



# Elektrotechnik 1

## Übung 13 – Halbleiter 2

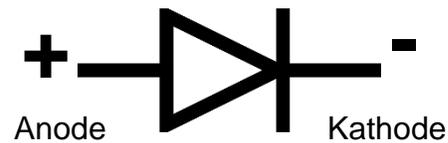
# Theorie: Ideale Dioden

- Bei **positivem Strom** leitet Die Diode und es fällt keine Spannung über die Diode ab. Die Diode verhält sich wie ein Kurzschluss
- Bei **negativer Spannung** fließt kein Strom, die Diode sperrt. Die Diode verhält sich wie ein Leerlauf

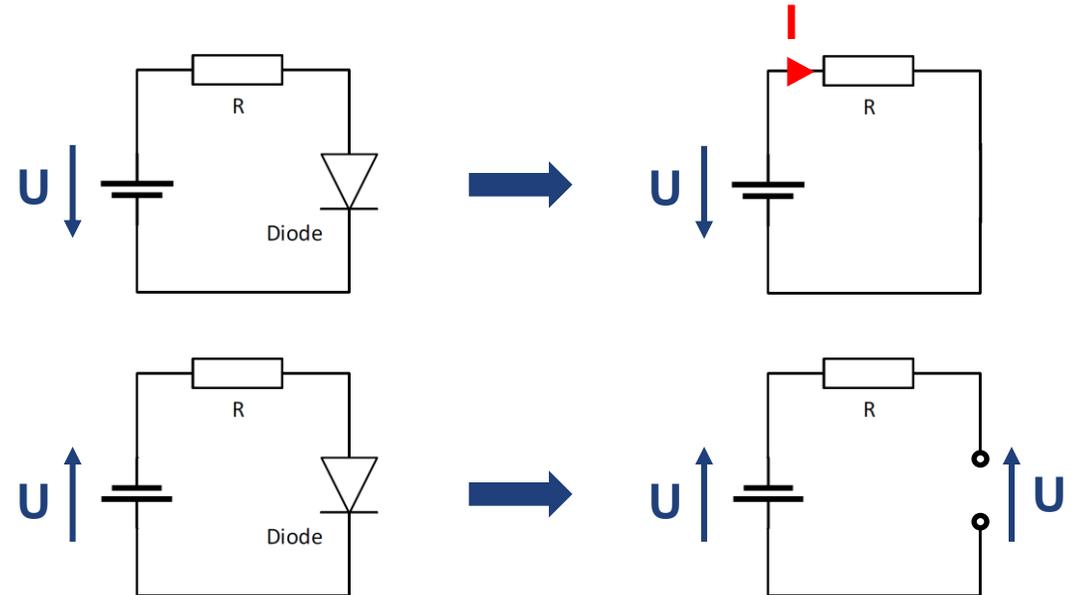
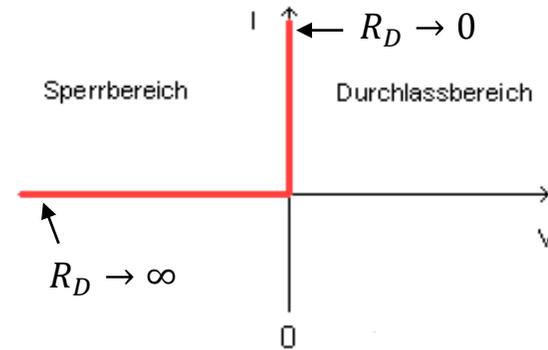
im Baukasten



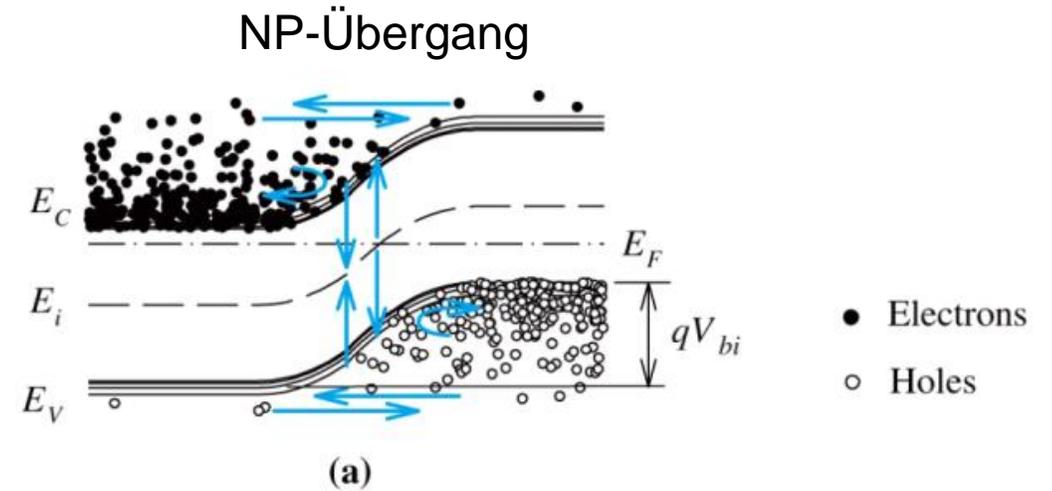
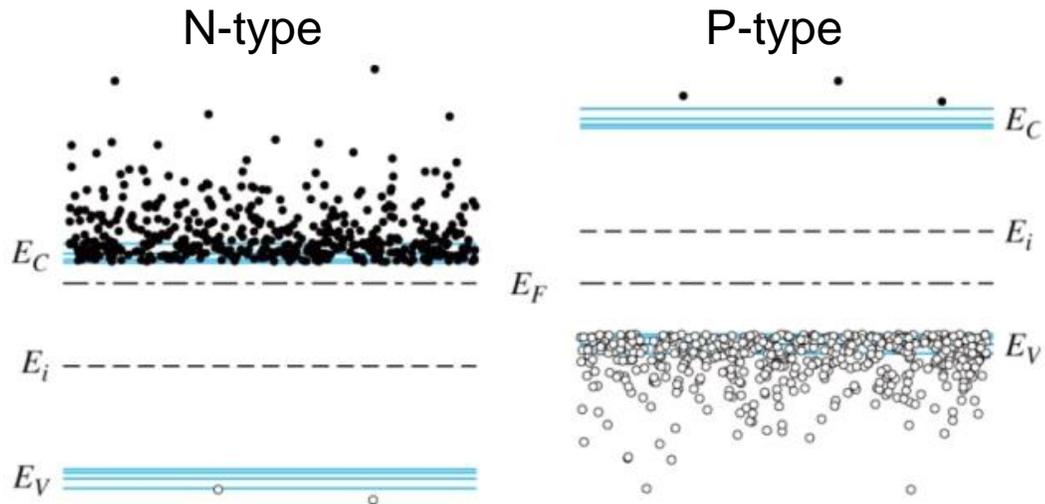
Schaltsymbol



