

# 5.0 Halbleiter

**5.1.0 Grundlagen**

**5.2.0 Dioden**

5.3.0 Bipolare Transistoren

5.4.0 Feldeffekttransistoren

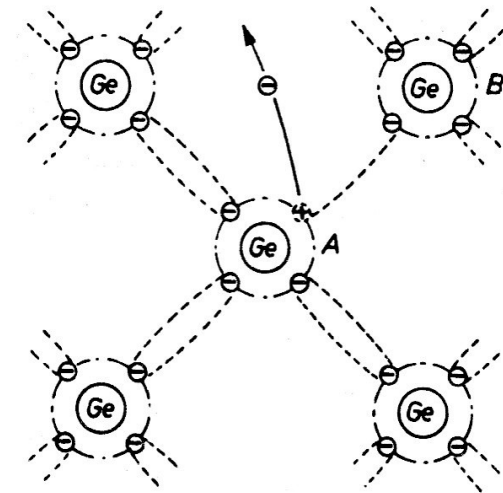
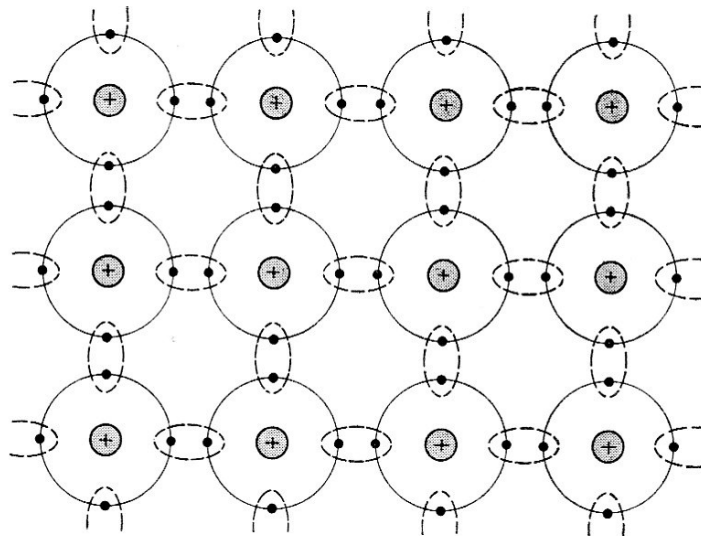
5.5.0 Integrierte Schaltungen

5.6.0 Schaltungstechnik

# 5.1.0 Grundlagen

## Was sind Halbleiter?

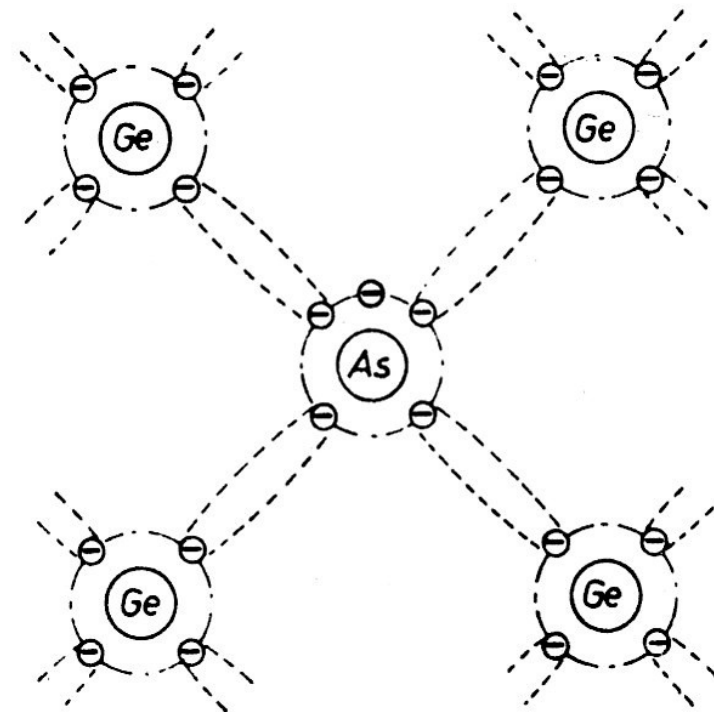
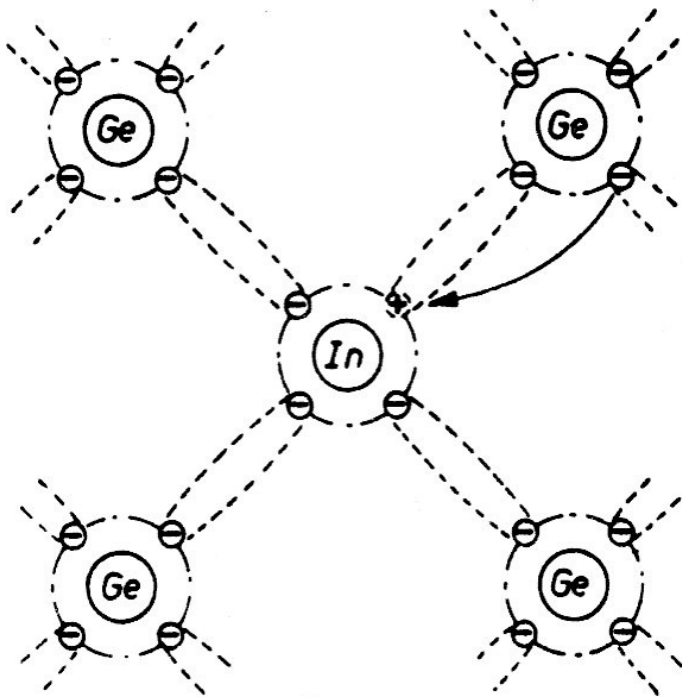
Stoffe, die bei 0°K isolieren. Es gibt dann keine freien Ladungsträger (Elektronen, Löcher)



Mit steigender Temperatur lösen sich Elektronen aus der äußeren Schale. So entstehen freie Ladungsträger (Elektronen und Löcher). Halbleiter sind temperaturabhängig.

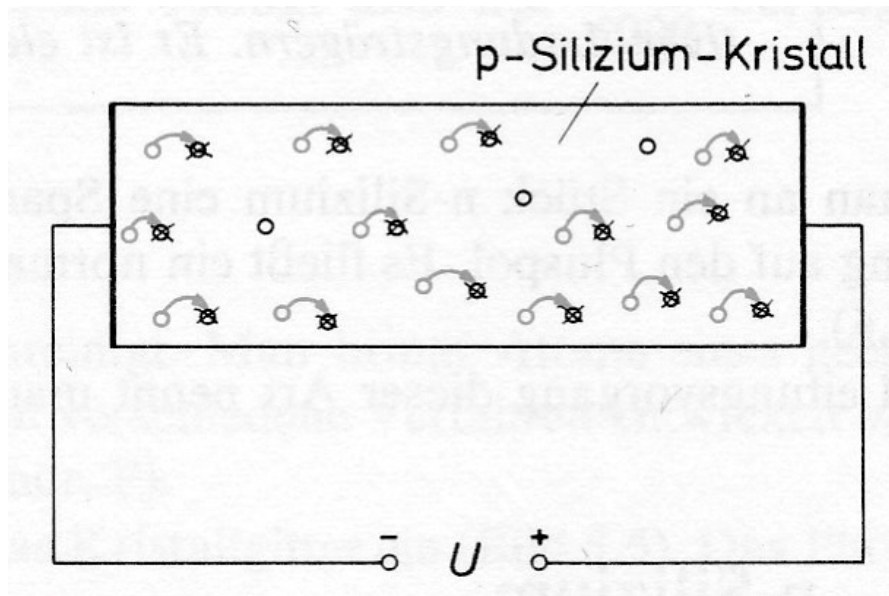
## 5.1.1 Dotieren

Um zuverlässig leitendes Silizium herzustellen wird es „dotiert“. Es werden Fremdatome in die Gitterstruktur eingebracht. Dazu benutzt man 3- oder 5-wertige Atome.

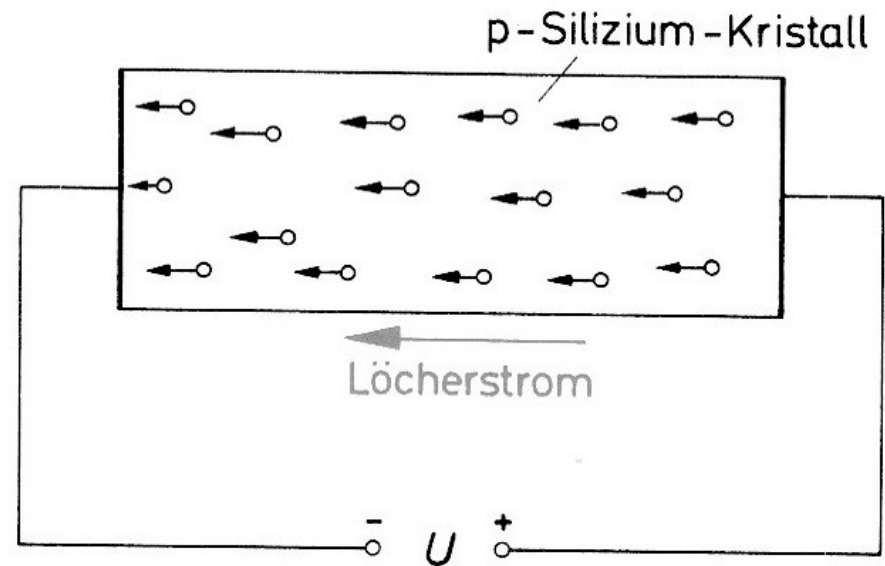


# 5.1.1 P-Silizium

Im P-Silizium sind die Löcher die freien Ladungsträger.



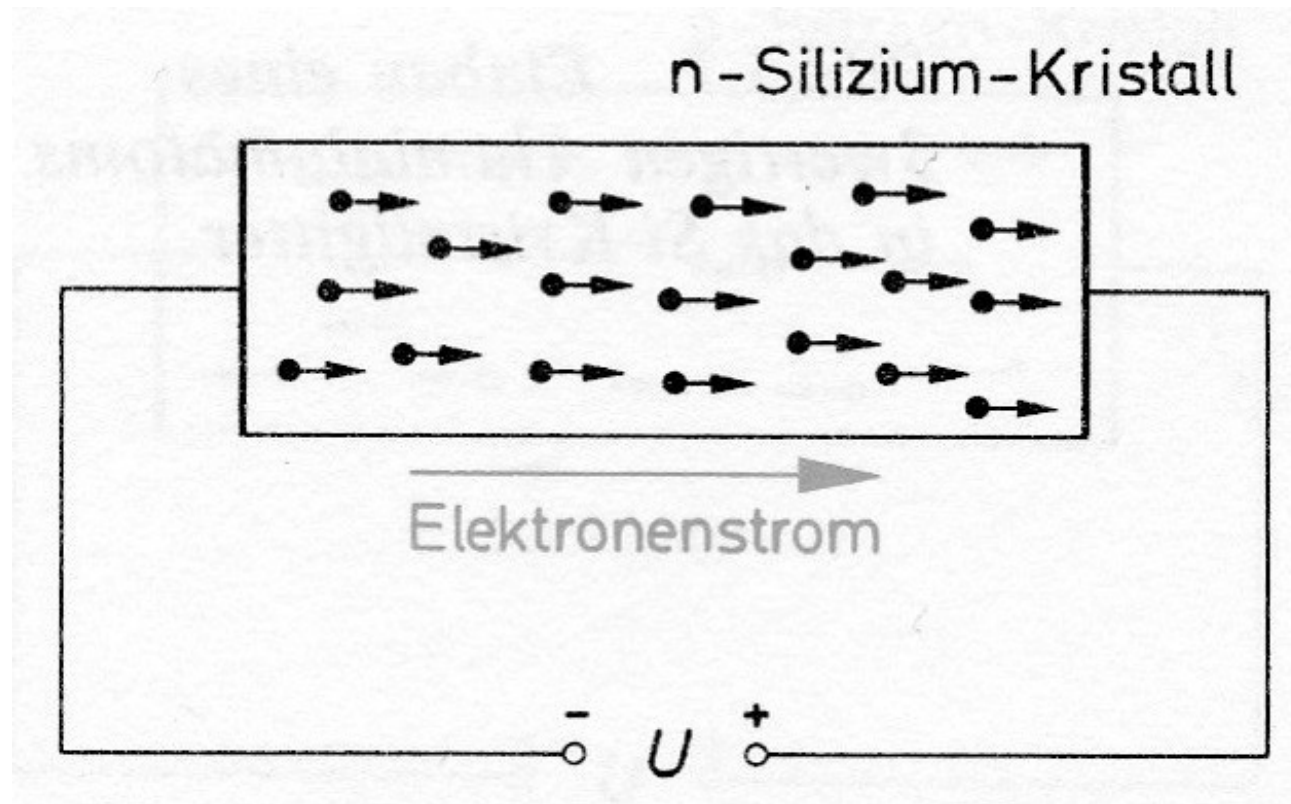
Elektronenstrom



Löcherstrom

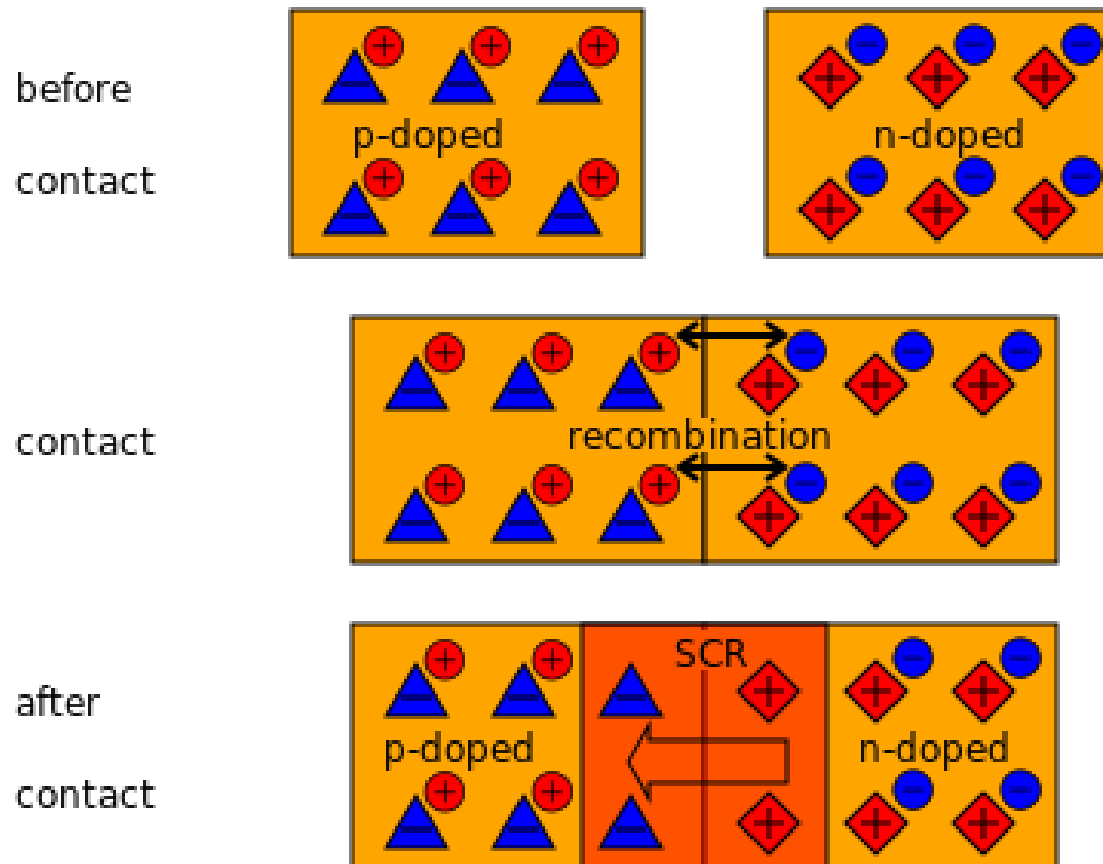
## 5.1.2 N-Silizium

Im N-Silizium sind die Elektronen die freien Ladungsträger.



