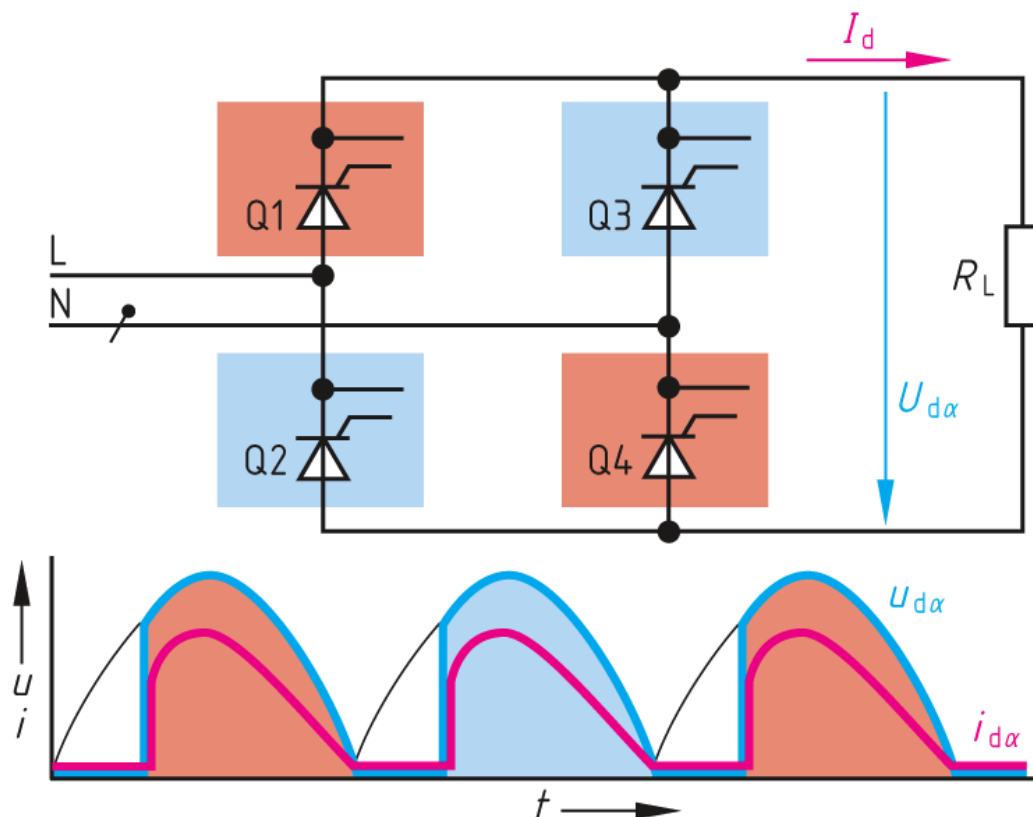
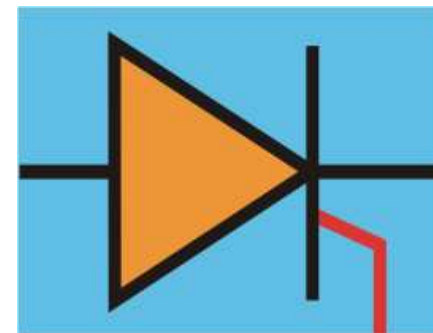
$$U_{d0} = 270 \text{ V};$$
$$\alpha = 120^\circ; U_{d\alpha} = ?$$

abgelesen: $\frac{U_{d\alpha}}{U_{d0}} = 0.25$

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cdot 0.25 =$$
$$270 \text{ V} \cdot 0.25 = \underline{\underline{67.5 \text{ V}}}$$