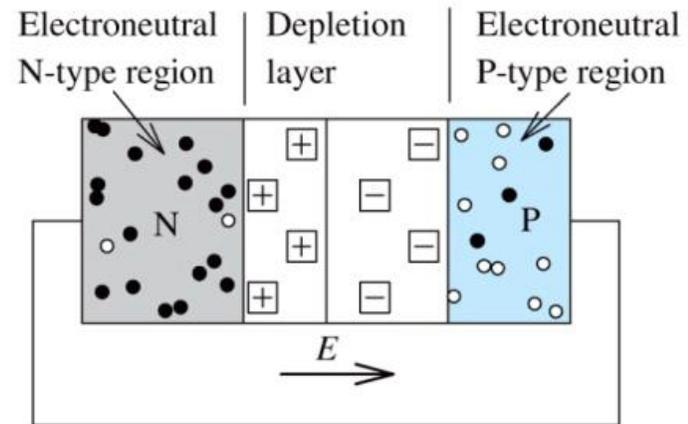
<https://youtu.be/MSncOmacDJ0?t=22>



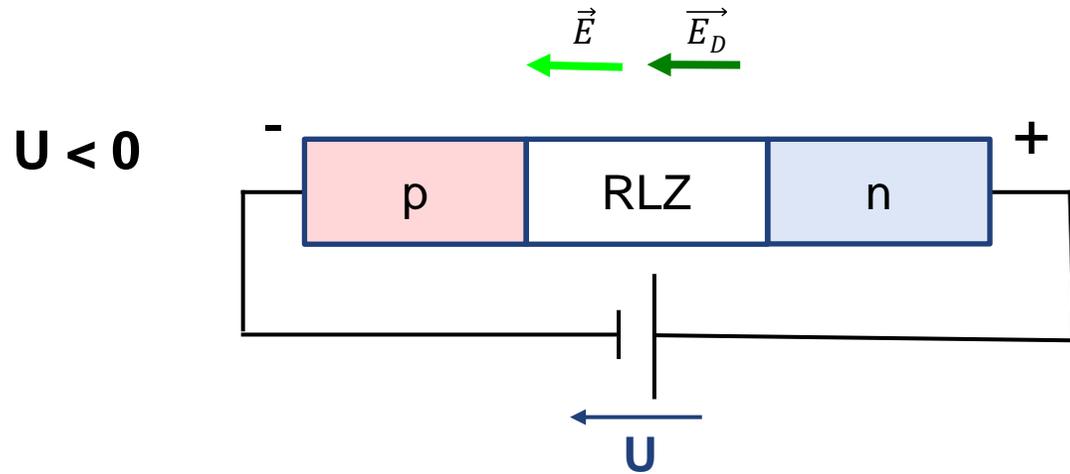
# PN-Übergang



Depletion-Layer = Raumladungszone (RLZ)