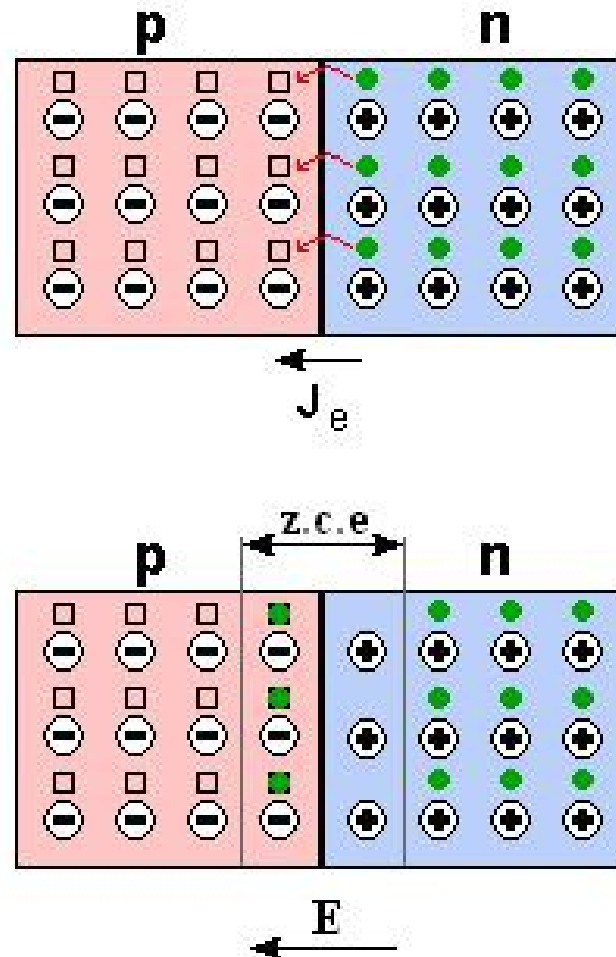
# 5.1.3 PN-Sperrschicht

Wenn man P- und N-Silizium zusammenbringt entsteht eine PN-Sperrschicht:



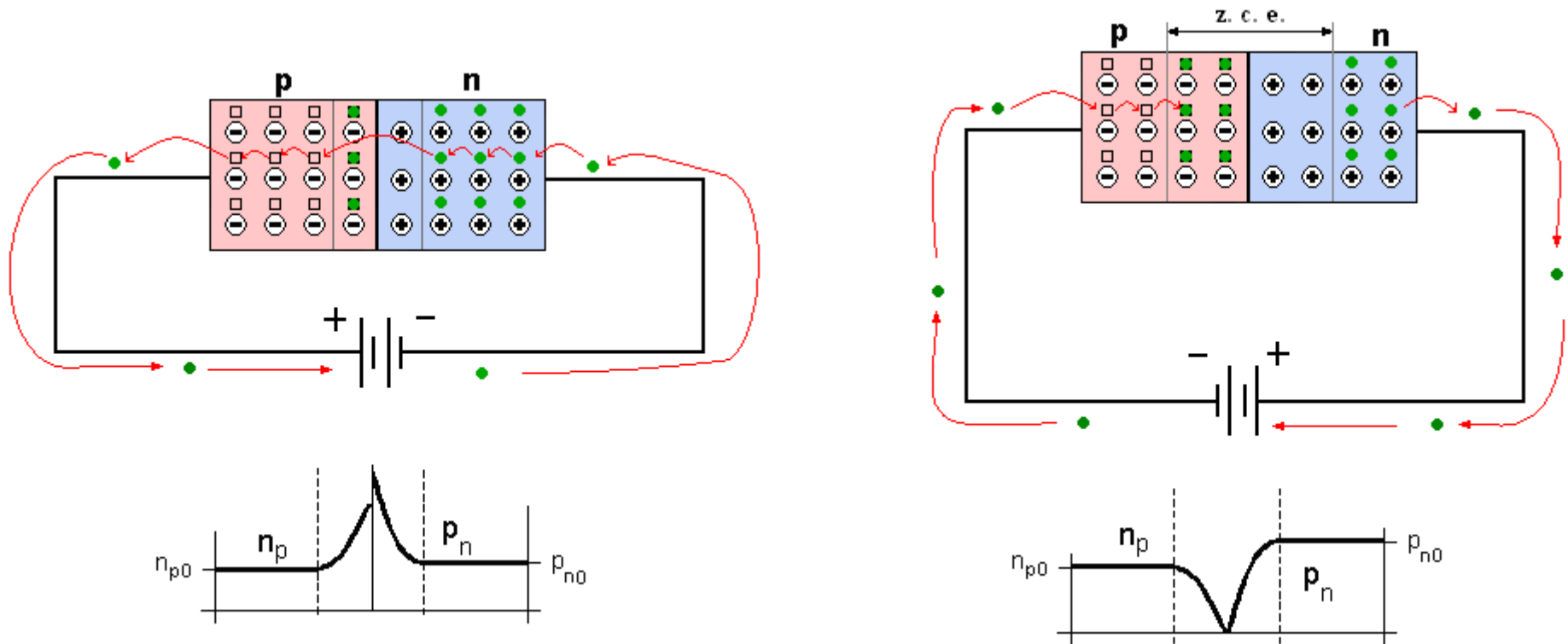
# 5.1.3 PN-Sperrschicht

Wenn man P- und N-Silizium zusammenbringt entsteht eine PN-Sperrschicht:



# 5.1.3 PN-Sperrschicht

Spannung an der PN-Sperrschicht:





# 5.2 Dioden

Di = Zwei

Dioden haben meist 2 Anschlüsse und sind gepolt.

5.2.1 Gleichrichterdioden

5.2.2 Schottkydioden

5.2.3 Zenerdioden

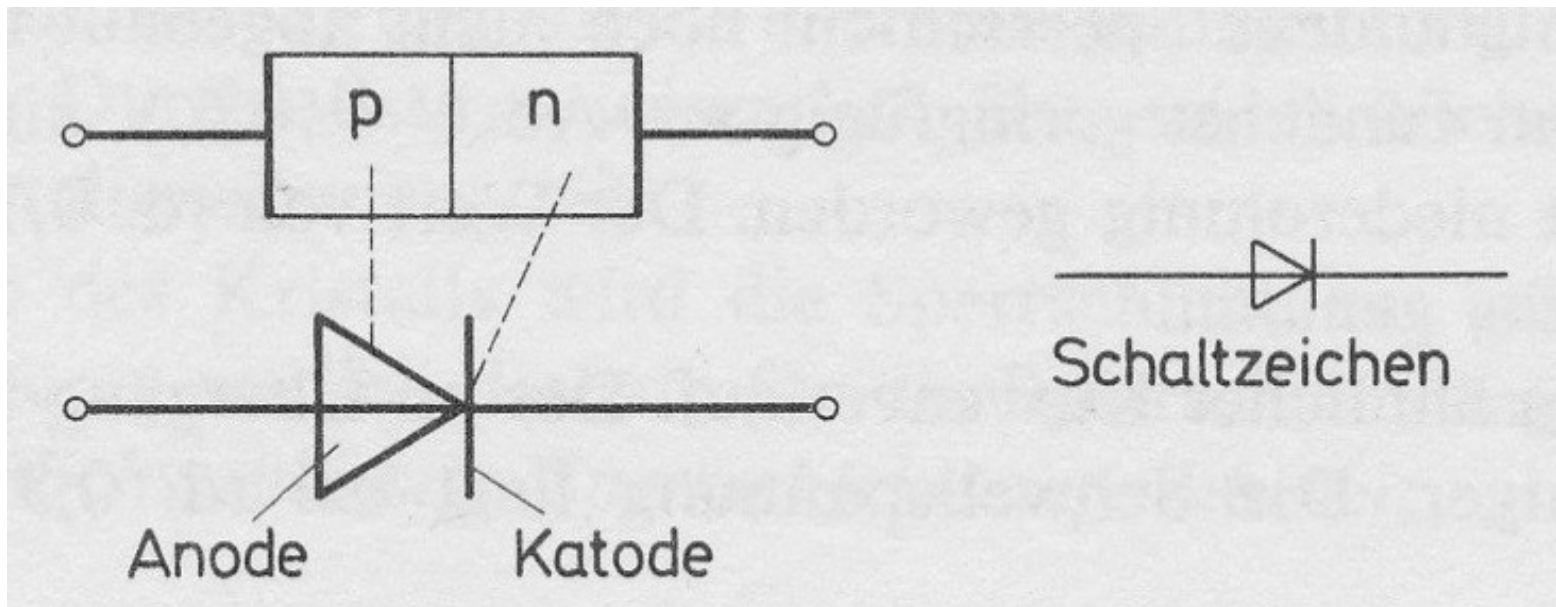
5.2.4 Leuchtdioden

5.2.5 Photodioden

5.2.6 Thyristoren / Triacs / Diacs

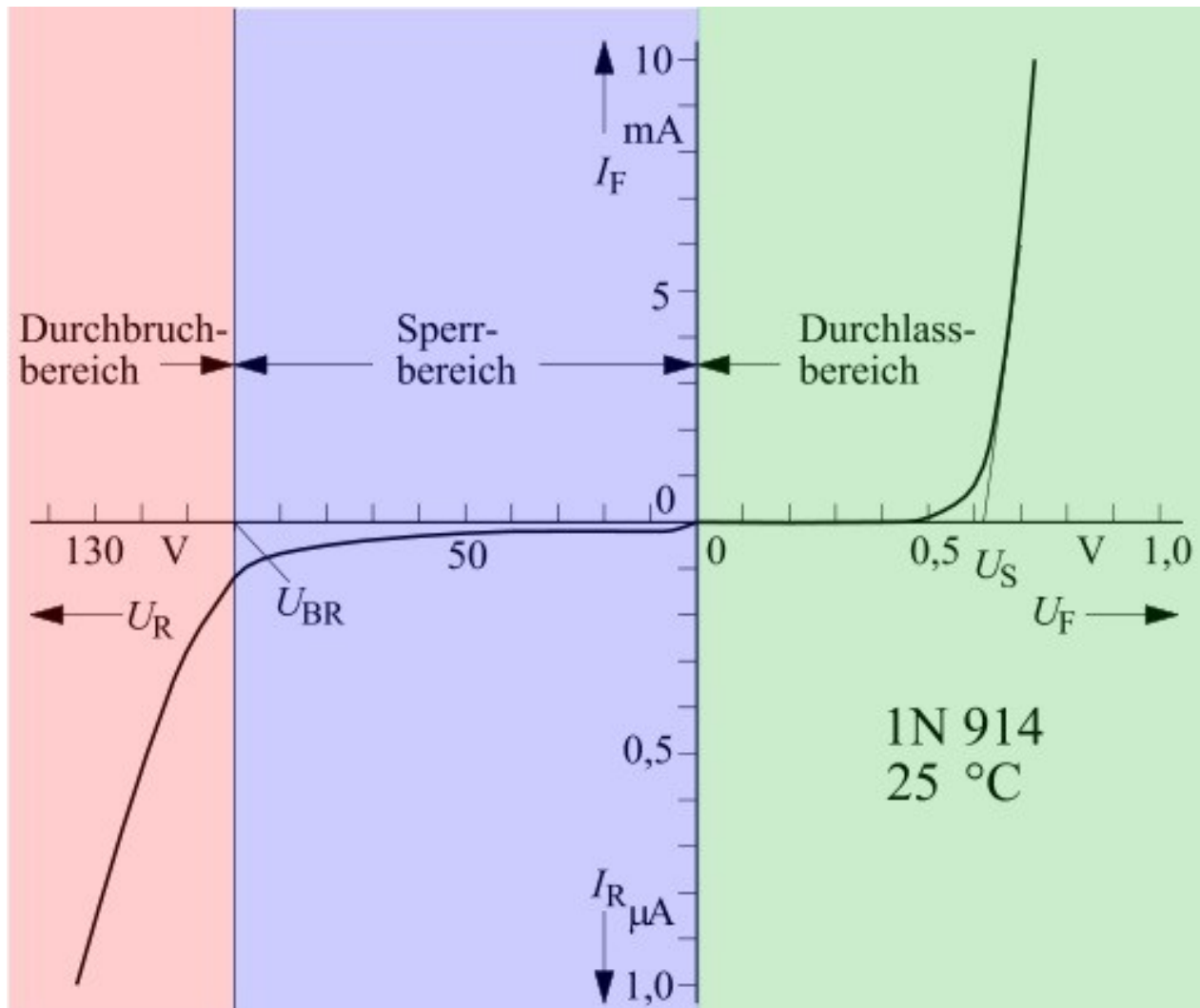
## 5.2.1 Gleichrichterdioden

Gleichrichterdioden nutzen den Effekt einer PN-Sperrschicht. Sie lassen Strom in die eine Richtung durchfließen und sperren ihn in die andere Richtung.



# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Durchlassbereich – Sperrbereich - Durchbruchbereich



## 5.2.1 Gleichrichterdioden

Eigenschaften:

**1N4148 - 1N914**

$V_F = 1.0 \text{ V}$  at 10 mA.

$I_F = 200\text{-}300 \text{ mA}$  — maximum direct forward current

$I_O = 75\text{-}200 \text{ mA}$  — average rectified forward current

$I_{FSM} = 1.0 \text{ A}$  (pulse width = 1 s),  $4.0 \text{ A}$  (pulse width =  $1 \mu\text{s}$ ) — non-repetitive peak forward surge current

$V_{RRM} = 75\text{-}100 \text{ V}$  — maximum repetitive reverse voltage

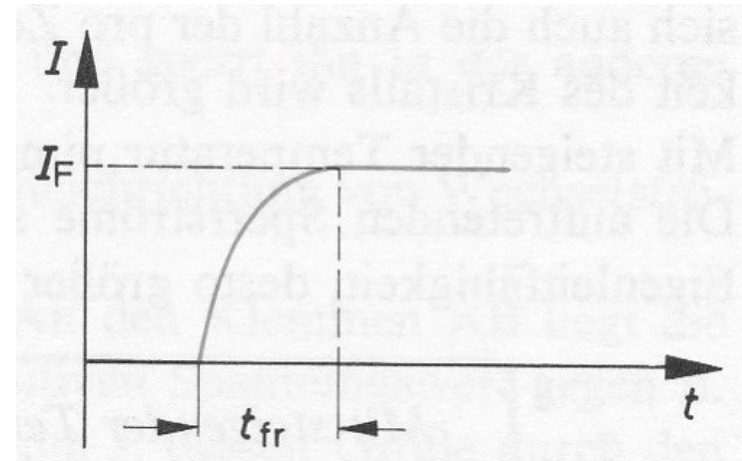
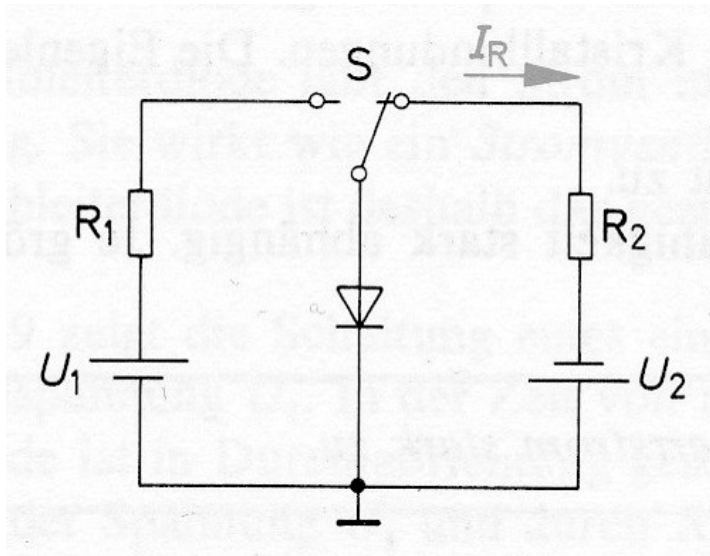
$P_D = 500 \text{ mW}$  — power dissipation

$T_{RR} < 4 \text{ ns}$  — reverse-recovery time

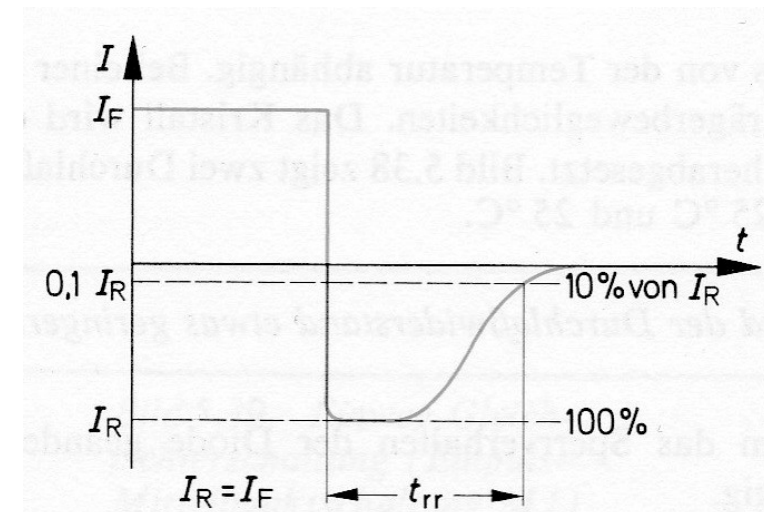
# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Eigenschaften – Umschaltzeit:

Einschaltverzögerung:



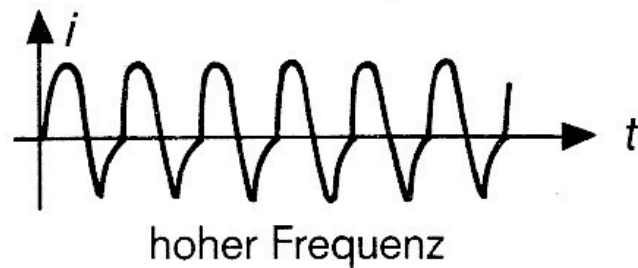
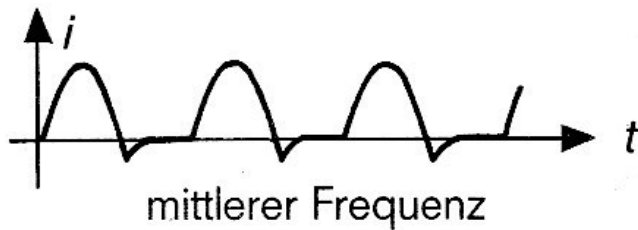
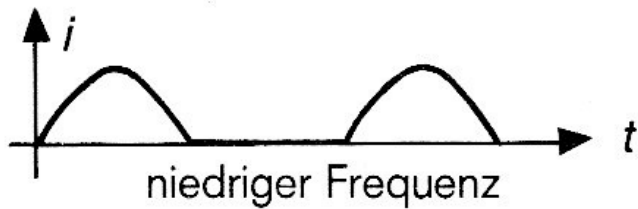
Ausschaltverzögerung:



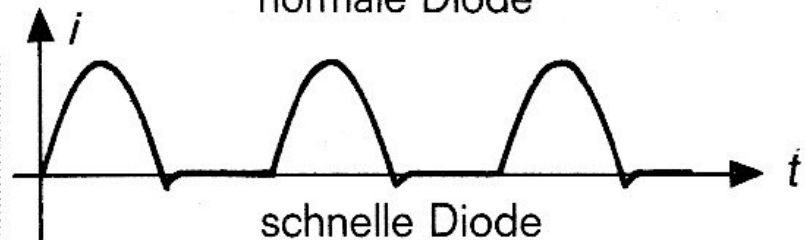
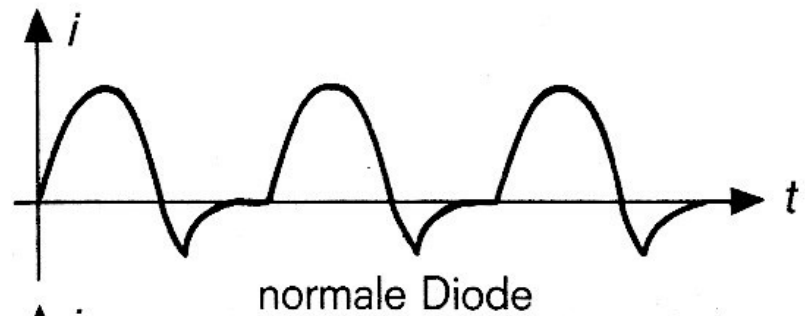
# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Eigenschaften – Umschaltzeit:

Stromverlauf durch eine Diode bei

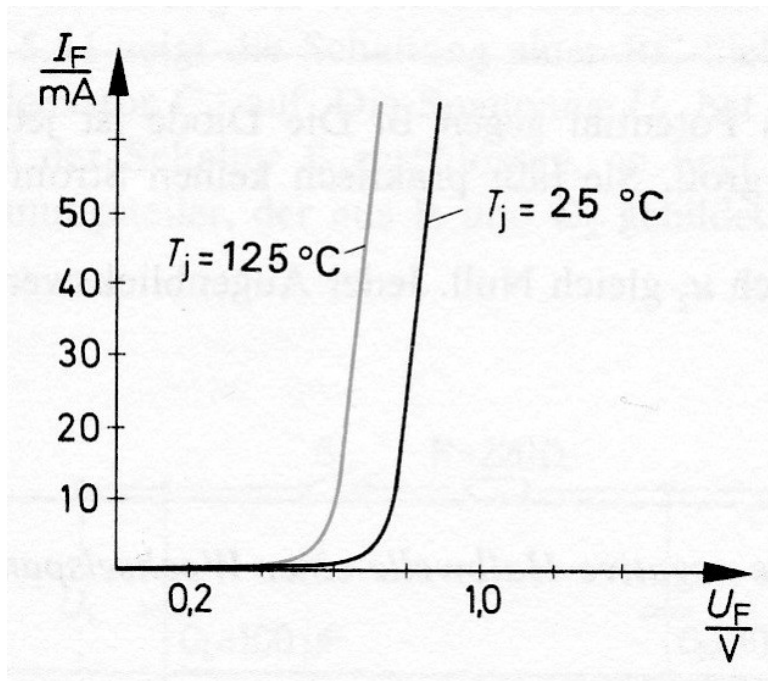


Stromverlauf bei höherer Frequenz durch eine

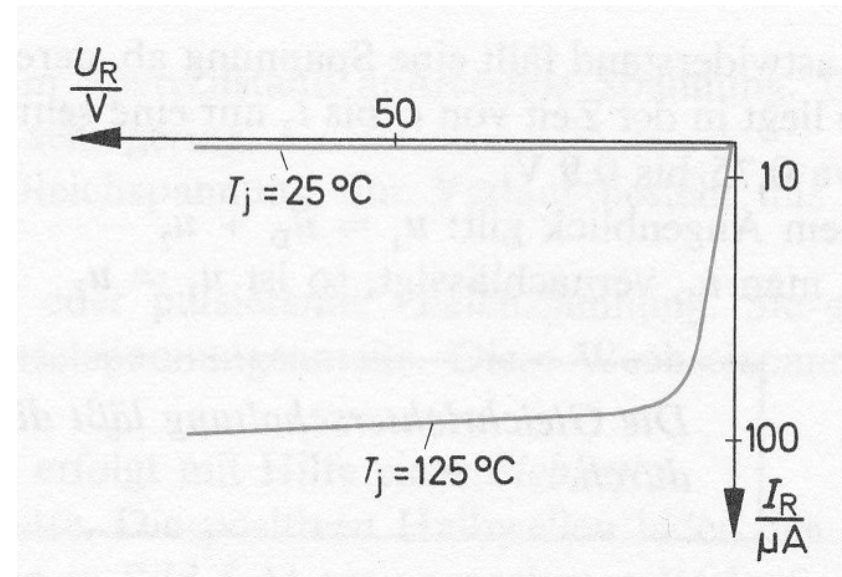


# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Eigenschaften – Temperaturgang:



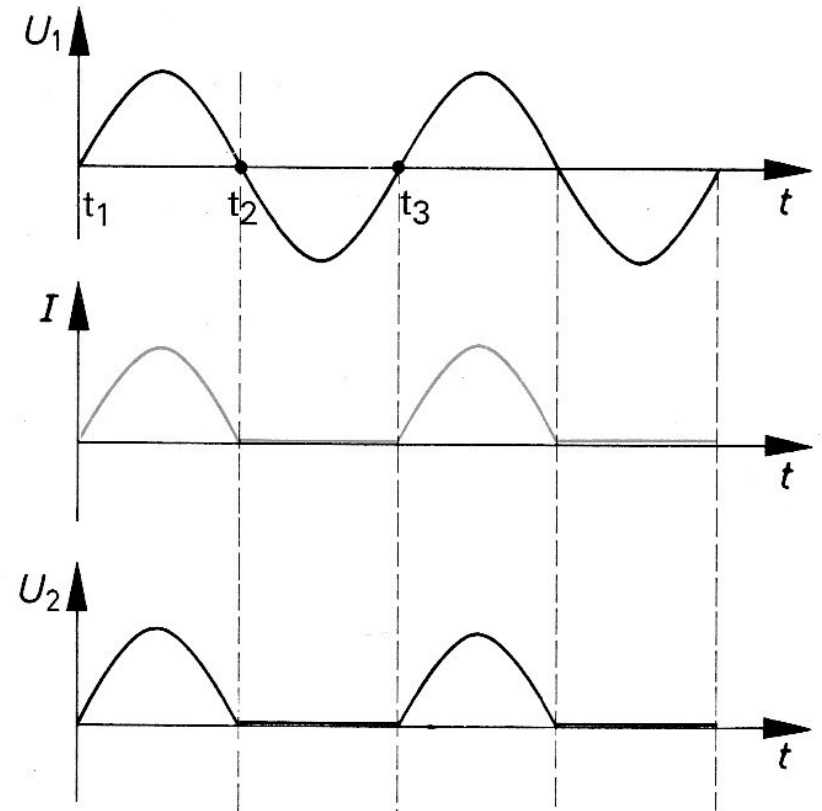
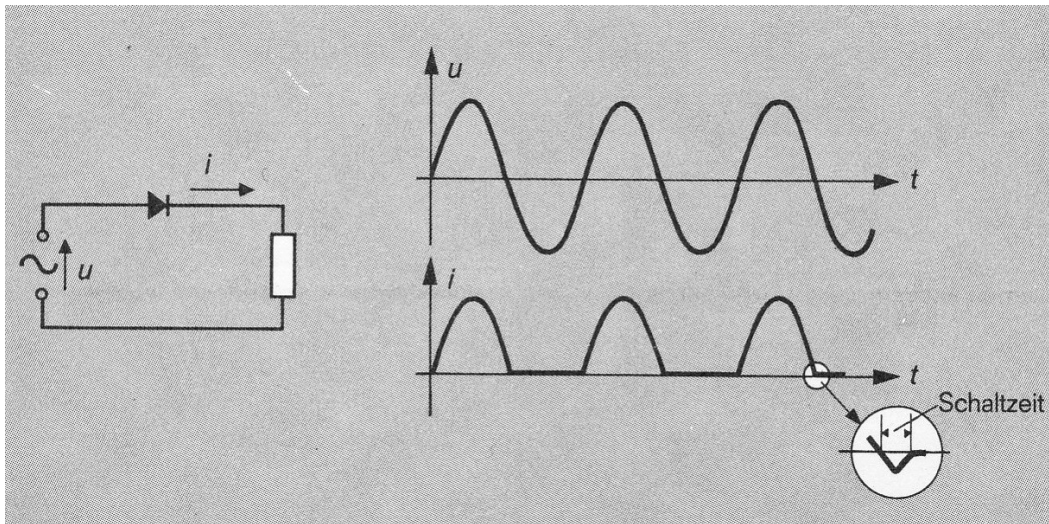
Mit steigender Temperatur nimmt der Durchgangswiderstand ab und die Durchlassspannung wird niedriger.



Mit steigender Temperatur nimmt der der Sperrstrom stark zu.

# 5.2.1 Gleichrichterdioden

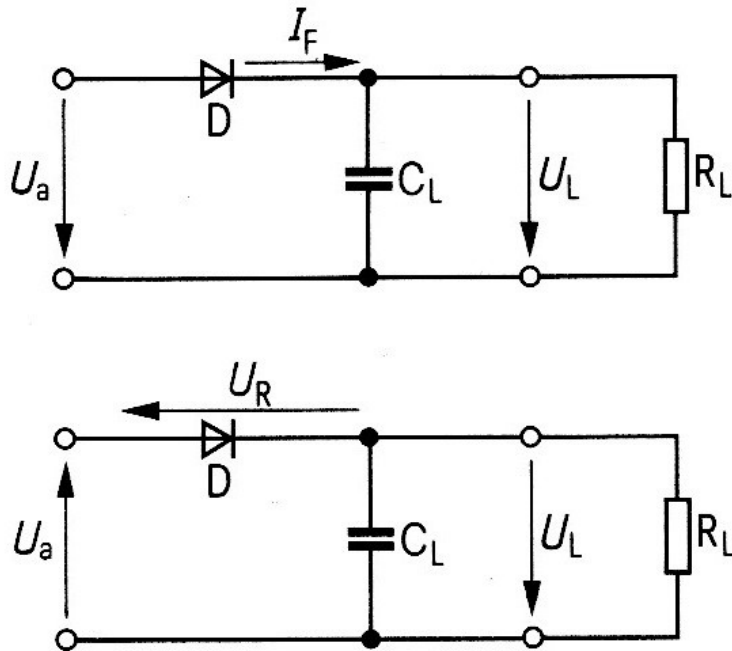
Einweggleichrichter:



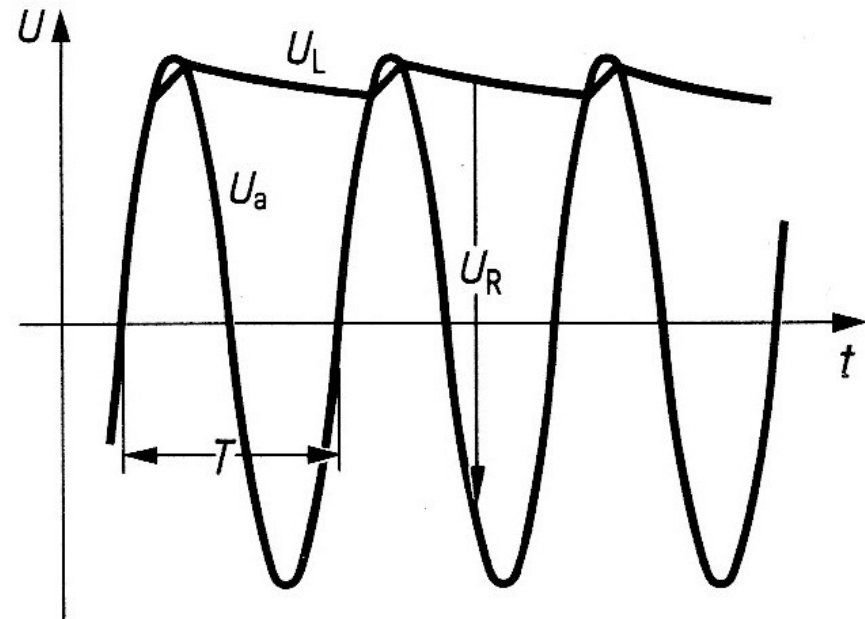


# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Einweggleichrichter:



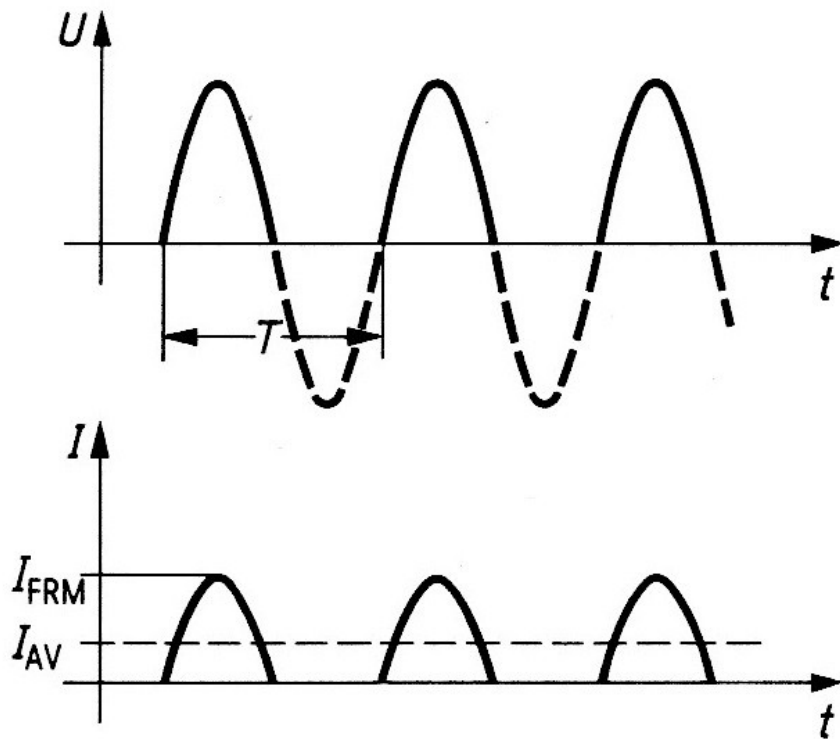
Einwegschaltung mit Ladekondensator  
oben: Durchlaßphase  
unten: Sperrphase



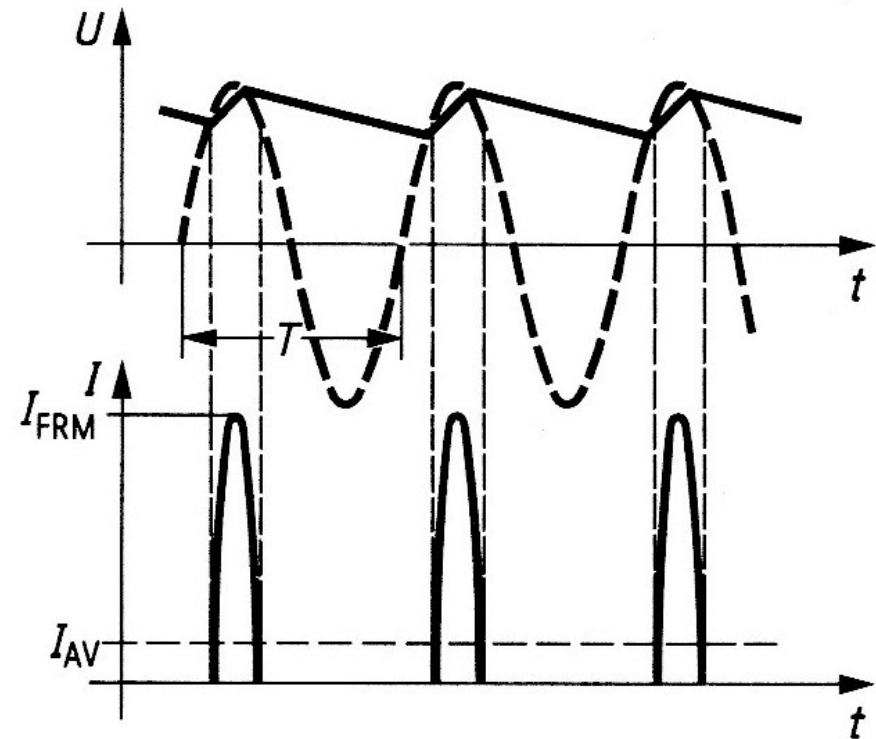
Verlauf der Spannungen

# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Einweggleichrichter:



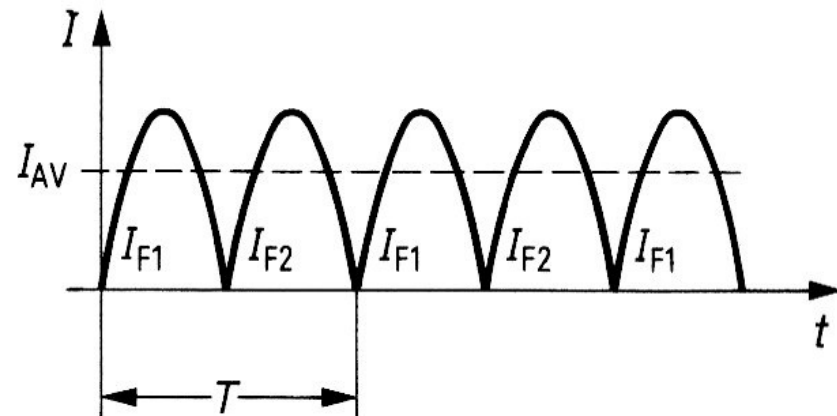
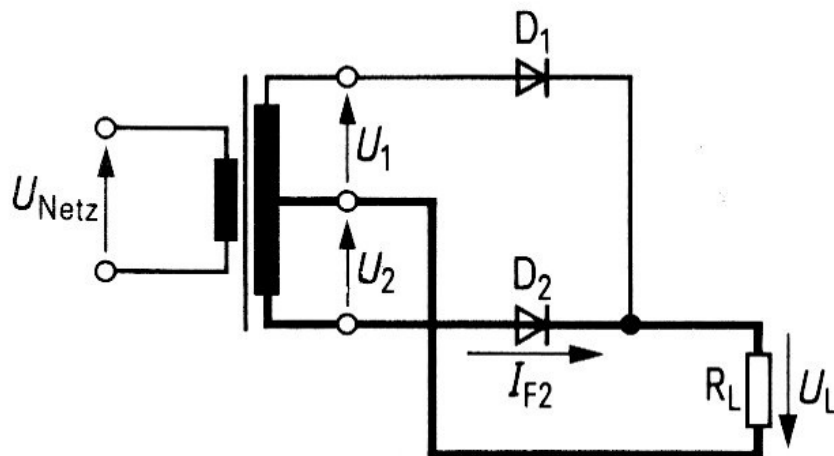
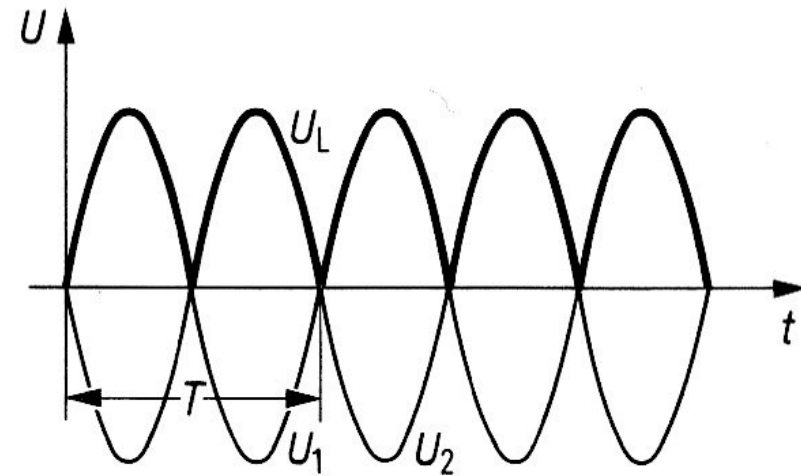
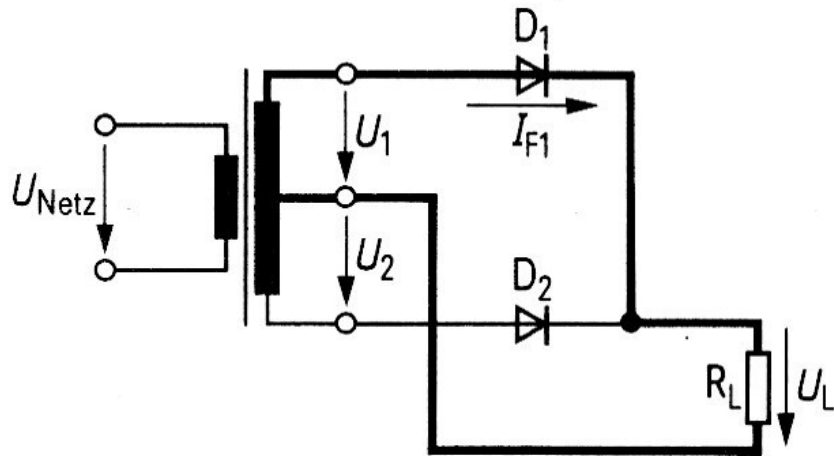
Widerstandslast



Kondensatorlast

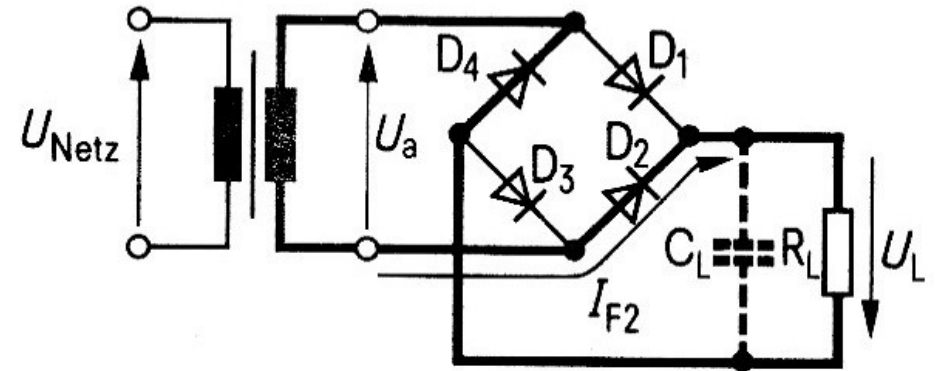
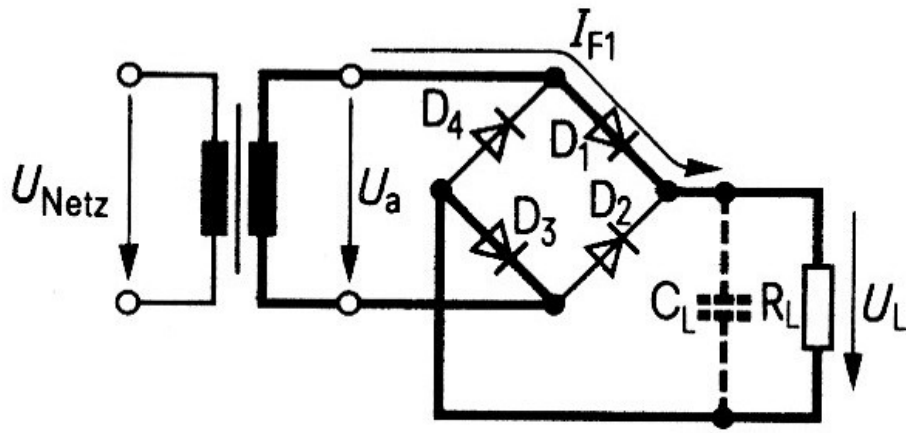
# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Mittelpunktgleichrichter - Zweiweggleichrichtung:



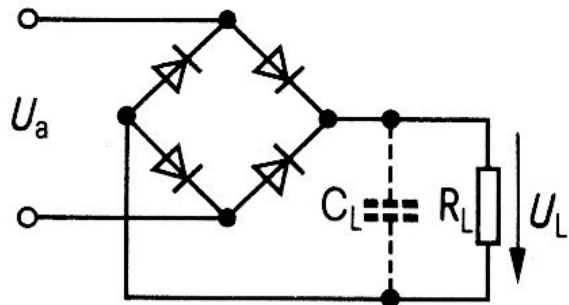
# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Brückengleichrichter:

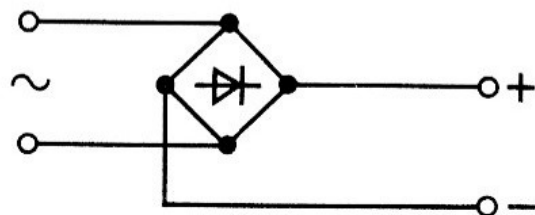
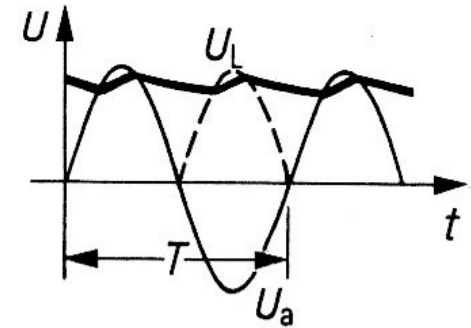
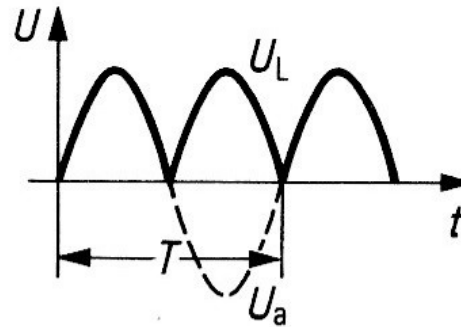


# 5.2.1 Gleichrichterdioden

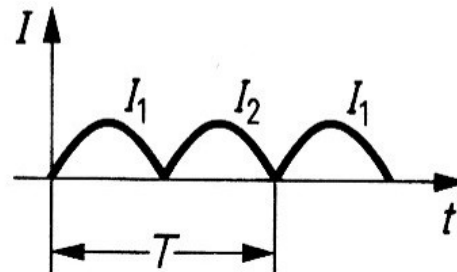
Brückengleichrichter:



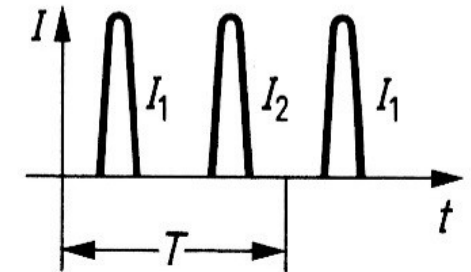
Schaltbild



Vereinfachtes  
Schaltbild



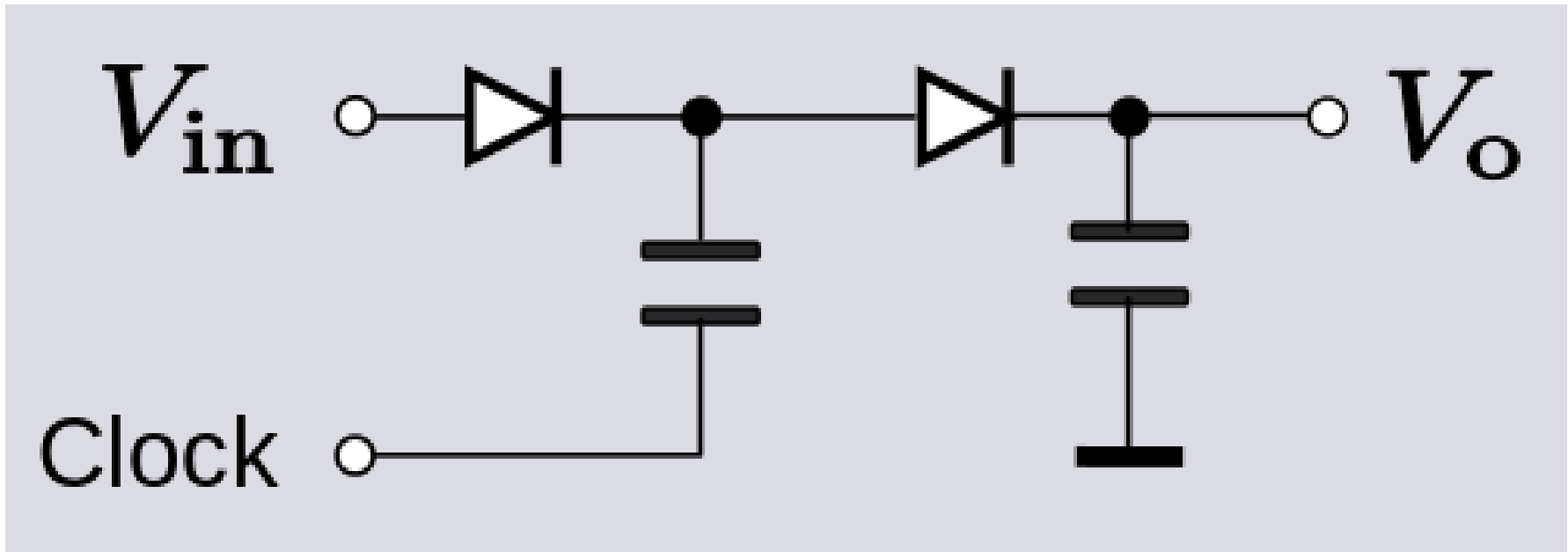
Widerstandslast



Belastung  
mit  
Gegenspannung

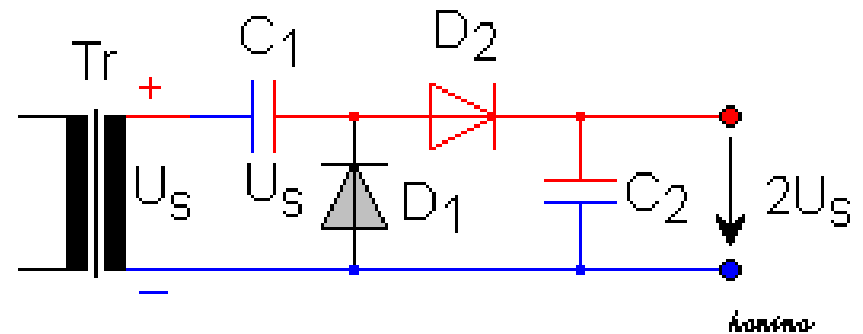
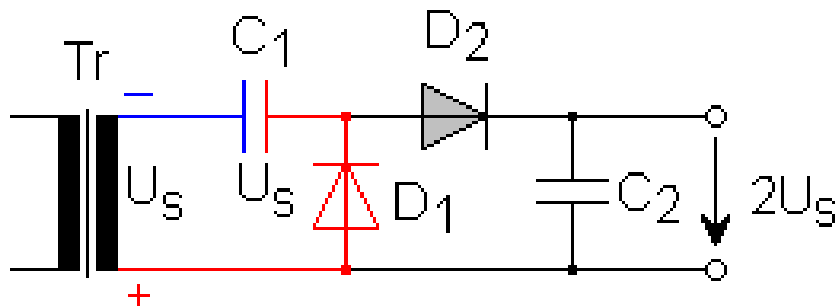
## 5.2.1 Gleichrichterdioden

Spannungsverdoppler:



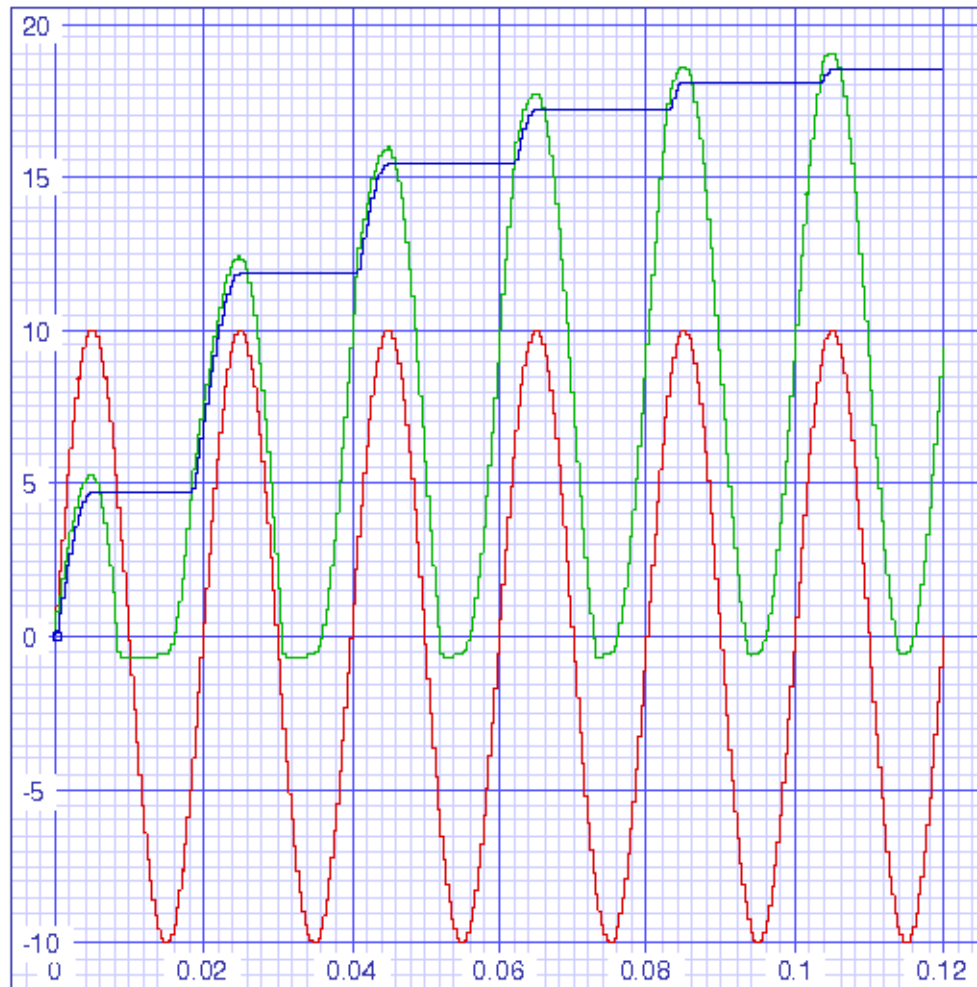
# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Spannungsverdoppler:



# 5.2.1 Gleichrichterdioden

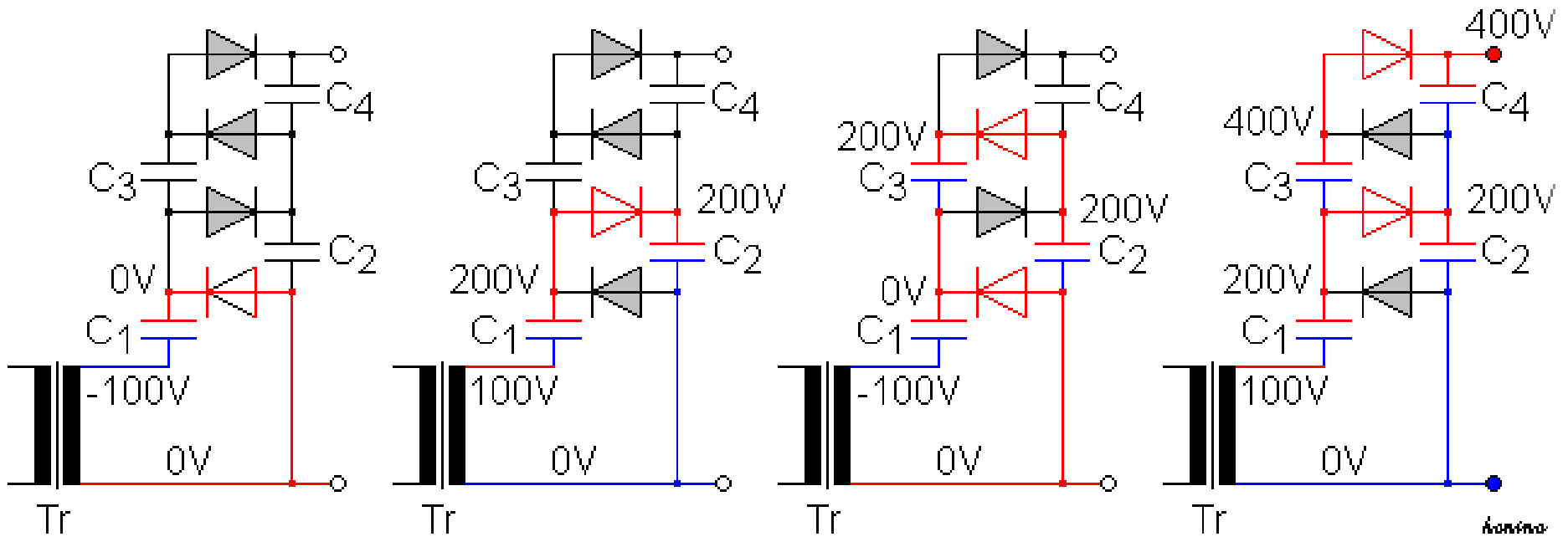
Spannungsverdoppler:





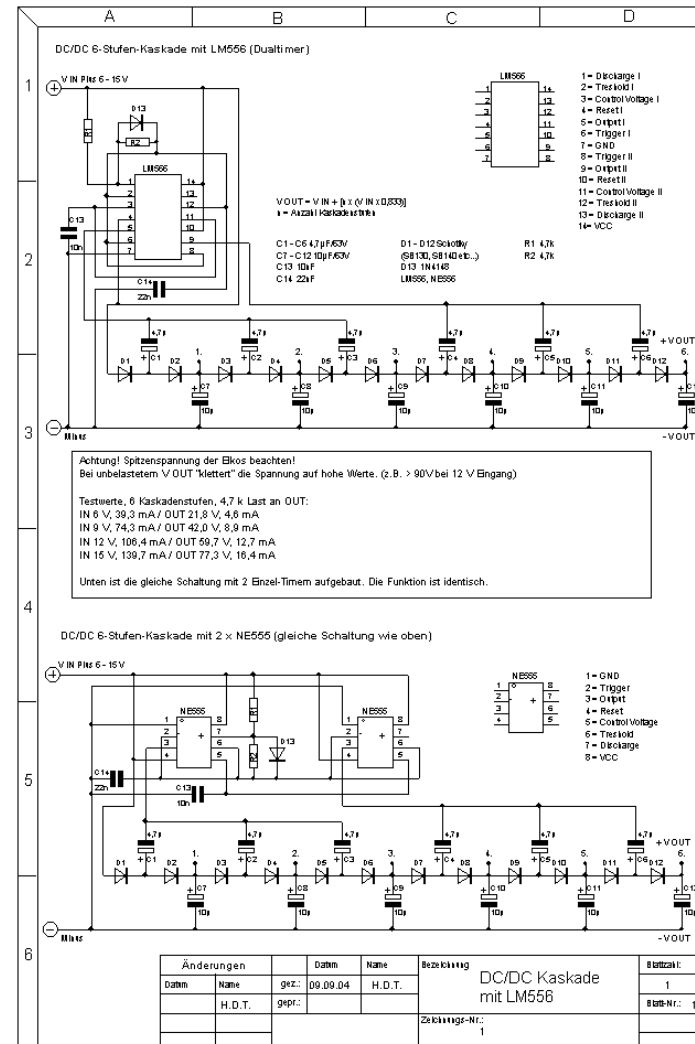
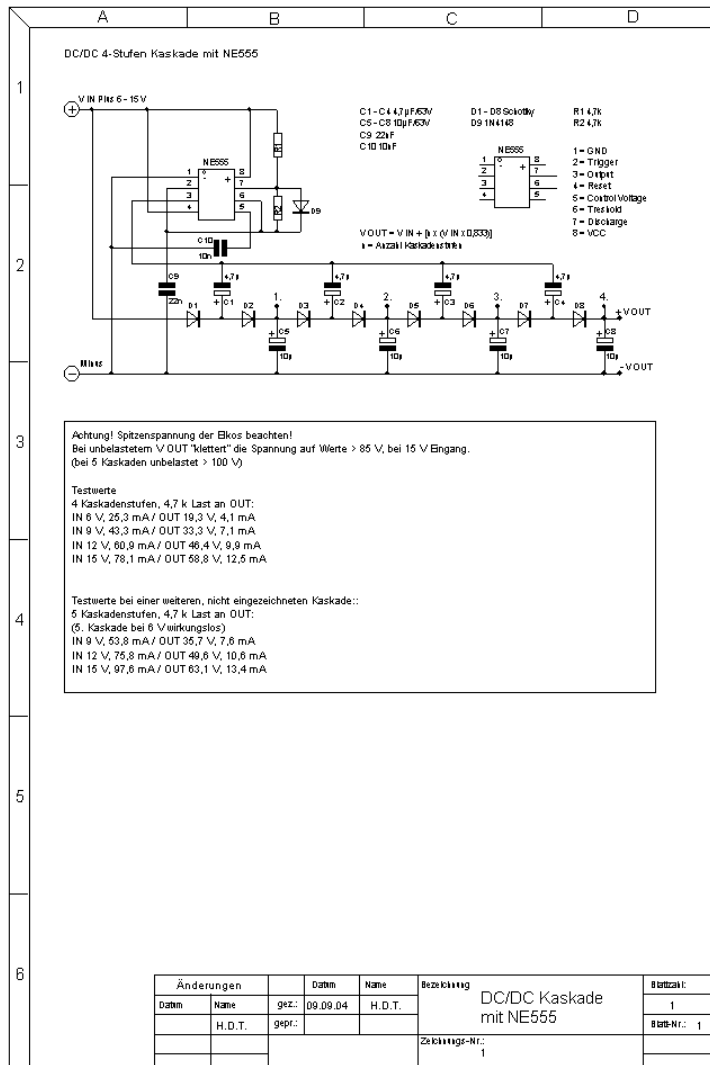
# 5.2.1 Gleichrichterdioden

Spannungsvervielfacher:



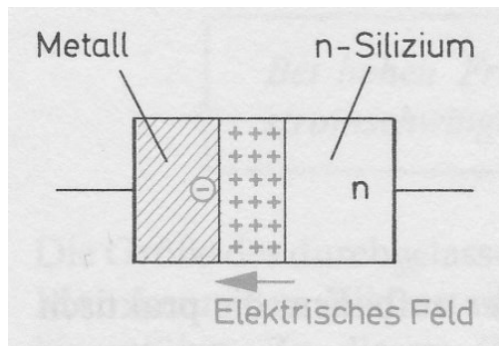
# 5.2.1 Gleichrichterdioden

## Spannungsvervielfacher:

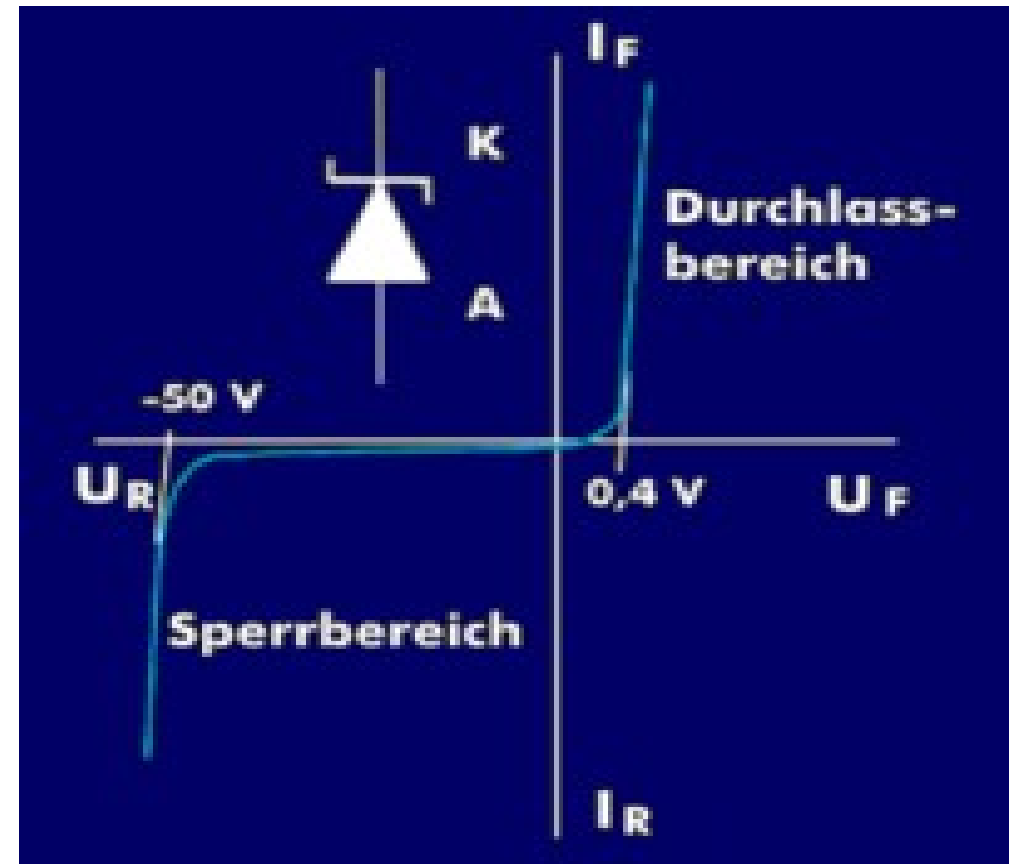


# 5.2.2 Schottkydioden

## 5.2.2 Schottkydioden (Hot-Carrier-Diode)

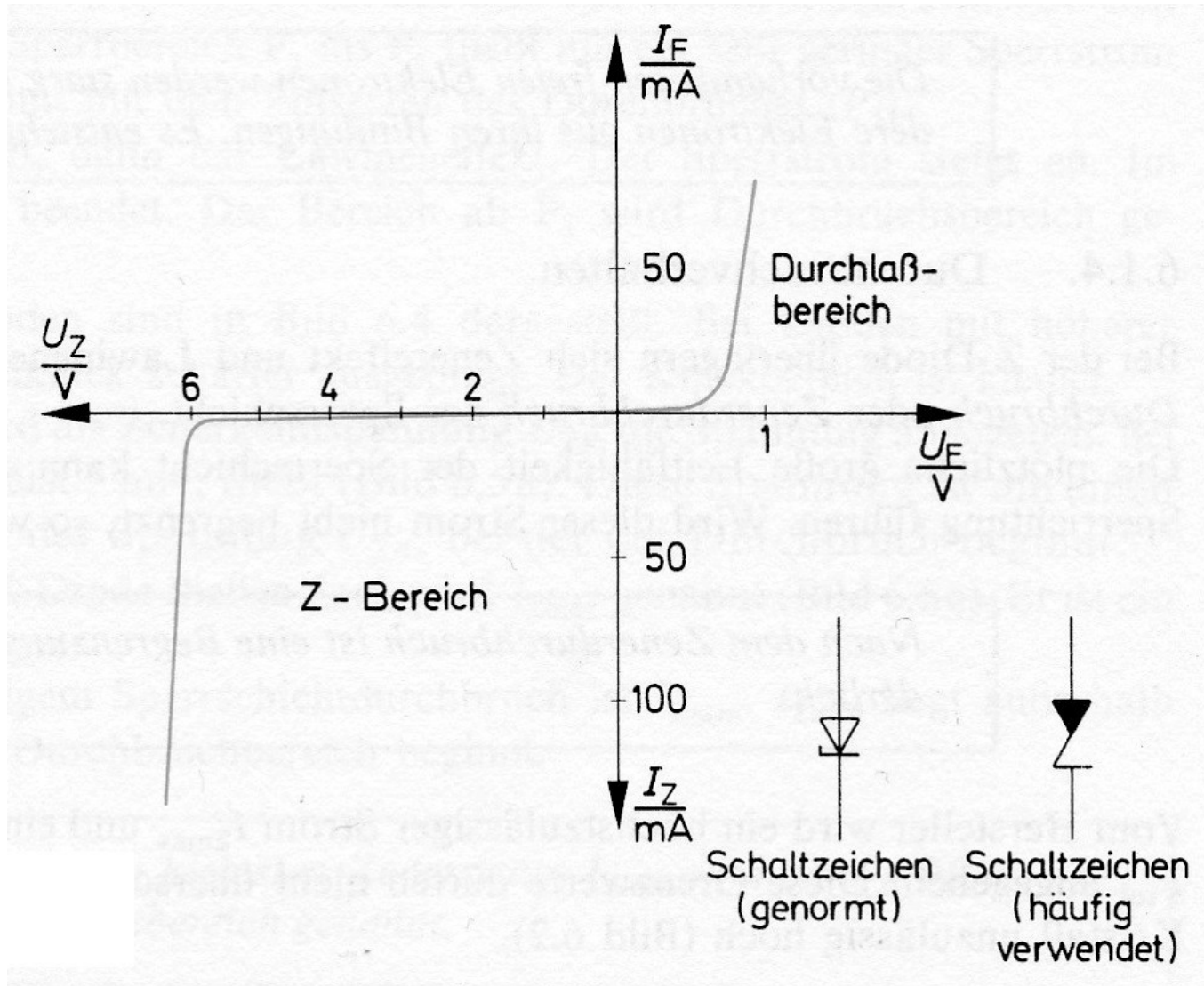


Die Durchlassspannung von Schottky-Dioden liegt bei 0,4 V, die Sperrspannung bei etwa -50 V. Einsetzbar sind Schottky-Dioden bis zu einer Spannung von maximal 200 V. Wegen der geringen Durchlassspannung und der kurzen Schaltzeiten haben Schottky-Dioden eine wesentlich geringere Verlustleistung als Siliziumdioden.