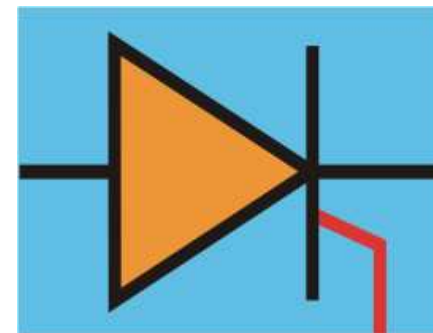
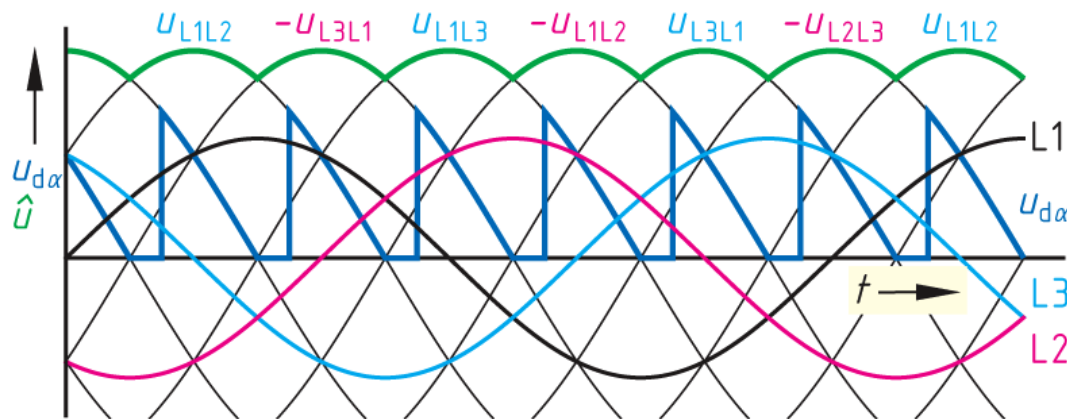
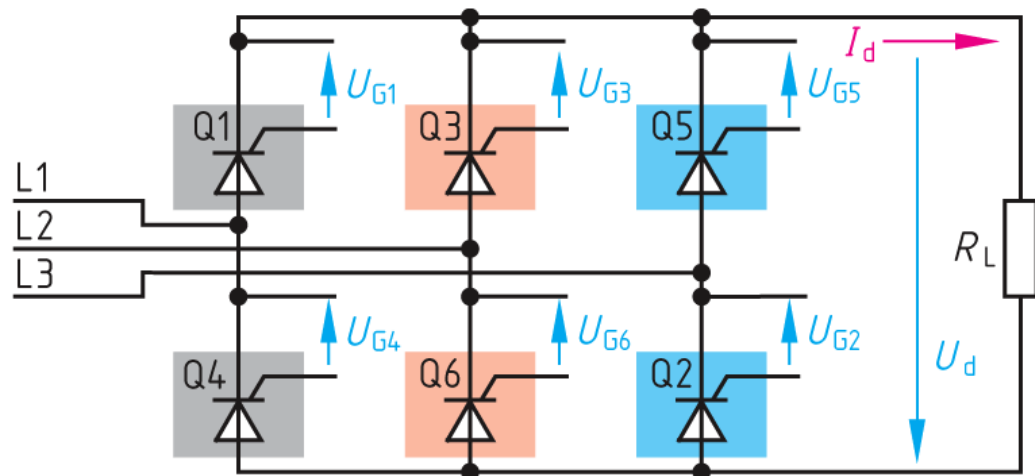


Durch Ersetzen aller Dioden durch Thyristoren entsteht die gesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung B2C:



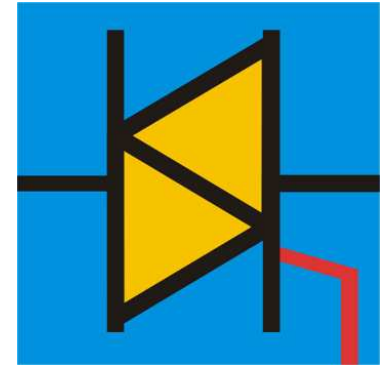
Merke: Es müssen immer zwei Thyristoren gleichzeitig gezündet werden, damit ein Strom fließen kann (Q1/Q4 oder Q2/Q3).

Als Beispiel für die gesteuerten Drehstromgleichrichter diene die B6C-Schaltung:



Die Ansteuerung der B6C-Schaltung erfordert einen höheren Aufwand. Deshalb werden integrierte Schaltungen angeboten, die alle Funktionen enthalten.