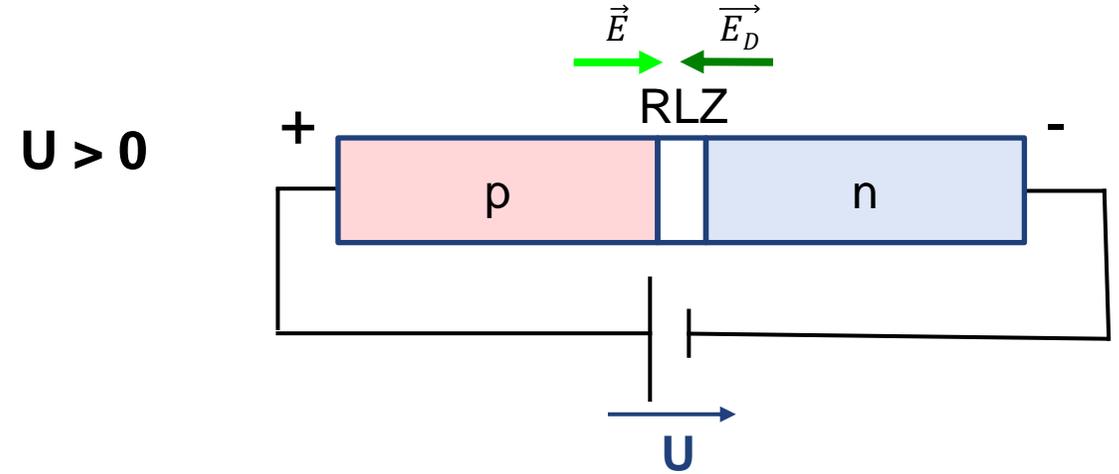


# PN-Übergang



- Angelegtes El. Feld ( $\vec{E}$ ) wirkt in gleiche Richtung wie  $\vec{E}_D$
- Dadurch wird die RLZ grösser
- **Es fließt kein Strom**, oder höchstens ein sehr kleiner Strom (Sperrstrom)

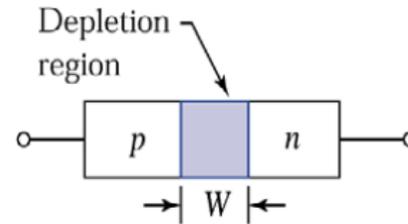
RLZ=Raumladungszone: Zone ohne beweglichen Ladungsträger, es kann keine Ladung durch diese Zone transportiert werden.



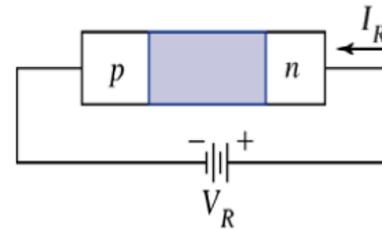
- Angelegtes El. Feld ( $\vec{E}$ ) wirkt entgegen  $\vec{E}_D$
- Dadurch wird RLZ kleiner
- **Es fließt Strom**

# PN-Übergang

Thermisches Gleichgewicht

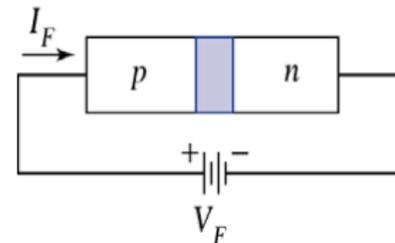


Rückwärtsspannung



Es fließt kein Strom

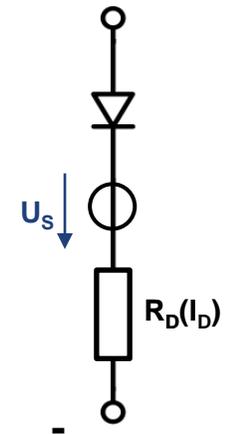
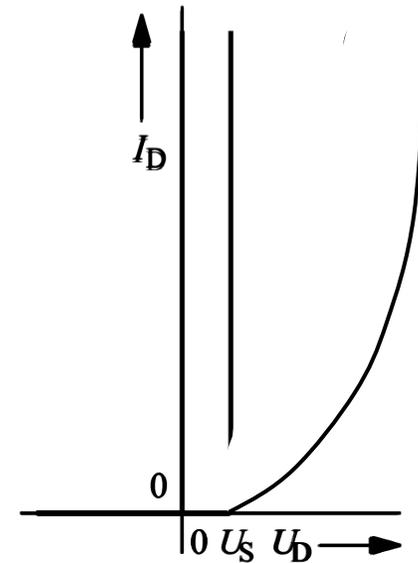
Vorwärtsspannung