## 5.2.3 Zenerdioden

Zenerdioden werden zur Spannungsstabilisierung eingesetzt



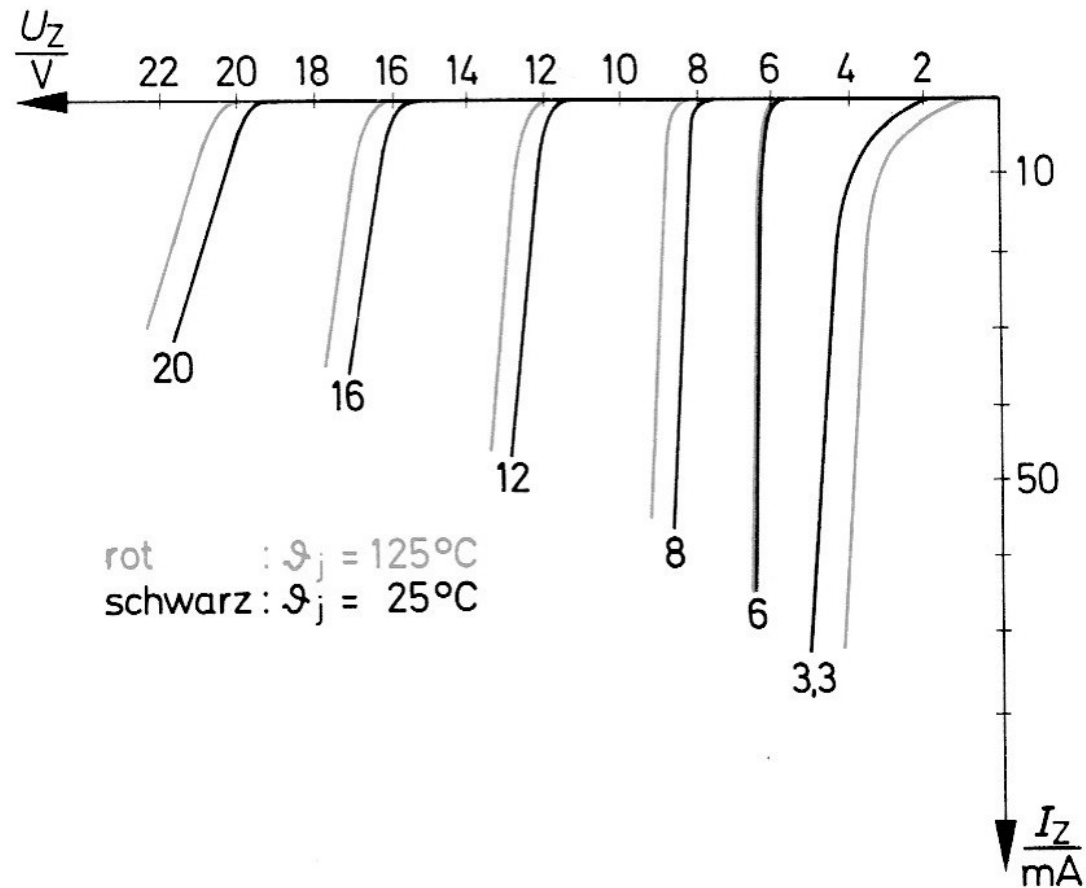
## 5.2.3 Zenerdioden

Datenblatt einer Zenerdiode:

[D:\Attraktor\\\_\\_Kurs-Präsentationen\Teil\\_09\ZF\\_Serie.pdf](D:\Attraktor\__Kurs-Präsentationen\Teil_09\ZF_Serie.pdf)

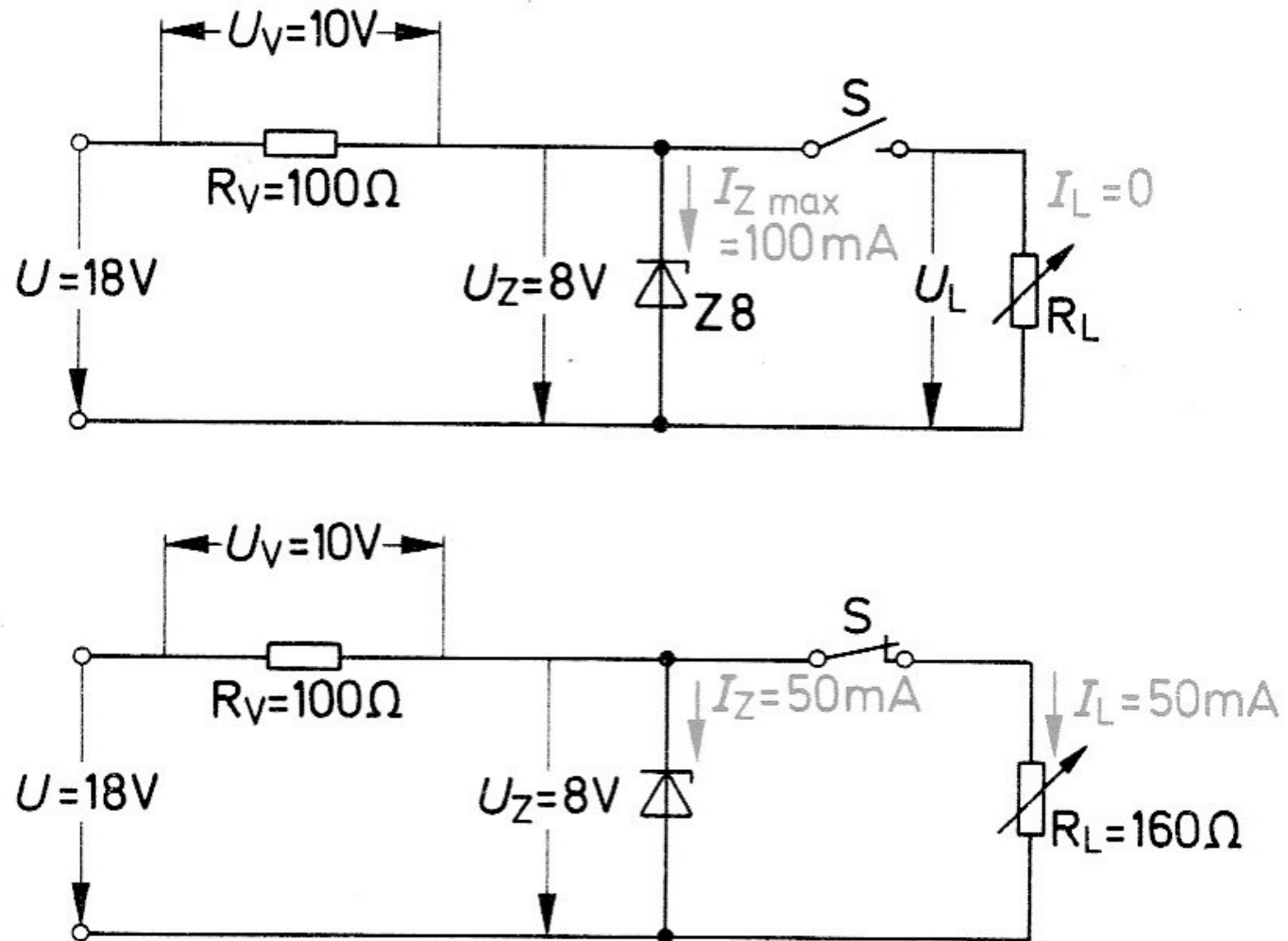
# 5.2.3 Zenerdioden

Temperaturgang einer Zenerdiode:



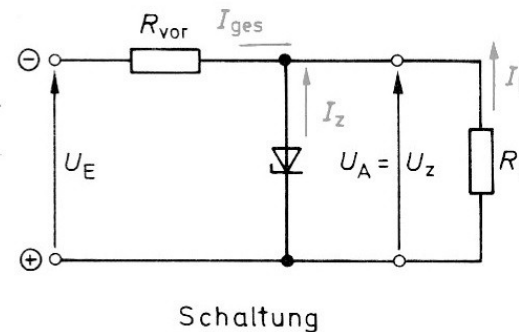
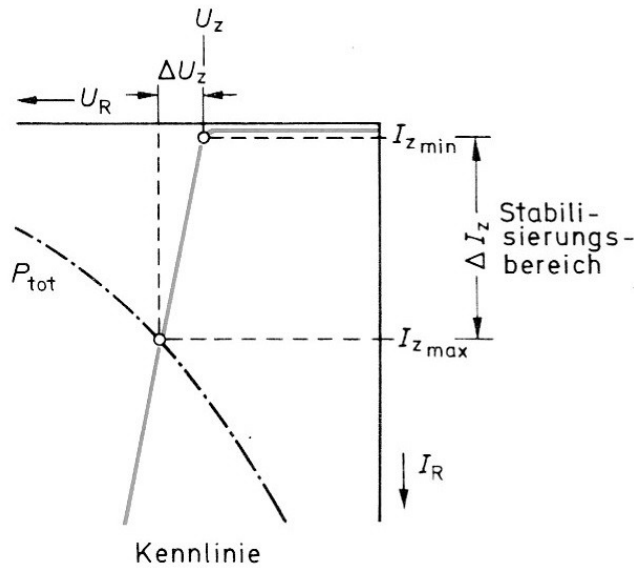
## 5.2.3 Zenerdioden

Schaltung mit Zenerdiode:



# 5.2.3 Zenerdioden

Schaltung mit Zenerdiode berechnen:



$$R_{\text{vor}} = \frac{U_E - U_Z}{I_Z + I_L} = \frac{U_E - U_Z}{I_{Z\text{max}}}$$

$$P_{R_{\text{vor}}} = (U_E - U_Z) \cdot I_{Z\text{max}}$$

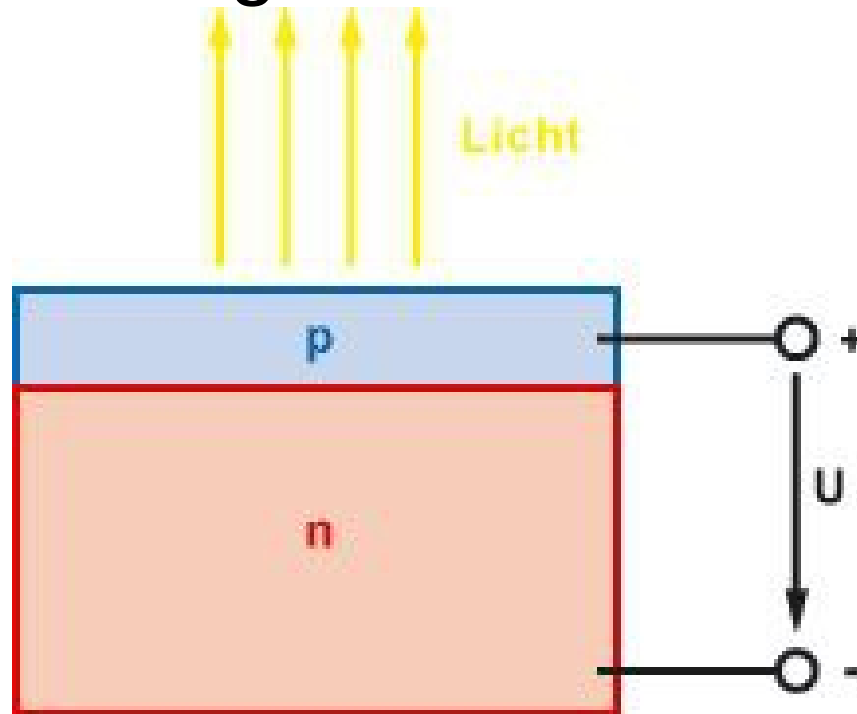
$$U_{E\text{min}} \approx 1,2 \text{ bis } 2 \cdot U_Z$$

- $R_{\text{vor}}$  = Vorwiderstand
- $U_E$  = unstabilisierte Eingangsspannung
- $U_Z$  = stabilisierte Ausgangsspannung, Spannung der Z-Diode
- $I_Z$  = Strom durch die Z-Diode
- $I_L$  = Laststrom
- $P_{R_{\text{vor}}}$  = Leistung am  $R_{\text{vor}}$



## 5.2.4 Leuchtdioden (LED)

Eine Leuchtdiode besteht aus einem n-leitenden Grundhalbleiter. Darauf ist eine sehr dünne p-leitende Halbleiterschicht mit großer Löcherdichte aufgebracht.



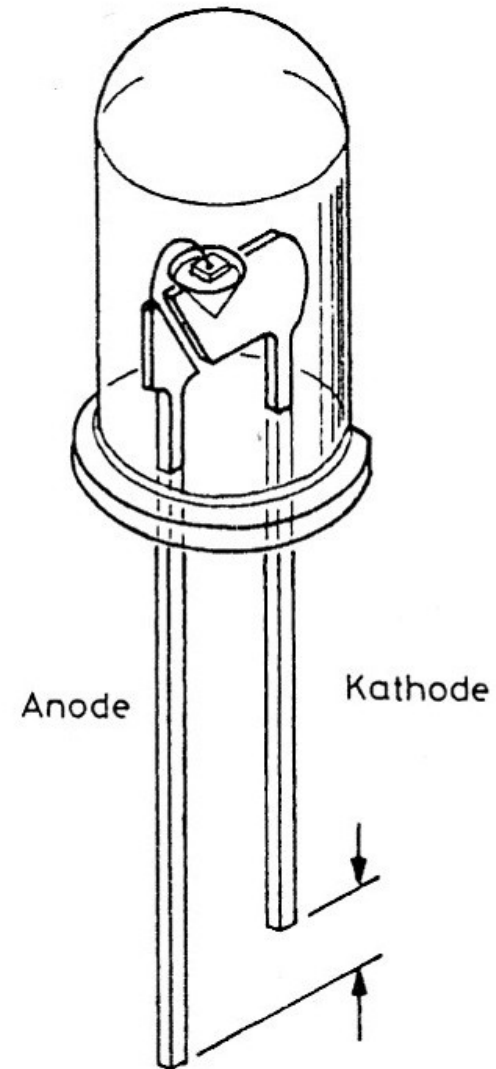
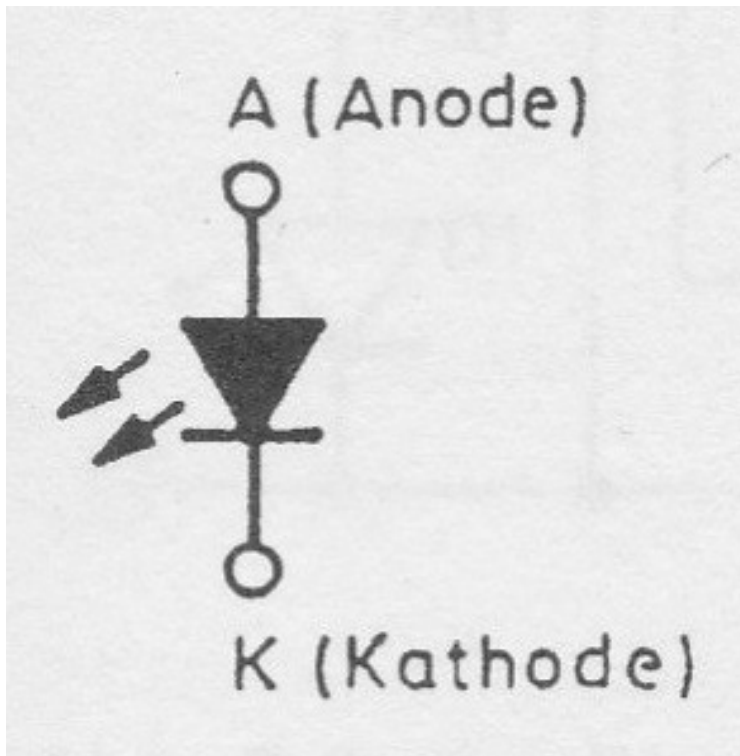
# 5.2.4 Leuchtdioden

## Verschiedene Farben:

Farbe	Halbleiter	Wellenlänge	Spannung
rot	GaAsP	660...700 nm	1,8 V
rot	InGaAlP	640...700 nm	1,8 V
orange-rot	GaP	620...635 nm	2,3 V
orange	GaAsP/GaP	605...610 nm	2,1 V
orange	InGaAlP	610...620 nm	2,2 V
amber	InGaAlP	595...605 nm	2 V
gelb	GaP	585...595 nm	2 V
gelb-grün	InGaAlP	585...570 nm	2,4 V
gelb-grün	GaP/GaP	565 nm	2,1 V
grün	GaAsP	555...575 nm	2 V
türkis	InGaN	495...505 nm	3,2 V
blau	SiC/GaN	460 nm	3,4 V
blau	SiC/GaN	465 nm	3,4 V
blau	SiC/GaN	470 nm	3,4 V
pink	-	440 nm	3,6 V
ultraviolett	GaN	400 nm	3,5 V
warmweiß	InGaN+Ph	ganzes Spektrum/4000 K	3,6 V
weiß	InGaN+Ph	ganzes Spektrum/6500 K	3,6V

## 5.2.4 Leuchtdioden

Schalt- und Anschlussbild:



## 5.2.4 Leuchtdioden

Datenblatt:

[D:\Attraktor\\\_Kurs-Präsentationen\Teil\\_09\KIN.pdf](#)

[D:\Attraktor\\\_Kurs-Präsentationen\Teil\\_09\504WC2E-W6-1PC.pdf](#)

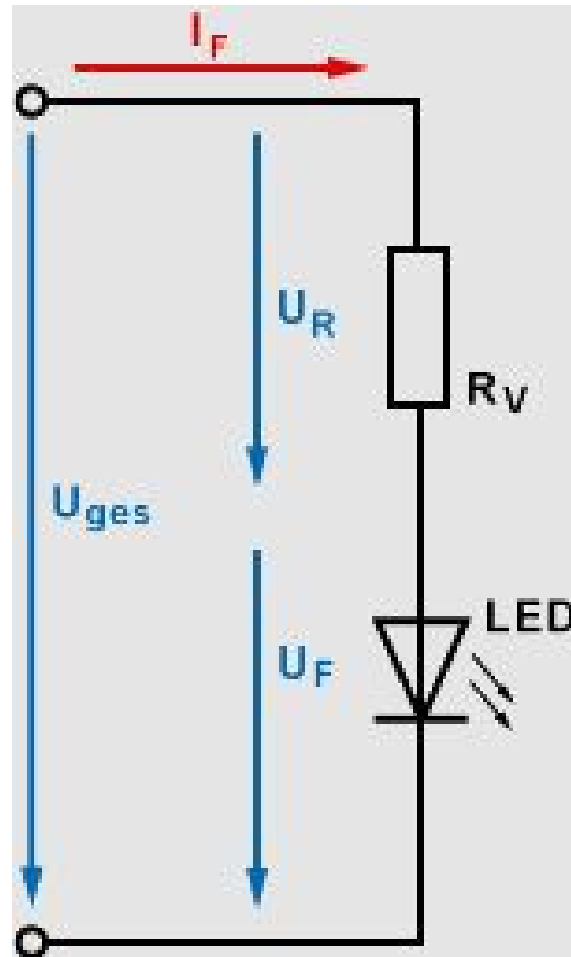
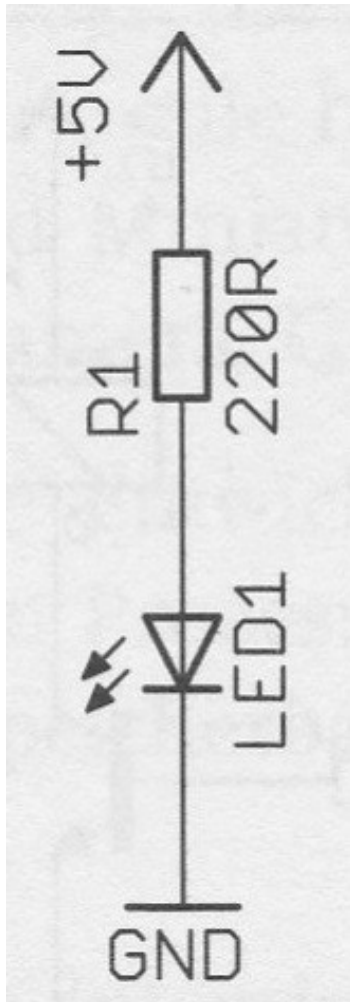
**Warnung:**

**NIE** direkt in Leuchtdioden schauen!!

Das kann die Augen schädigen!!!