Die Wechselstromumrichter werden in zwei Gruppen unterteilt:



Wechselstromumrichter

Wechselstromsteller

Frequenzumrichter

Erzeugen aus einer vorhandenen Wechsel- / Drehstromquelle eine stufenlos einstellbare Wechsel- / Drehstromspannung

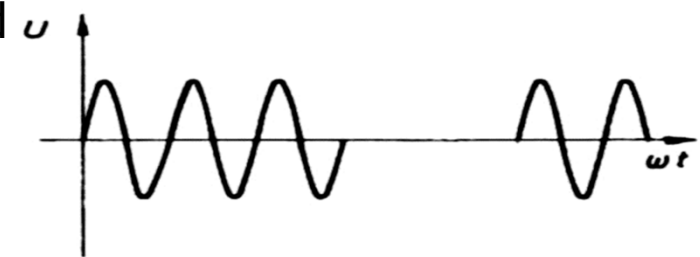
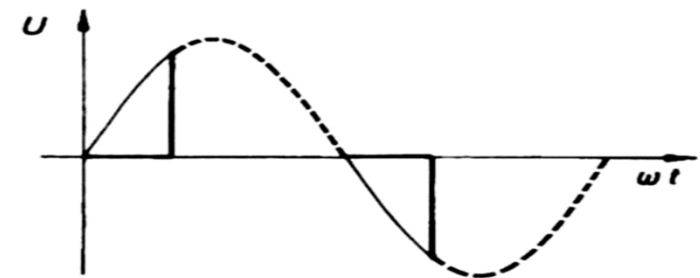
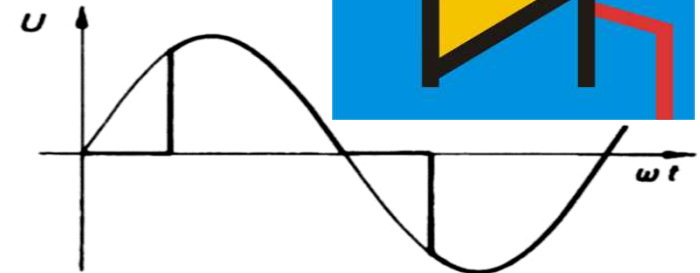
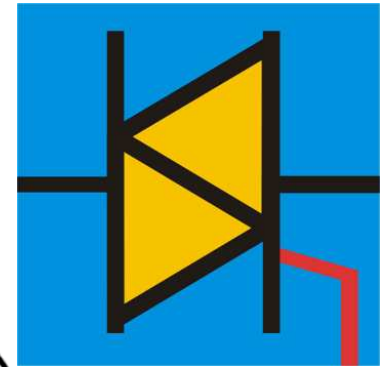
Erzeugen eine stufenlos einstellbare Wechsel- / Drehstromspannung mit variabler Frequenz. Sie setzen sich aus einem Gleichrichter und einem Wechselrichter zusammen. Sie werden deshalb beim Wechselrichter besprochen.

In Wechselstromstellern werden drei verschiedene Verfahren zur Leistungssteuerung eingesetzt:

Phasenanschnittsteuerung: Durch das zeitlich verzögerte Einschalten des Halbleiters in jeder Halbwelle wird die Leistung stufenlos gesteuert.

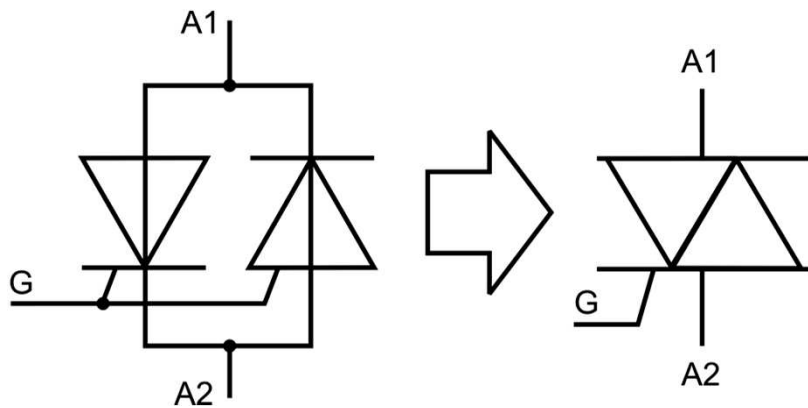
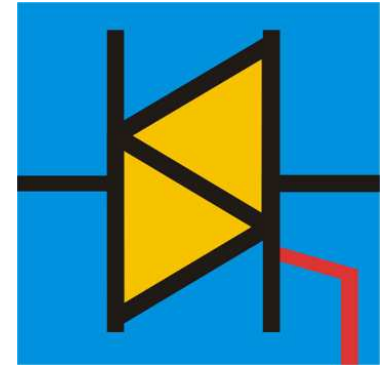
Phasenabschnittsteuerung: Nach jedem Nulldurchgang wird der Leistungshalbleiter automatisch leitend und kann während der Leitendphase zu jedem Zeitpunkt in der betreffenden Halbwelle gesperrt werden.

Periodengruppensteuerung: Sie wird auch Schwingungspaketsteuerung genannt. Dabei werden jeweils nur ganze Sinusschwingungen in unterschiedlicher Anzahl durchgeschaltet.



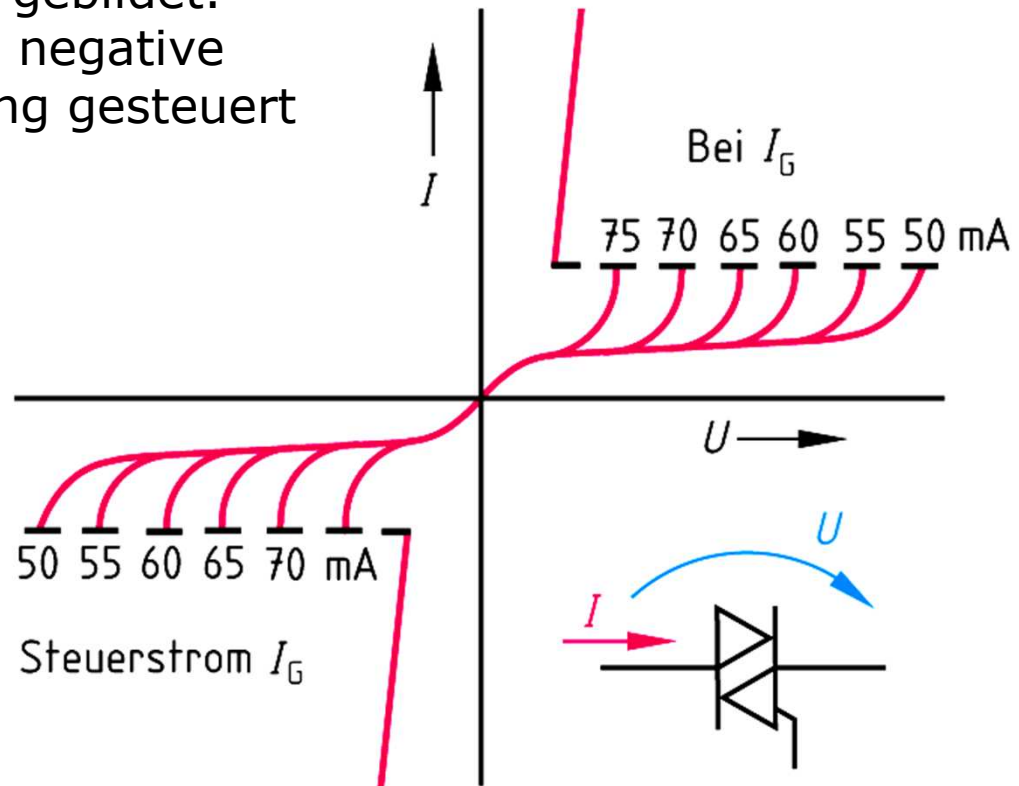
Als wichtigstes Halbleiterbauelement wird in Wechselstromstellern kleiner Leistung der **Triac** eingesetzt:

Der Triac wird prinzipiell aus zwei antiparallel geschalteten Thyristoren mit gemeinsamem Steueranschluss gebildet. Damit kann die positive und die negative Halbwelle einer Wechselspannung gesteuert werden.

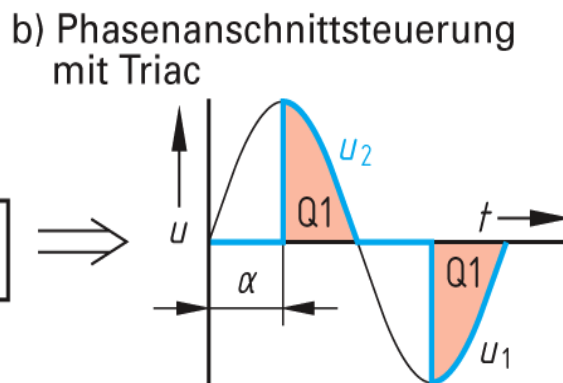
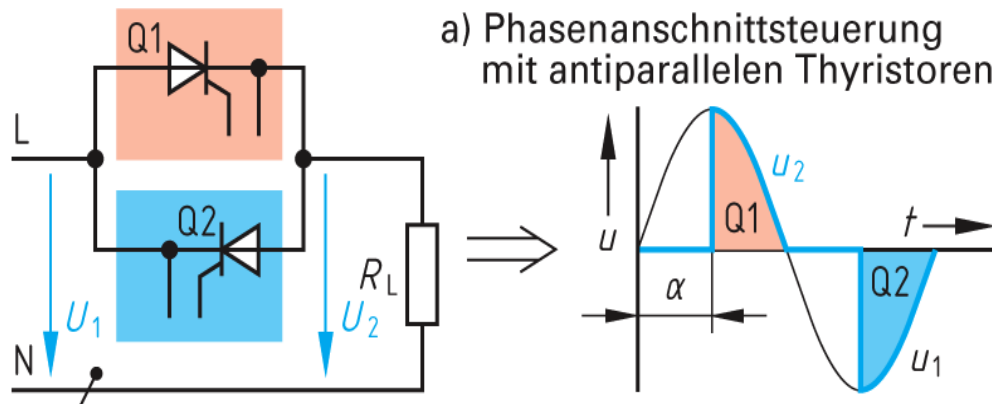
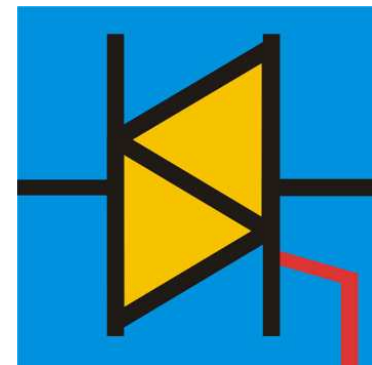


BBB

Berufs Bildung Baden



Die Phasenanschnittsteuerung wird mit der **Wechselwegschaltung W1C** gelöst:

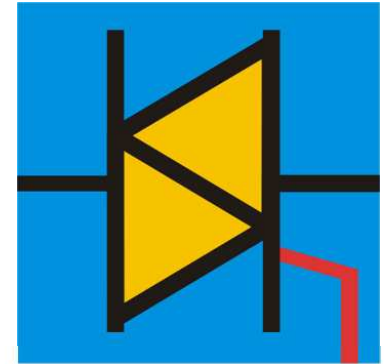


Funktion: Durch die zeitlich verzögerte Zündung des Triac nach dem Nulldurchgang der Halbwelle kann der Mittelwert der Spannung an der Last stufenlos verstellt werden. Beim nächsten Nulldurchgang der Spannung löscht der Triac automatisch wieder.

Vorteil: Die Schaltung ist kostengünstig und bekannt als Dimmer für Glühlampen oder als Softstarter für Motoren.

Nachteil: Der nichtsinusförmige Strom erzeugt Netzurückwirkungen.

Der Effektivwert der Ausgangsspannung der W1C-Schaltung wird mit der Steuerkennlinie ermittelt:



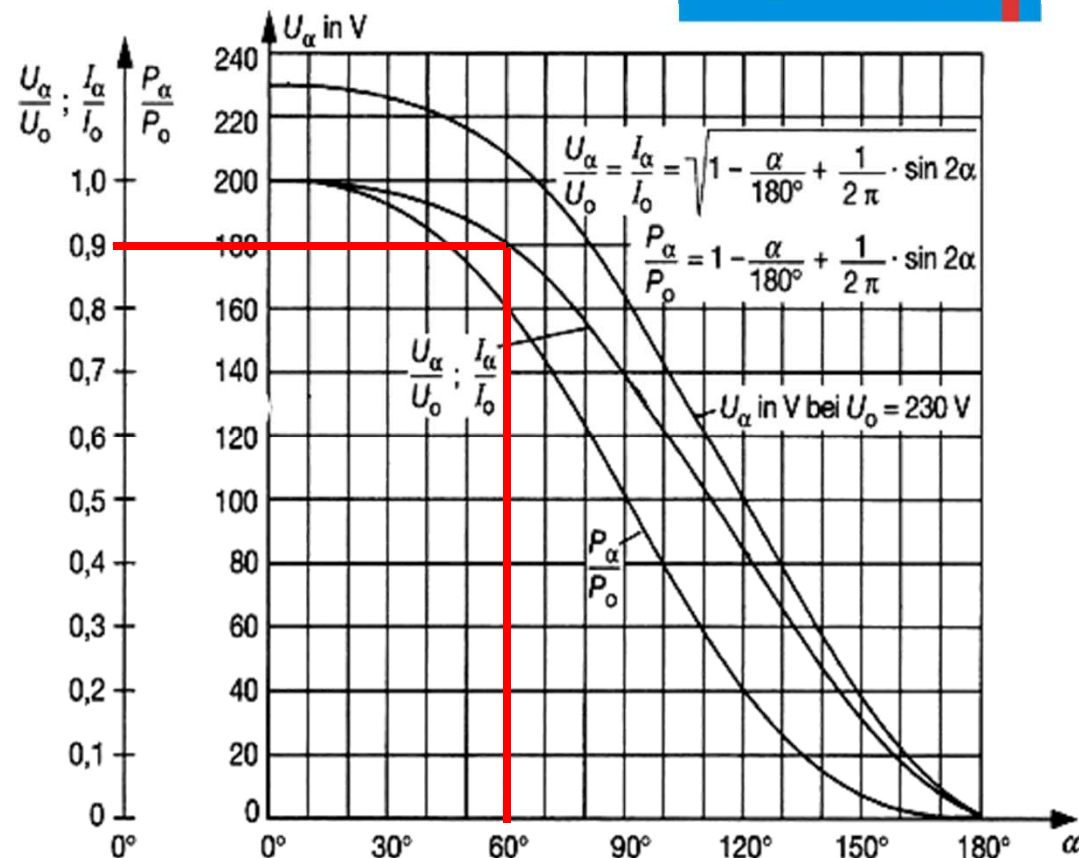
Beispiel: $U_0 = 230 \text{ V}$;
 $\alpha = 60^\circ$; $U_\alpha = ?$

Aus der Kennlinie
herauslesen:

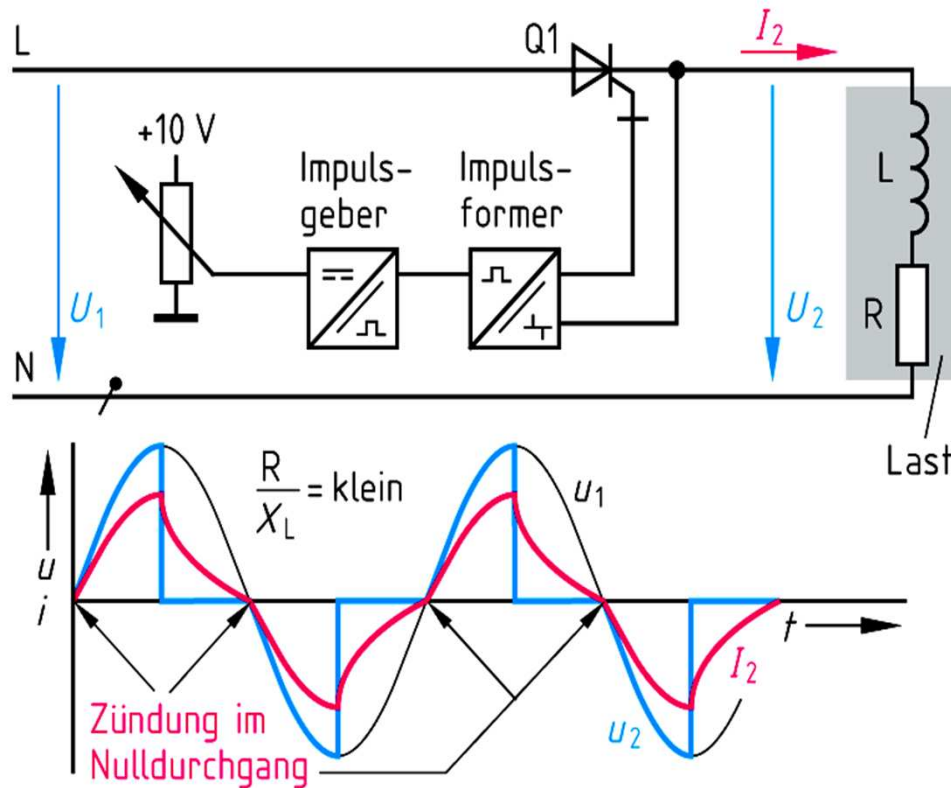
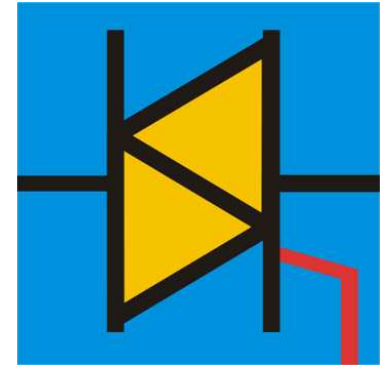
$$\frac{U_\alpha}{U_0} = 0.9$$

