



ulm university universität  
**uulm**

Grundpraktikum der Physik

Versuch Nr. 26

KENNLINIEN

**Versuchsziel:** Aufnahme der Kennlinie einer Glühlampe, einer Zenerdiode und eines Transistors.

# 1 Einführung

Festkörper besitzen unterschiedliche Eigenschaften bezüglich ihrer Leitfähigkeit. Abhängig von der elektronischen Bandstruktur werden sie in Leiter, Halbleiter und Isolatoren unterteilt. Im Versuch sollen Kenntnisse über Ladungsträger in den entsprechenden Stoffen vertieft werden. Kombiniert man Leiter und Halbleitermaterialien, entstehen verschiedene elektronische Bauelemente, von welchen zwei (Zenerdiode und Transistor) im Versuch näher betrachtet werden.

## 2 Stichpunkte zur Versuchsvorbereitung

Zur Versuchsvorbereitung sollten folgende Punkte vorbereitet werden:

1. Leitfähigkeitsmodelle von Festkörpern (freies Elektronengas, Bändermodell);
2. Leitfähigkeit von Metallen, Halbleitern (Bandlücke, Temperaturabhängigkeit, Bloch-Theorem);
3. pn-Übergang (Dotierung, Zenerdiode, Bipolar-Transistor);

## 3 Versuch

1. Aufbau der Schaltung nach Abb. 1a und Aufnahme der  $I(U)$ -Kennlinie einer Kohle- und Metallfadenlampe.

**Achtung:** Maximale Betriebsspannung  $U_e$  der Lampen nicht überschreiten!  
Auswertungen hierzu:

- (a) Stellen Sie die erhaltenen Wertepaare  $(U, I)$  graphisch dar.
  - (b) Nehmen sie an, dass  $T \sim \sqrt[4]{UI}$  ist (Stefan-Boltzmann-Gesetz). Tragen Sie den differentiellen Widerstand  $r = \frac{dU}{dI}$  gegen  $\sqrt[4]{UI}$  auf und diskutieren Sie.
  - (c) Tragen Sie  $\ln\left(\frac{dI}{dU}\right)$  gegen  $\sqrt[4]{UI}$  auf und prüfen so, ob die Leitfähigkeit exponentiell mit der Temperatur zunimmt.
2. Aufbau der Diodenschaltung nach Abb. 1b und Aufnahme der  $I(U)$ -Kennlinie einer Zenerdiode in Durchlass- und Sperrrichtung.

**Achtung:** Folgende Grenzwerte dürfen nicht überschritten werden:

- Maximaler Strom  $I_{\max} = 100 \text{ mA}$
- Maximale Leistung  $P_{\max} = 250 \text{ mW}$

- (a) Stellen Sie die Werte für Durchlass- und Arbeitskennlinie graphisch dar (lineares Achsenkreuz). Tragen Sie auch einige Punkte der Verlustleistungshyperbel ein.
- (b) Tragen Sie die Werte der Durchlasslinie und der Arbeitslinie jeweils halblogarithmisch auf,  $\ln\left(\frac{I}{1\text{mA}}\right)$  gegen  $U$ . Was lässt sich aus dem Verlauf der Kennlinie ableiten?
3. Berechnen Sie mit den Angaben über  $I_{\max}/2$  und  $P_{\max}$  einen Vorwiderstand  $R_V$  mit der Vorgabe  $U_{e,\max} = 20\text{ V}$  und bauen diesen in die Schaltung wie in Abb. 1c ein.  
Messen Sie die Abhängigkeit  $U_a$  als Funktion von  $U_e$ . Beachten Sie dabei den Maximalstrom.  
Berechnen Sie den Glättungsfaktor  $G = \frac{dU_e}{dU_a} \approx \frac{R_V}{r_Z}$ , wobei  $r_Z$  der differentielle Widerstand der Zenerdiode ist sowie den (relativen) Stabilisierungsfaktor  $S = \frac{dU_e}{U_e} / \frac{dU_a}{U_a} = \frac{U_a}{U_e} G$ .
4. Aufbau der Transistorschaltung nach Abb. 1d. Zeichnen Sie die  $I_C(U_{CE})$ -Kennlinienschar mit  $I_B = \text{const.}$  als Scharparameter in ein Diagramm ein. Mögliche Werte für  $I_B$ : 10, 20, 30, 50  $\mu\text{A}$ . Passen Sie dabei den Vorwiderstand an:

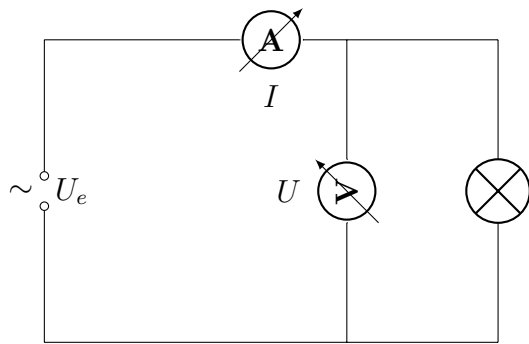
$$I_{BE} = 10 \dots 20\mu\text{A} : R = 1\text{M}\Omega$$

$$I_{BE} = 20 \dots 50\mu\text{A} : R = 18\text{k}\Omega$$

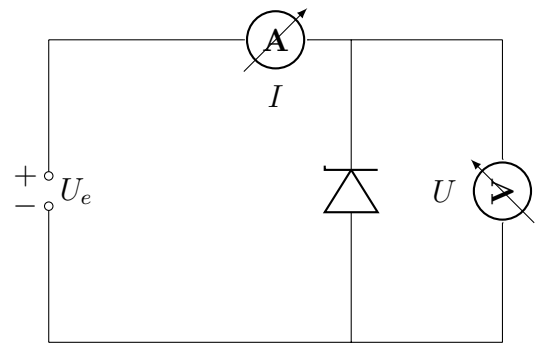
Beim derzeit verwendeten Transistor handelt es um einen Bipolar-Transistor mit der Typbezeichnung *npn-BC546B*. Für diesen gelten folgende Grenzwerte:

- $I_{C,\max} = 100\text{ mA}$
- $U_{CE,\max} = 65\text{ V}$
- $P_{\max} = 625\text{ mW}$

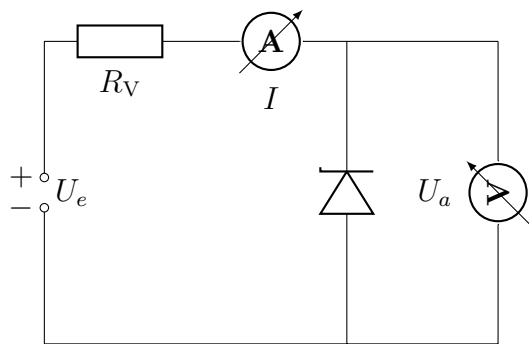
- (a) Bestimmen Sie den Ausgangswiderstand  $r_{CE} = \frac{dU_{CE}}{dI_C}$  für jede Kennlinie bei einer mittleren Spannung von  $U_{CE} = 10\text{ V}$ .
- (b) Bestimmen Sie die Großsignalverstärkung  $B = \frac{I_C}{I_B}$  bei  $U_{CE} = 10\text{ V}$ .



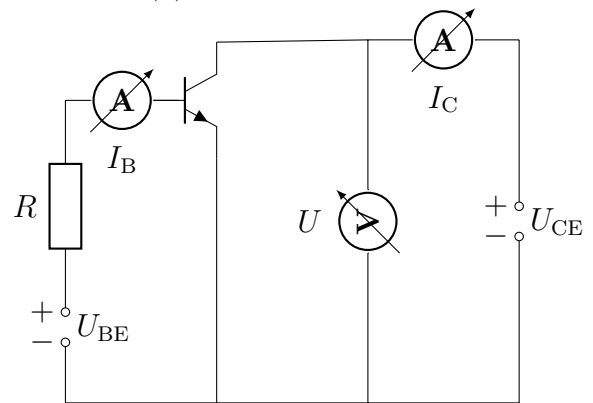
(a) Glühlampe.



(b) Zener-Diode.



(c) Spannungsstabilisierung.



(d) Transistor-Schaltung.

Abbildung 1: Schaltpläne für die verschiedenen Versuchsteile.

## 4 Zubehör

1. Gleichspannungsdoppelnetzgerät, 0...30 V
2. Spartransformator
3. Digitalmultimeter (3 Stück)
4. Metallfadenlampe
5. Kohlefadenlampe
6. Steckbrett mit Diode, Transistor und Widerständen
7. weitere Widerstände

## Literatur

- [1] R. Gross und A. Marx, *Festkörperphysik*, 2.Auflage, Walter de Gruyther Verlag, Berlin (2014)
- [2] Ch. Kittel, *Einführung in die Festkörperphysik*, 14. Auflage, Oldenburg Verlag, München (2005)
- [3] H. Ibach und H. Lüth, *Festkörperphysik: Einführung in die Grundlagen*, 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin (2009)
- [4] N. Ashcroft und D. Mermin, *Festkörperphysik*, 3. Auflage, Oldenburg Verlag, München (2007)