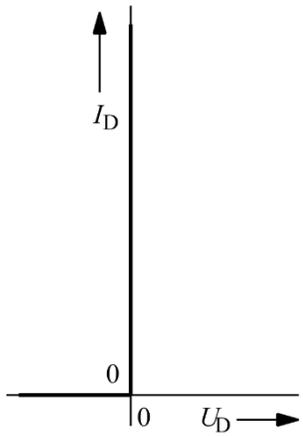
Es fließt Strom

# Theorie: reale Dioden

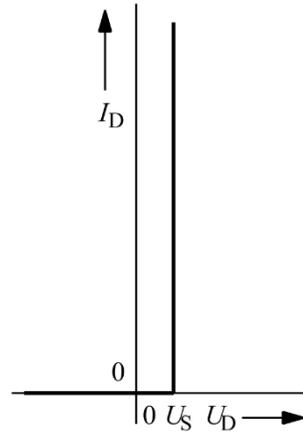
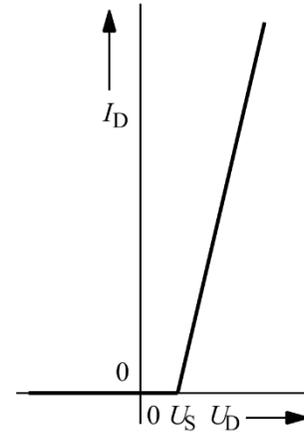
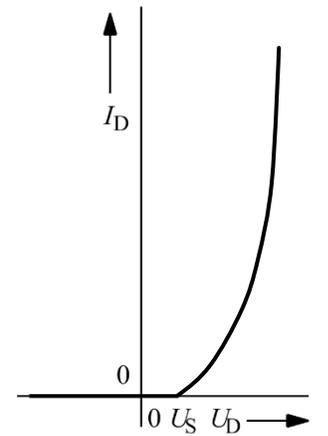
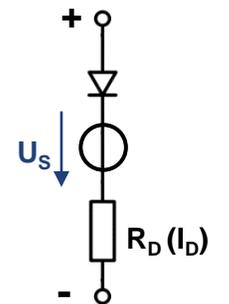
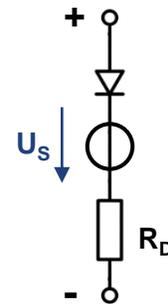
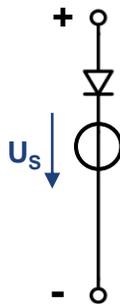
- 1) Ausgangspunkt ist die ideale Diode
- 2) Die Diode leitet erst ab einer gewissen Vorwärtsspannung  $U_S$  (oder  $U_0$ )
- 3) Diode hat einen Innenwiderstand  $R_D$  (oder  $r_D$ )
- 4) Innenwiderstand  $R_D$  (oder  $r_D$ ) ist Stromabhängig



# Theorie: Reale Dioden



Ideale Diode

Diode leitet erst ab gewisser Vorwärtsspannung  $U_S$  (oder  $U_0$ )Diode hat einen Innenwiderstand  $R_D$  (oder  $r_D$ )Innenwiderstand  $R_D$  (oder  $r_D$ ) ist Stromabhängig

# Theorie: Arbeitsgerade und Arbeitspunkt

Wenn wir eine Diode kaufen kriegen wir eine Datenblatt mit dieser U-I Kurve mitgeliefert. Wenn wir dann die Diode in unserem Netzwerk einbauen, können wir die Arbeitsgerade und den Arbeitspunkt bestimmen.

Vorgehen:

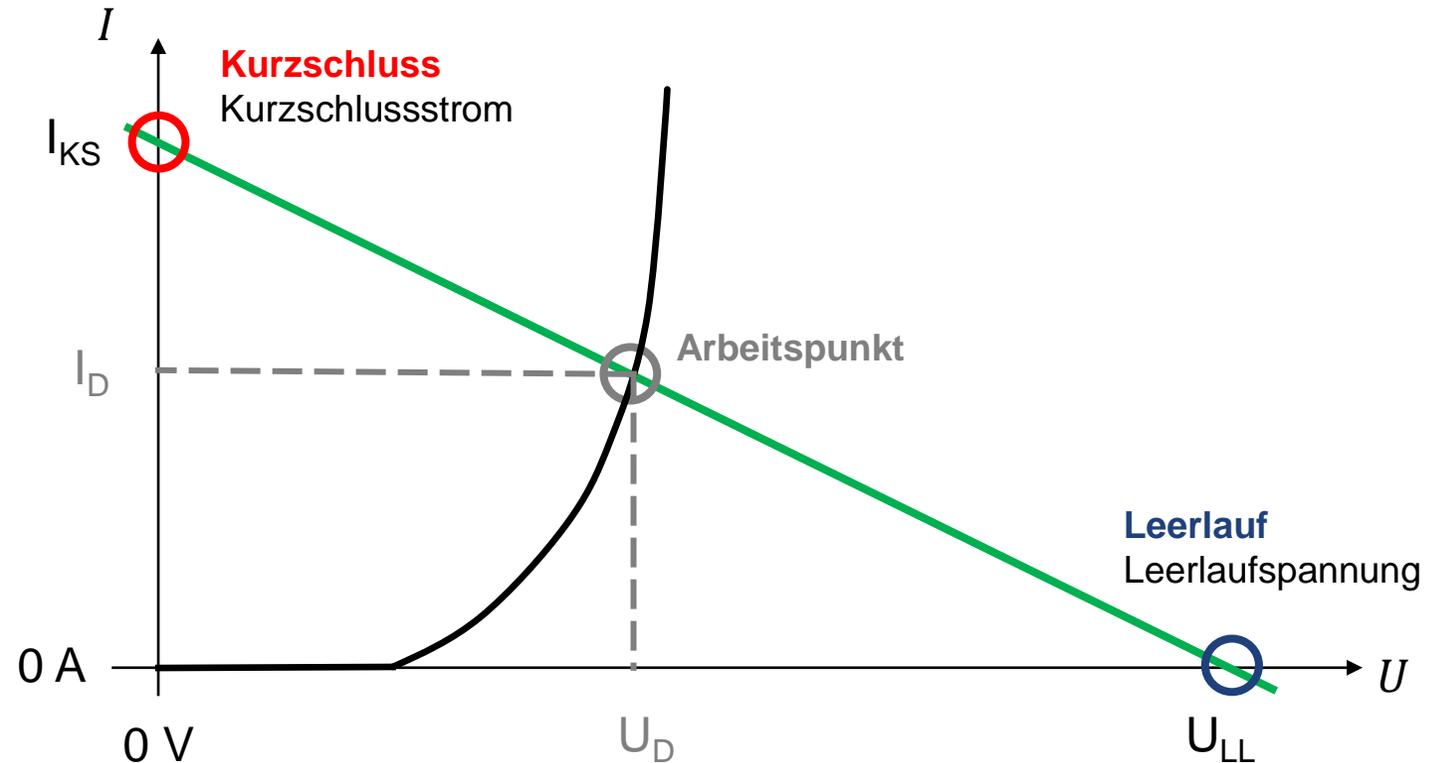
- 1) Leerlaufspannung bestimmen und auf x-Achse einzeichnen



- 2) Kurzschlussstrom bestimmen und auf y-Achse einzeichnen

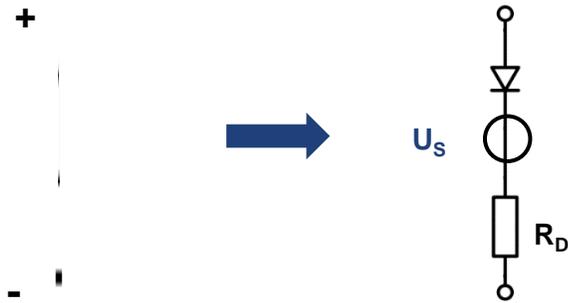


- 3) Die beiden Punkte mit einer Geraden verbinden (Arbeitsgerade)
- 4) Der Schnittpunkt ist der Arbeitspunkt
- 5) Nun können  $U_D$  und  $I_D$  an den Achsen abgelesen werden



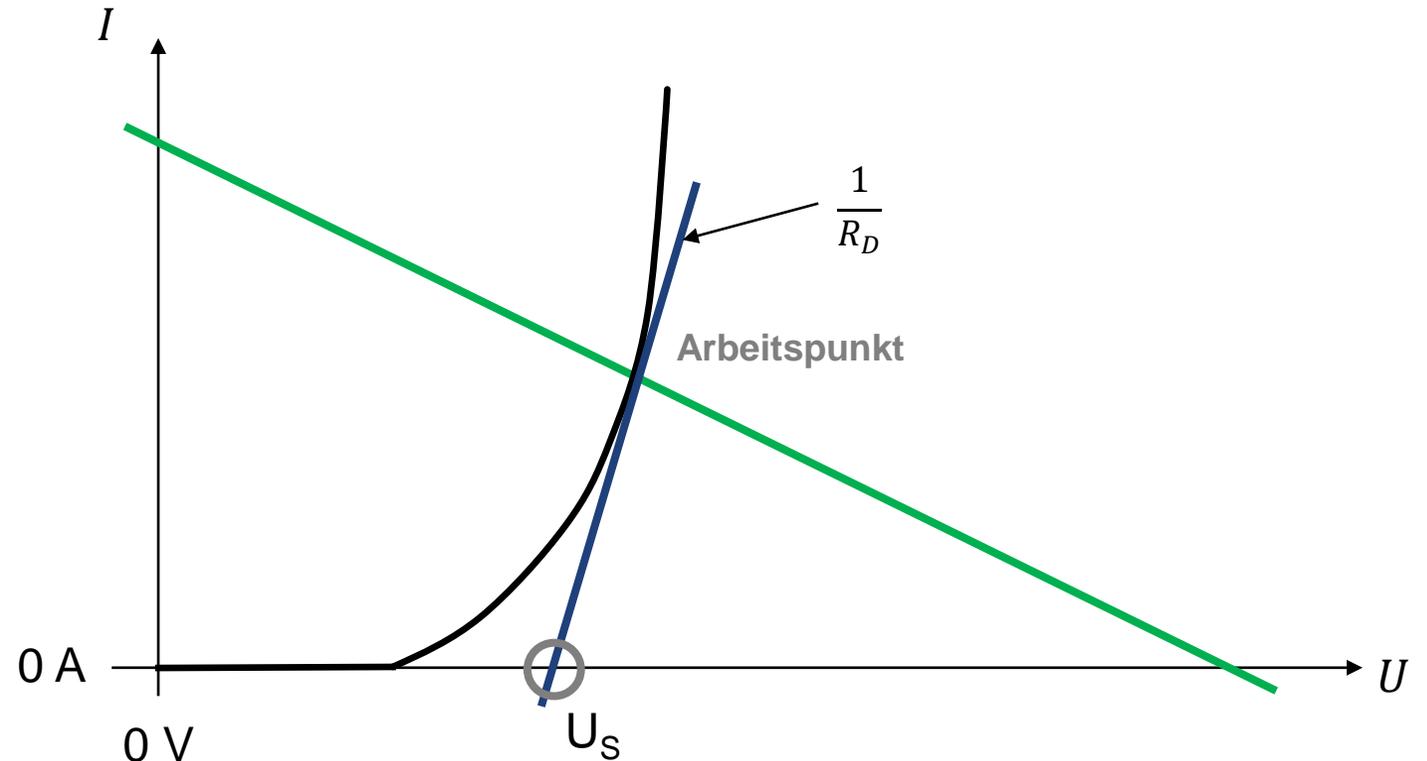
# (Theorie: Ersatzschaltbild einer Diode bestimmen)

→ Graphische Methode mit Kennlinie



Vorgehen:

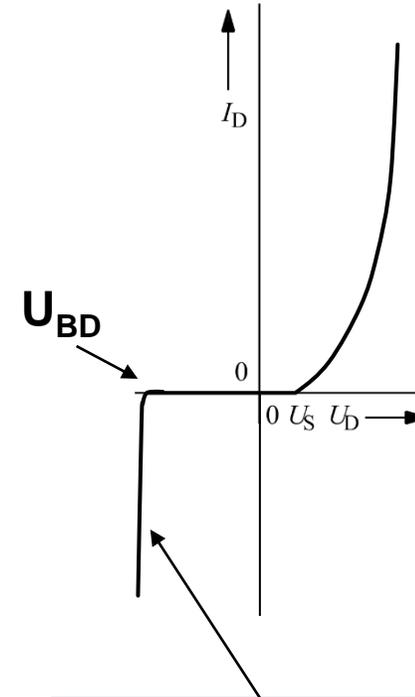
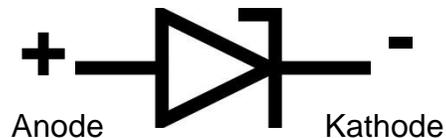
- 1) Bestimme den Arbeitspunkt
- 2) Zeichne eine Tangente an die Diodenkennlinie beim Arbeitspunkt
- 3) Der Punkt wo die Tangente die x-Achse kreuzt entspricht unserer Spannungsquelle  $U_S$
- 4) Die Steigung der Tangente entspricht dann dem Kehrwert unseres Widerstandes  $R_D$



# Theorie: Zener-Dioden

- Bei **positivem Strom** verhält sich die Zener-Diode wie eine normale Diode
- Bei **negativer Spannung** hingegen gibt es ab einem genug hohen Wert einen Durchbruch (*Breakdown Voltage*) und die Diode leitet auch in die andere Richtung\*. Der Strom der dann durch die Diode fließt ist dann von den anderen Bauteilen im Netzwerk abhängig
- Zener-Dioden werden meist für Spannungsstabilisierung eingesetzt

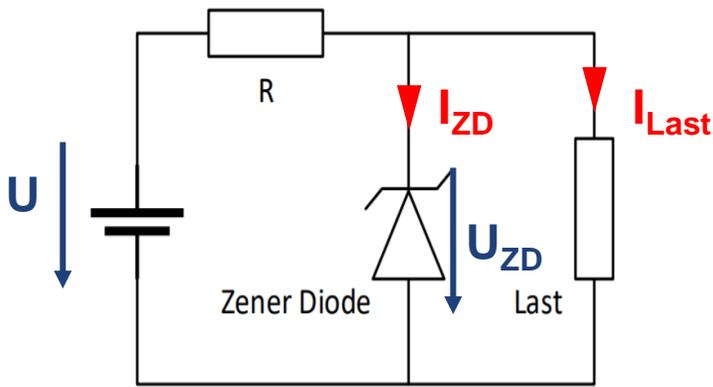
Schaltsymbol



**! Wir haben hier keinen Kurzschluss, sondern eine stabilisierte Spannung !**

\* Auch normale Dioden haben eine Durchbruchspannung, jedoch ist diese viel grösser

# Vorgehen Zenerdiode !



## Vorgehen:

- 1) Überprüfe ob Spannung über Zenerdiode ( $U_{ZD}$ ) grösser ist als Breakdown Spannung

$$U_{ZD} < U_{BD}$$

$$U_{ZD} > U_{BD}$$

- 2) Ersetze Zener-Diode durch Leerlauf
- 3) Berechne die Ströme

- 2) Fixiere Spannung über Zener-Diode als  $U_{BD}$
- 3) Berechne die Ströme.  $I_{ZD}$  ist der Strom der noch übrig bleiben muss gemäss Knotenregel

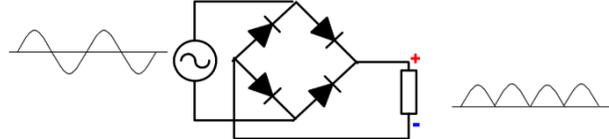
## Gleichrichter-Dioden

Anode (+)  Kathode (-)

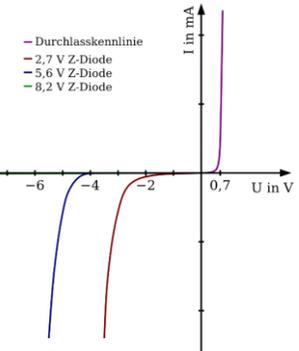
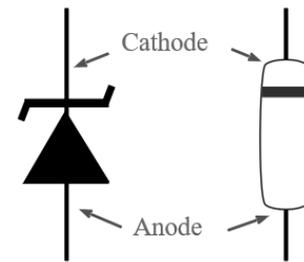
(a) Einweggleichrichter



(b) Zweiweggleichrichter (Brückengleichrichter nach Graetz)



## Zenerdioden

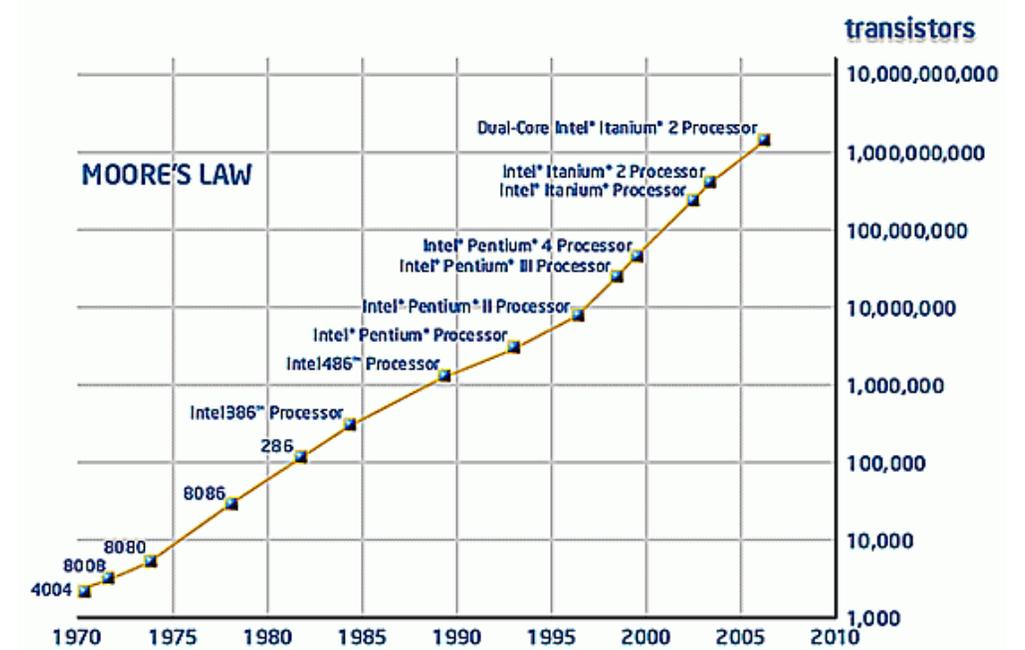


# Theorie: Transistoren

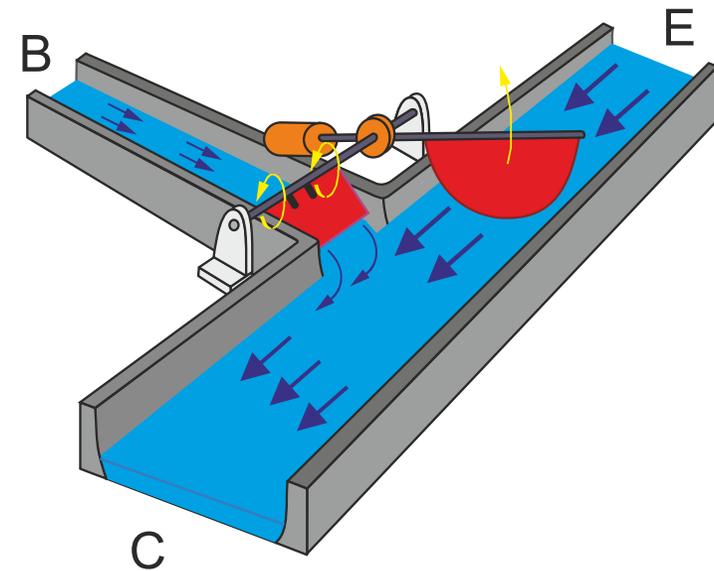
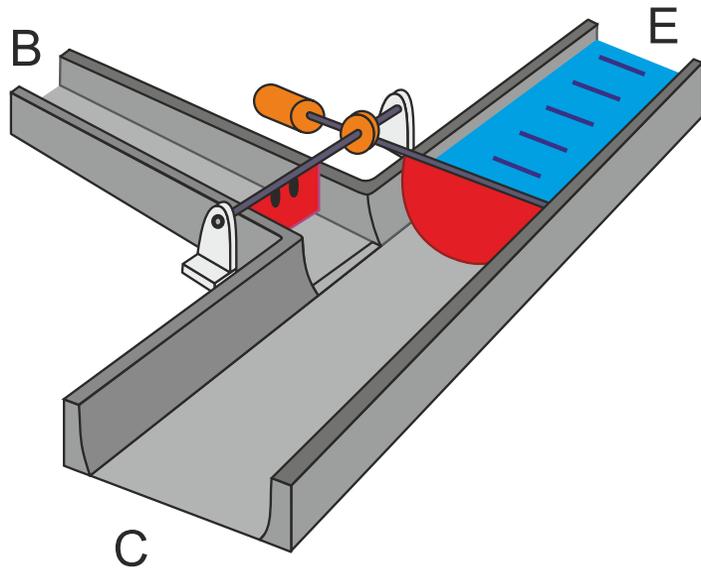
- **Transistor = Schalter** (schnell)



<https://youtu.be/lcrBqCFLHIY>

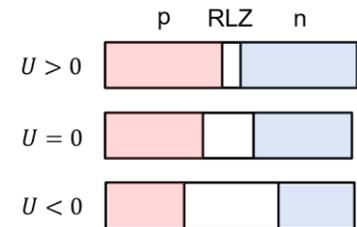
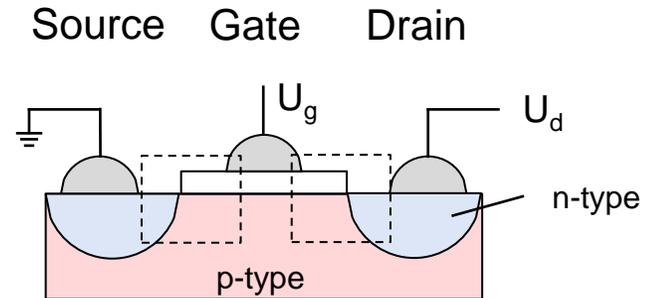


# Theorie: Transistoren

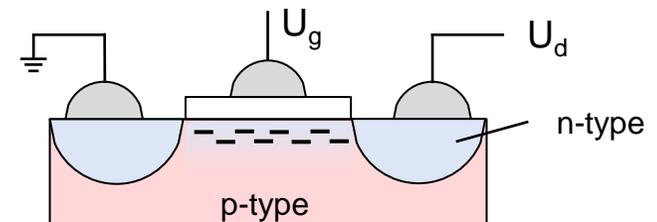


# Transistor: Der Metal-Oxide-Semiconductor FET (MOSFET)

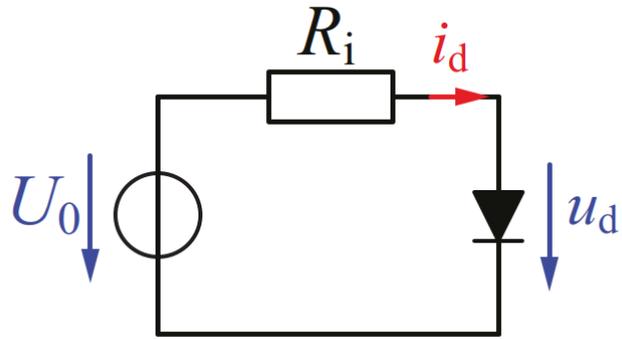
$U_G < 0$  oder  $U_G = 0$  führt zu PN-übergängen zwischen den Kontakten und dem Kanal.  $I_{DS} \approx 0$



Akkumulation von Ladungsträger durch Gate-Spannung  $U_G > 0$  kreiert einen Ohm'schen Kanal zwischen Drain und Source.  
 $I_{DS} > 0$ .



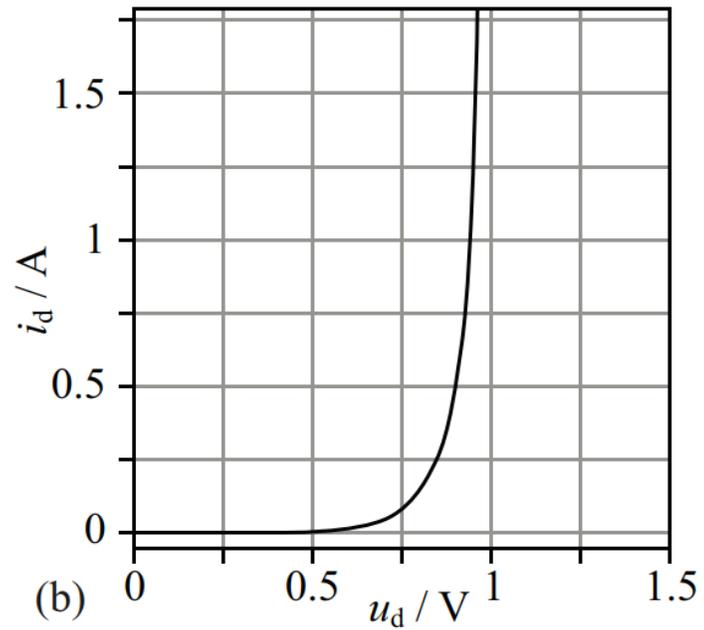
# Beispiel: Diode



Gegeben:

$$R_i = 2\Omega$$

$$U_0 = 1V$$



# Tipps Serie 13

## 1. Zenderdiode

- a) Antwortsatz genügt
- b) Sehr ähnlich wie unser Beispiel
- c) Wie verhält sich der eine Strom, wenn sich der Andere verändert
- d) Ähnlich wie Aufgabe c)
- e) Antwortsatz genügt, mehr als eine richtige Antwort
- f) Überlegungsaufgabe, ihr könnt auch mehr als eine Diode benutzen

## 2. Verstärkerschaltung (schwierig)

## 3. Transistorschaltung – Verständnis, beschreiben, (google: FlipFlop)

# Übersicht Vorlesung

1. Das elektrostatische Feld
2. Ströme
3. Einfache elektrische Netzwerke
4. Das statische Magnetfeld
5. Zeitlich veränderliches EM Feld
6. Übergang zu zeitabhängigen Strömen/Spannungen
7. Wechselspannung & Wechselstrom
8. Halbleiter

# Prüfung

- **13. Aug. 2021**, yy:zz Uhr 90 Minuten,
- Ca. **6** Aufgaben
- Was für Aufgaben?
  - Aufgaben im Stil von Übungen im Albach findet. (es gibt ein Lösungsbuch)
  - 2 Aufgaben aus den Übungen
  - Auch mit Verständnisfragen rechnen: z.B.: «Was ist ein Tiefpassfilter?»
  - **WICHTIG: Löst alte Prüfungen (auf Zeit) !!!**
- Stoffmenge:
  - Stoff, welcher über Folien abgedeckt wurde.
  - Halbleiter: Fokus auf pn-Dioden Kennlinie
- Kein Taschenrechner
- Die Formelsammlung wird verteilt. Unsere Formelsammlung selber ausgedruckt (farbig, grösser, ...) ist i.O., aber ohne zusätzliche eigene Formeln / Notizen.



**aris**  
space to grow

<https://aris-space.ch/join/>

# Kahoot!

<https://kahoot.it/>