$$U_\alpha = U_0 \cdot 0.9 =$$

$$230\text{V} \cdot 0.9 = \underline{\underline{207\text{V}}}$$



Für die Phasenabschnittsteuerung wird ein abschaltbares Halbleiterbauelement, wie z.B. ein GTO benötigt:

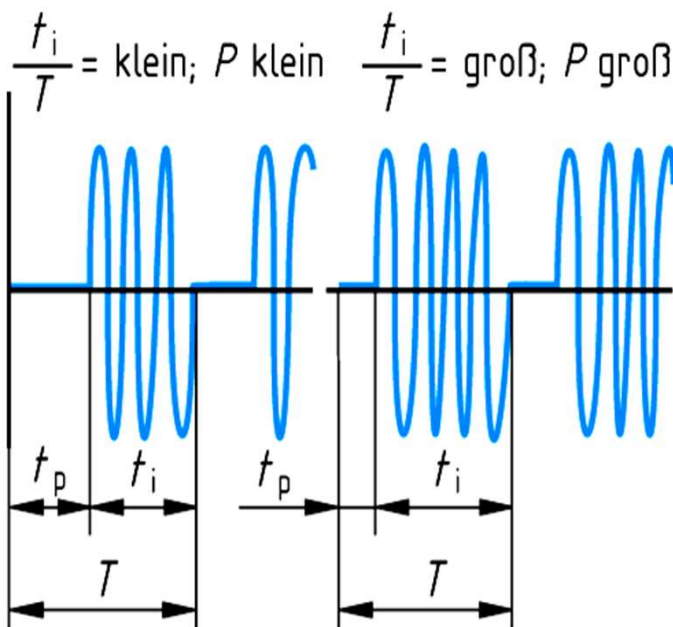
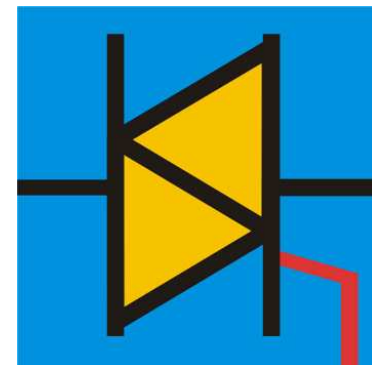


Funktion: Im Nulldurchgang wird der GTO gezündet und nach einer bestimmten Zeit während der Halbwelle gelöscht. Damit kann die mittlere Spannung an der Last stufenlos verstellt werden.

Vorteil: Die Schaltung eignet sich auch für geringe induktive Lasten, wie z.B. Vorschaltgeräte von Leuchtstofflampen. Die Netzurückwirkungen sind geringer.

Nachteil: Es wird ein wesentlich teureres abschaltbares Halbleiterbauelement und eine aufwändige Steuerelektronik benötigt.

Die Periodengruppensteuerung oder Schwingungspaketsteuerung wird mit Halbleiterrelais oder Halbleiterschütze gelöst:



Funktion: Ein Triac wird im Nulldurchgang für eine Anzahl von Perioden gezündet. Danach bleibt der Triac wieder für eine Anzahl Perioden ausgeschaltet usw.

Vorteil: Durch diese Steuerung wird die Netzurückwirkung und die Oberwellenblindleistung stark reduziert.

Nachteil: Diese Steuerung eignet sich nur für träge Lasten, wie z.B. Heizungen.