## 5.2.4 Leuchtdioden

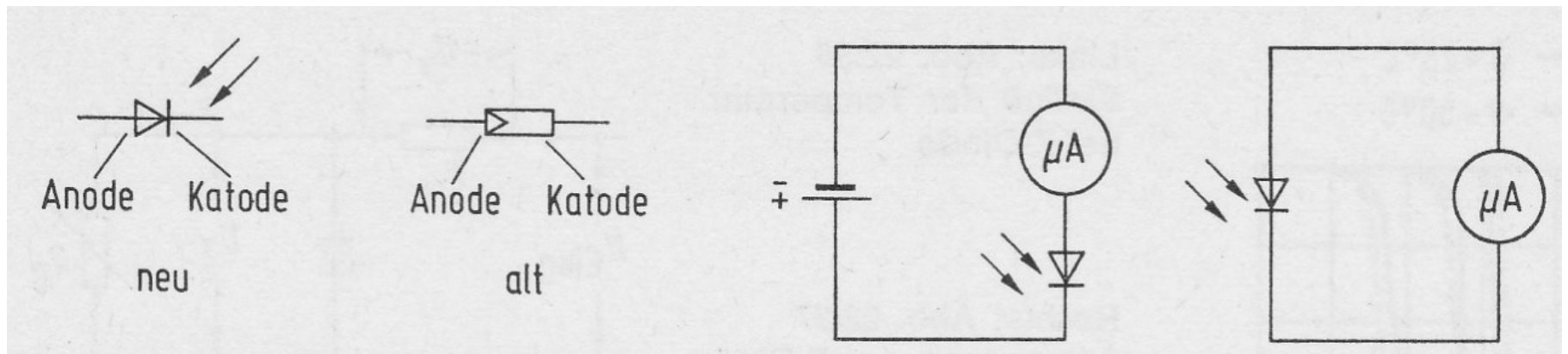
Schaltung und Berechnung:



$$R_V = \frac{U_{ges} - U_F}{I_F}$$

## 5.2.5 Photodioden

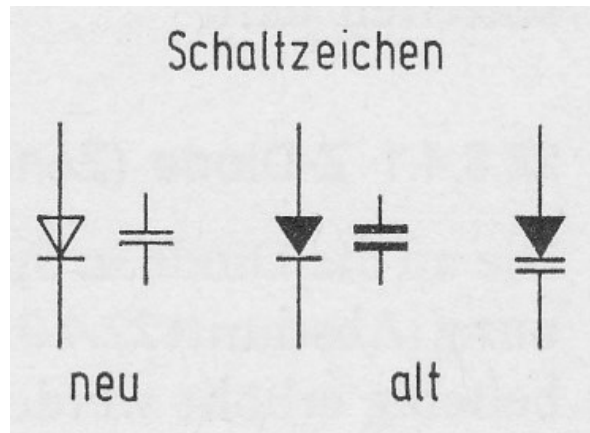
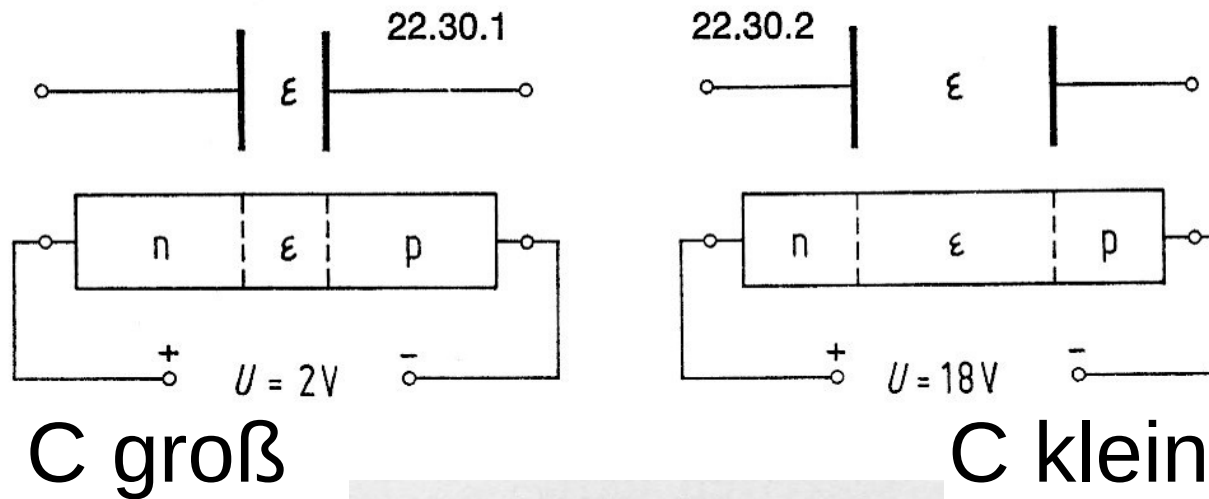
Photodioden reagieren auf Licht:



Sie können als Photowiderstand oder als Photoelement betrieben werden.

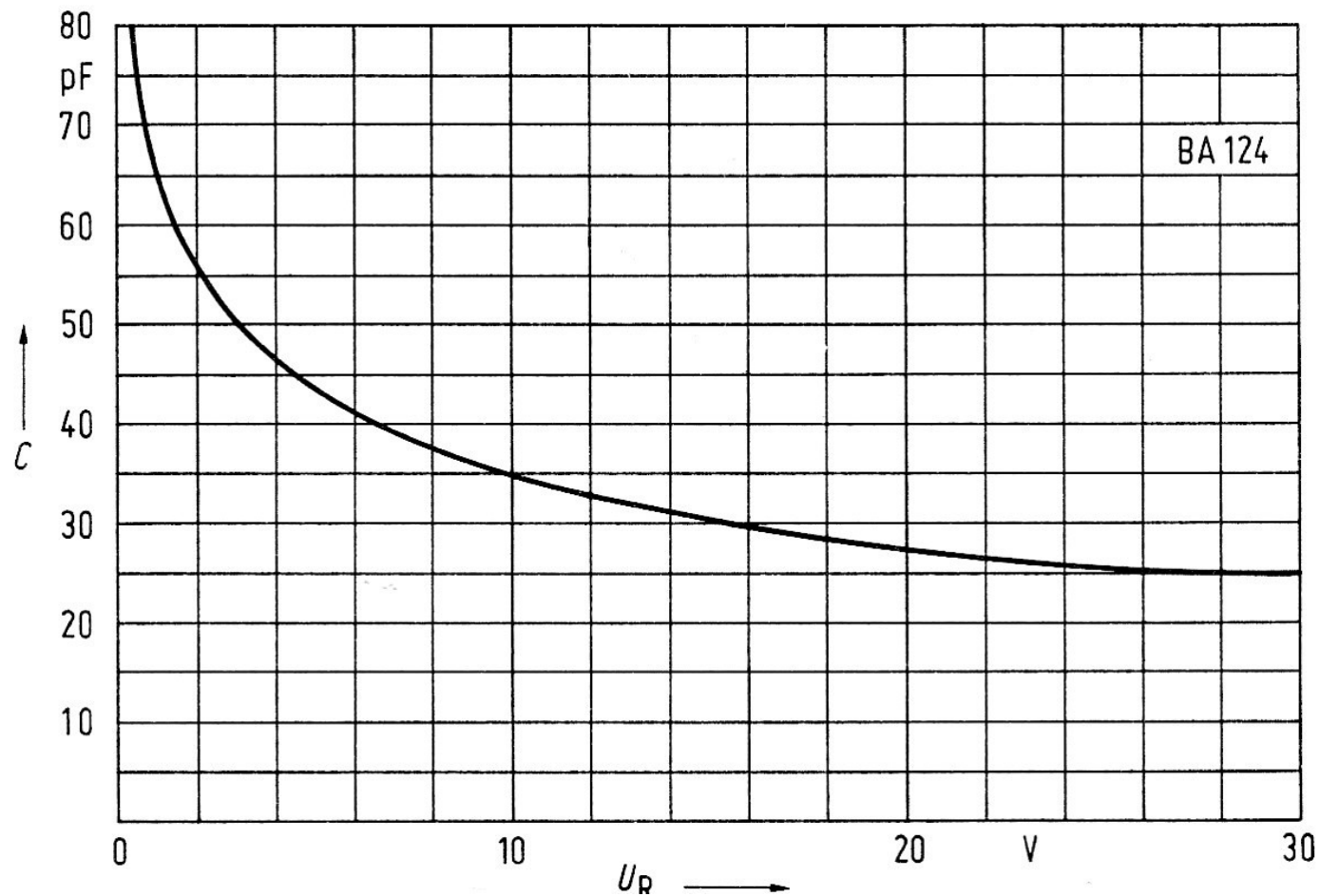
# 5.2.6 Kapazitätsdioden

Kapazitätsdioden werden als einstellbare Kondensatoren eingesetzt:



## 5.2.6 Kapazitätsdioden

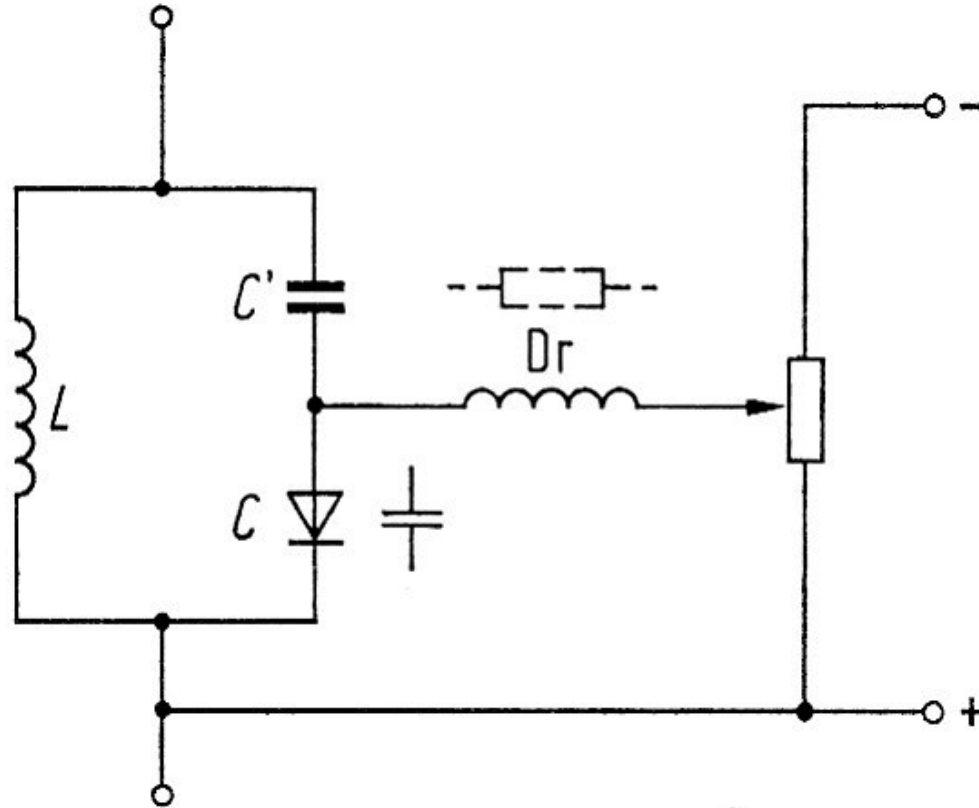
Kapazitätsdioden werden als einstellbare Kondensatoren eingesetzt:





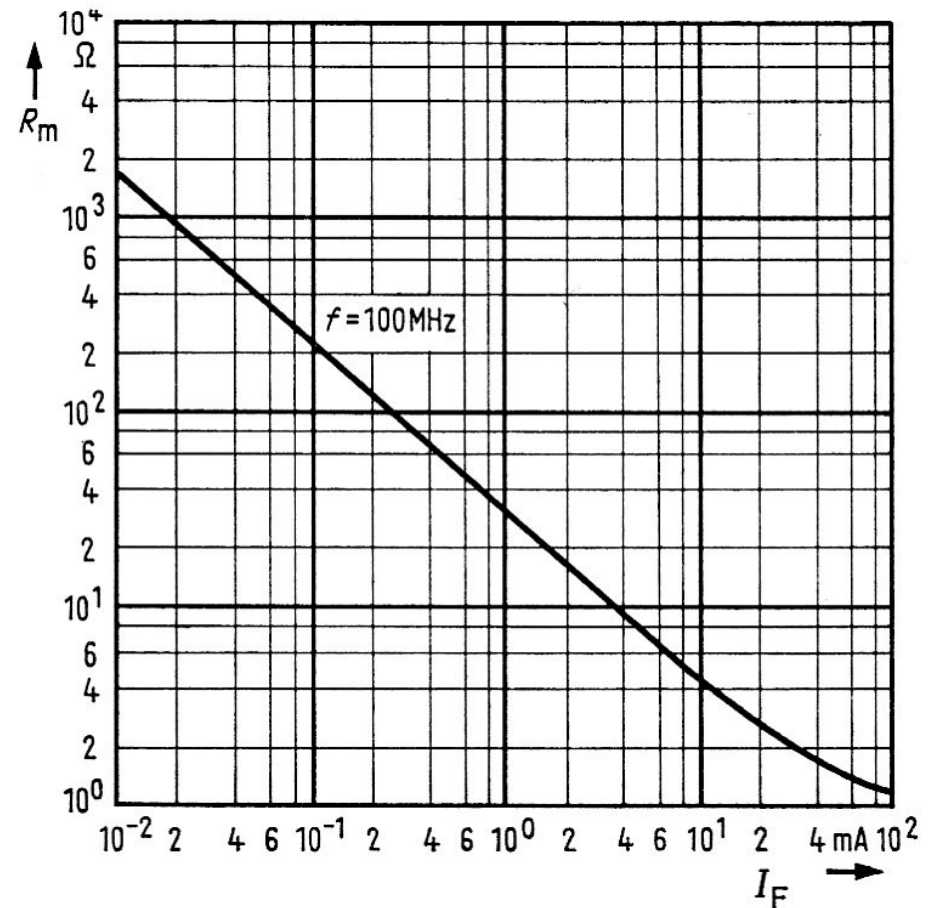
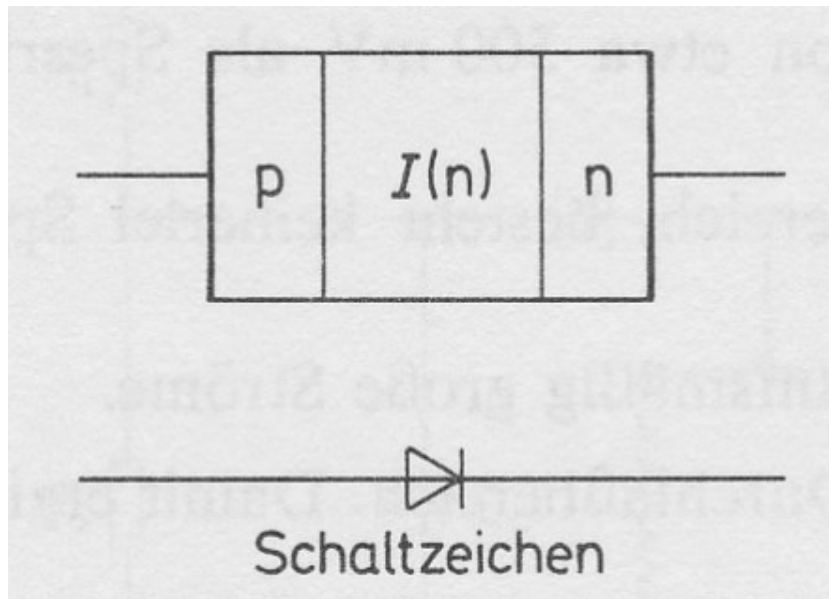
## 5.2.6 Kapazitätsdioden

Kapazitätsdioden werden als einstellbare Kondensatoren eingesetzt:



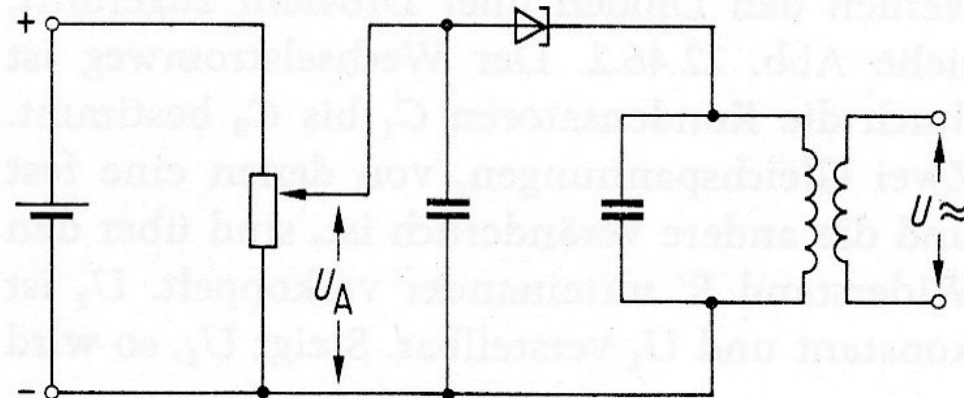
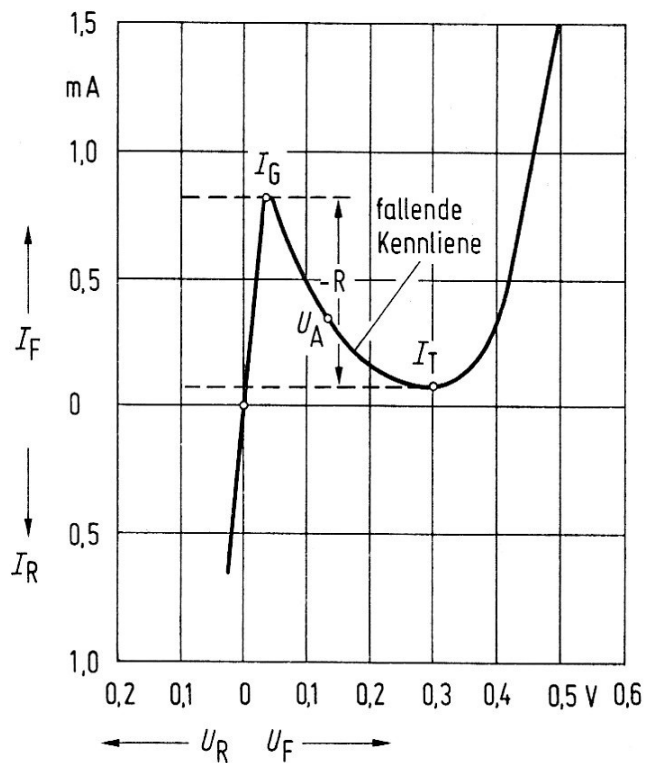
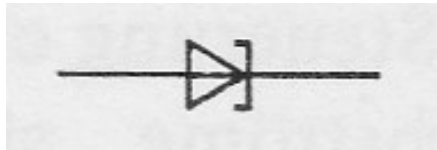
# 5.2.7 PIN-Dioden

PIN-Dioden werden als Schalter oder Dämpfungsglied bei sehr hohen Frequenzen eingesetzt.



# 5.2.8 Tunneldioden

Tunneldioden haben eine Kennlinie mit negativem Widerstand. Sie werden im HF-Bereich eingesetzt.

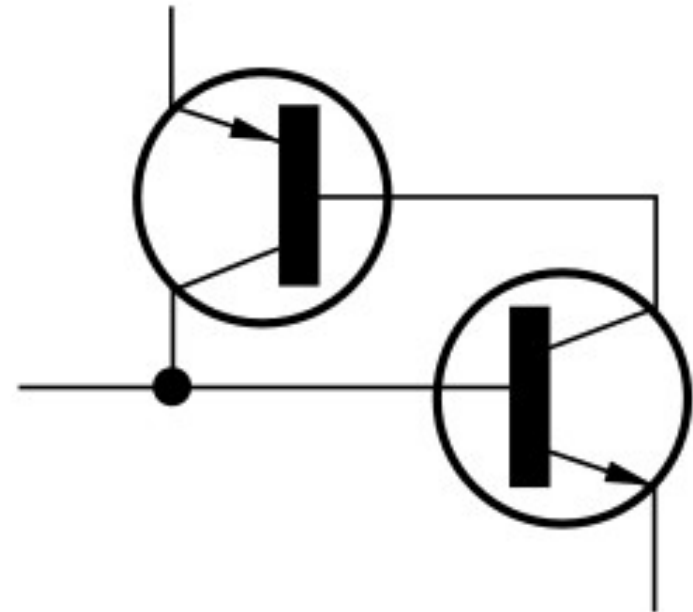
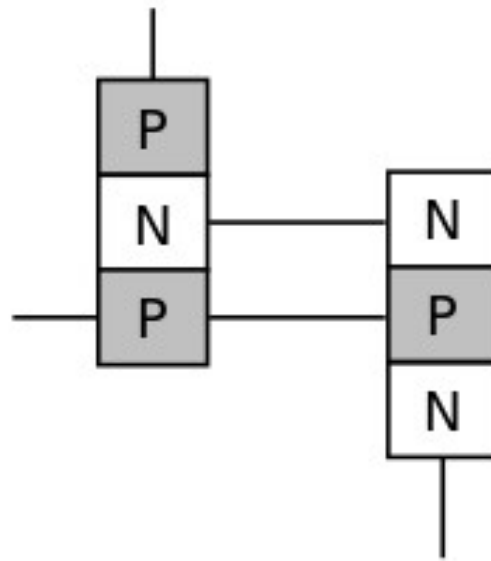
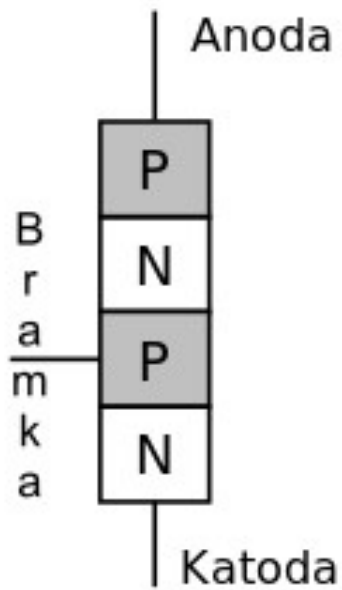


Der negative Widerstand entdämpft den Schwingkreis.

Er kompensiert dessen Verluste.

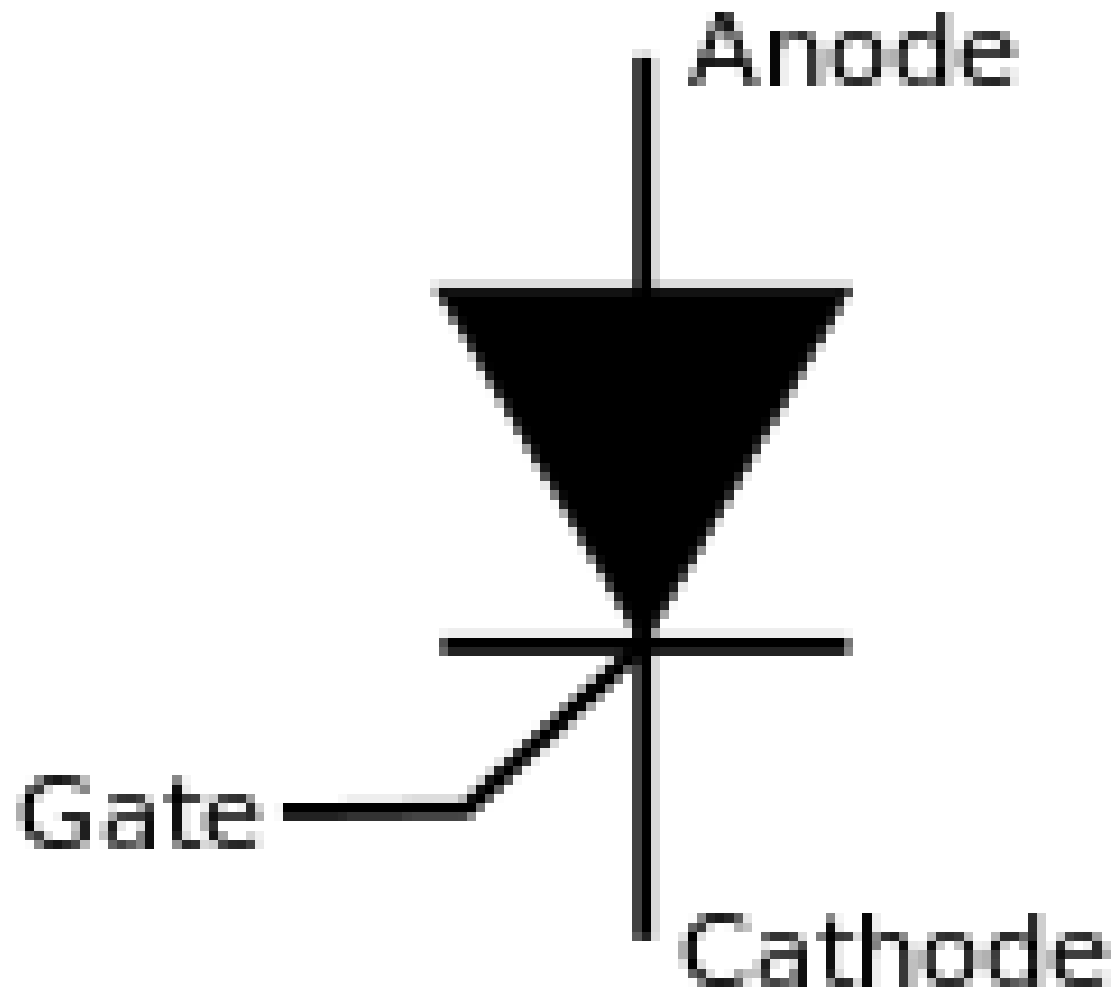
## 5.2.6 Thyristoren / Triacs / Diacs

Thyristoren sind schaltbare Dioden:



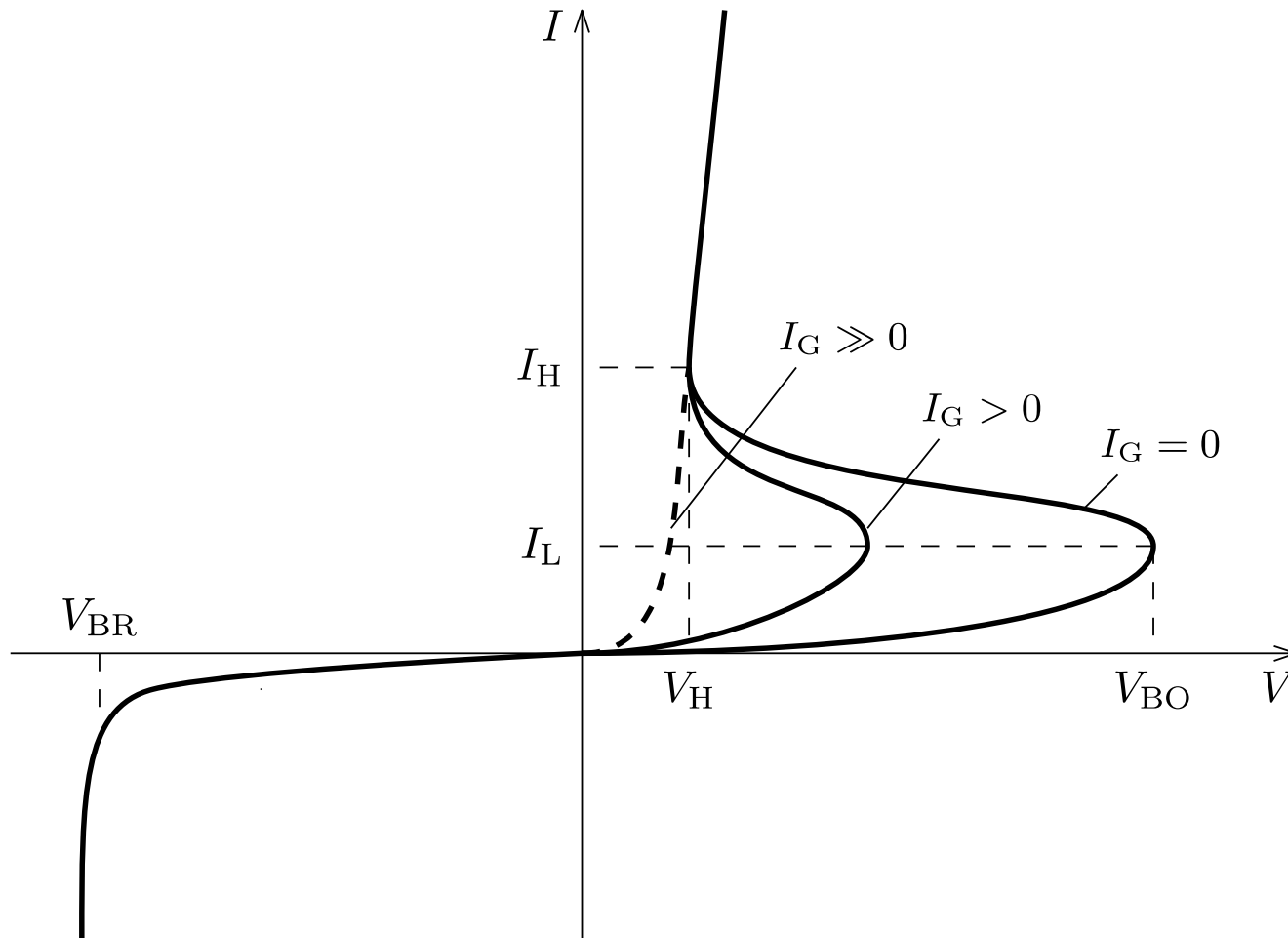
## 5.2.6 Thyristoren / Triacs / Diacs

Thyristoren sind schaltbare Dioden:



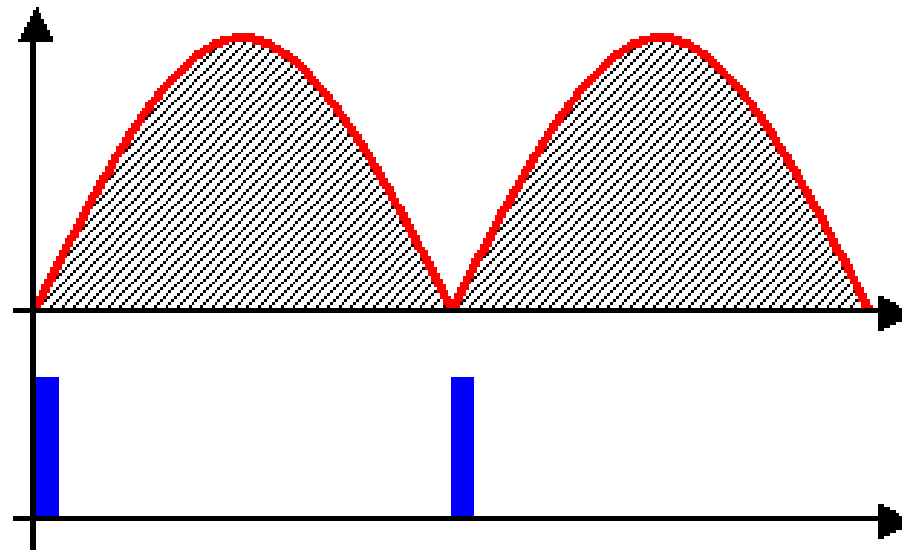
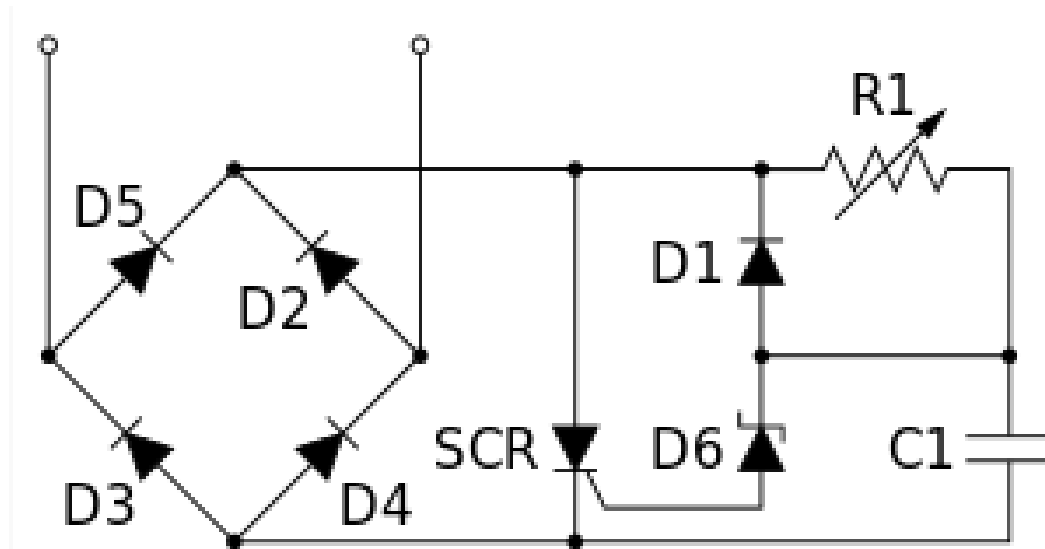
# 5.2.6 Thyristoren / Triacs / Diacs

Kennlinie:



# 5.2.6 Thyristoren / Triacs / Diacs

Funktion:



# 5.2.6 Thyristoren / Triacs / Diacs

Funktion:

