

<b>Hochschule München</b> <b>Fakultät 03</b>	<b>Wintersemester 2015/16</b> <b>Aufgabenteil Elektronik</b>	<b>Prof. Dr. P. Klein</b> <b>Prof. Dr. T. Küpper</b>
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> eigene Formelsammlung, Taschenrechner	<b>Matr.-Nr.:</b> _____	<b>Name, Vorname:</b> _____
	<b>Hörsaal:</b> _____	<b>Unterschrift:</b> _____

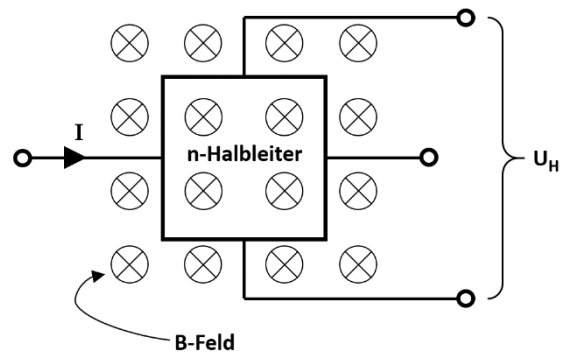
**Viel Erfolg!!**

<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Σ</b>	<b>N</b>
<b>P</b>			/	/		

**Aufgabe 1, Halbleiter, Hall-Effekt (ca. 12 Punkte)**

Die Unterpunkte 1.1 und 1.2 können unabhängig voneinander bearbeitet werden!

Ein n-Typ Hall-Element aus Indiumarsenid (InAs, Hallkonstante  $R_H = 120 \text{ cm}^3/\text{As}$ ) mit einer Dicke von  $d = 0,05 \text{ mm}$  wird von einem Strom  $I = 0,1 \text{ A}$  durchflossen („technische“ Stromrichtung: siehe Skizze).



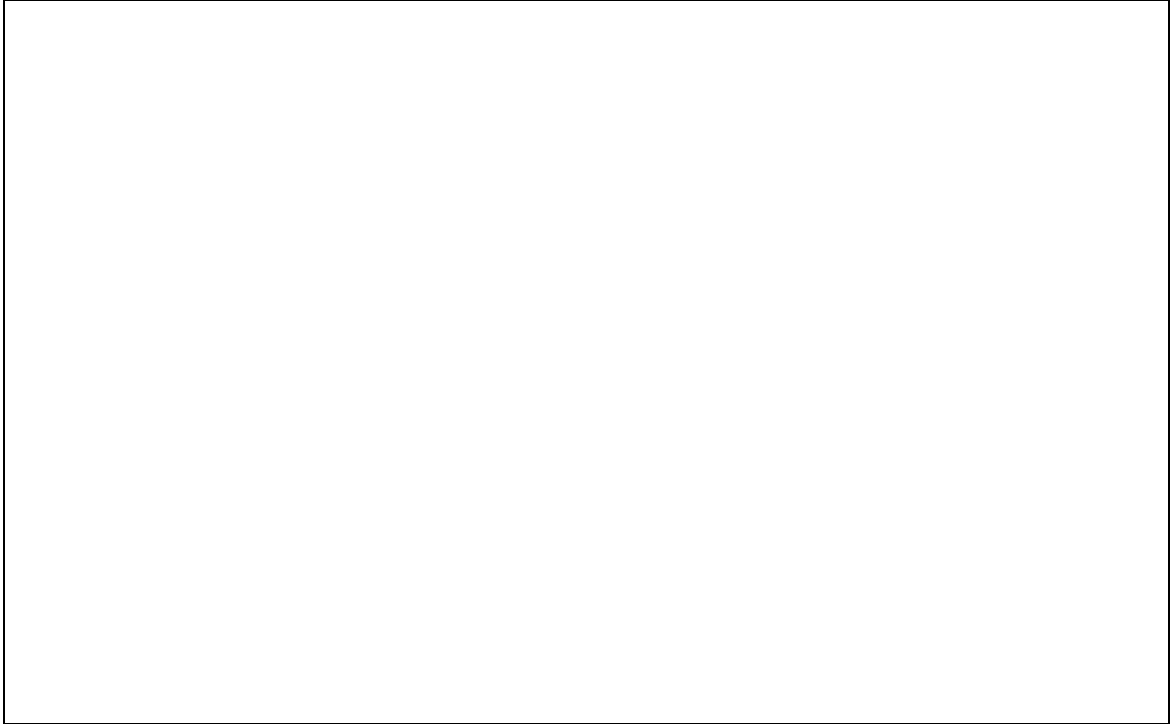
1.1a. Zeichnen Sie die Polarität der Hallspannung  $U_H$  in die nebenstehende Skizze ein.

1.1b. Welche Hallspannung  $U_H$  ergibt sich, wenn die magnetische Flussdichte  $B = 20 \text{ mT}$  beträgt?

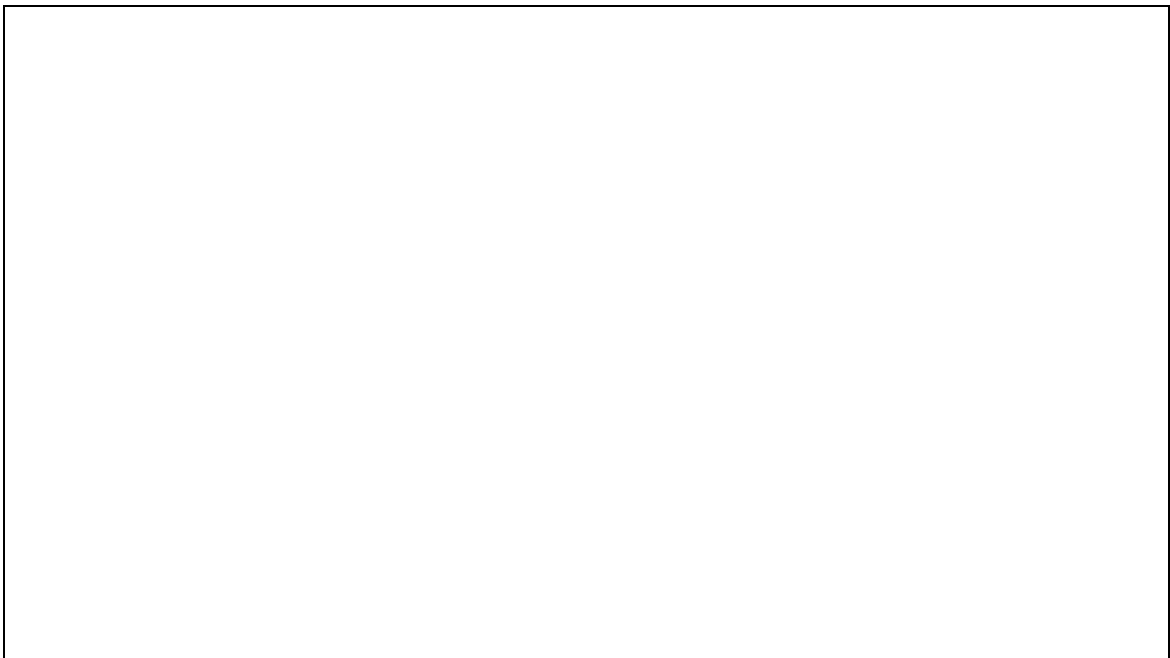
1.1c. Nennen Sie zwei typische Anwendungen für Hall-Elemente.

- 1.2a. Ein Germanium-Halbleiter ist mit einer Phosphor-Dichte von  $1 \cdot 10^{15}$  Atomen/cm<sup>3</sup>, einer Bor-Dichte von  $5 \cdot 10^{15}$  Atomen/cm<sup>3</sup> und einer Arsen-Dichte von  $1 \cdot 10^{16}$  Atomen/cm<sup>3</sup> dotiert. Berechnen Sie die Dichte der freien Elektronen  $n_0$ , die Löcherdichte  $p_0$  sowie den spezifischen Widerstand  $\rho$  des Halbleiters bei Raumtemperatur.

( $n_i = 2,3 \cdot 10^{13}$  cm<sup>-3</sup>,  $\mu_n = 3900$  cm<sup>2</sup>/Vs,  $\mu_p = 1900$  cm<sup>2</sup>/Vs,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  As, Bor hat 3 Valenzelektronen, Arsen- und Phosphor haben 5 Valenzelektronen)



- 1.2b. Der Halbleiter aus Aufgabe 1.2a. wird nun erwärmt, wodurch der spezifische Widerstand auf  $\rho = 0,2$   $\Omega$ cm sinkt. Berechnen Sie die Dichte der freien Elektronen  $n_0$ , die Löcherdichte  $p_0$  sowie die Eigenleitungsträgerdichte  $n_i$  für diesen Fall. Sowohl freie Elektronen als auch Löcher sind nun für den Stromfluss relevant! Es darf angenommen werden, dass sich die Ladungsträgerbeweglichkeiten trotz Erwärmung nicht verändert haben.

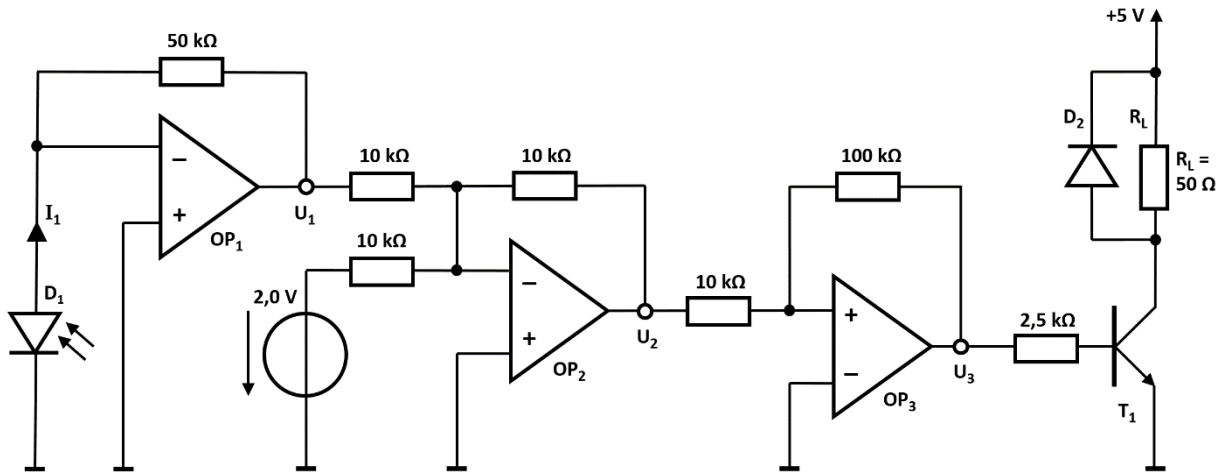


**Aufgabe 2, Operationsverstärker, Diode, Transistor (ca. 18 Punkte)**

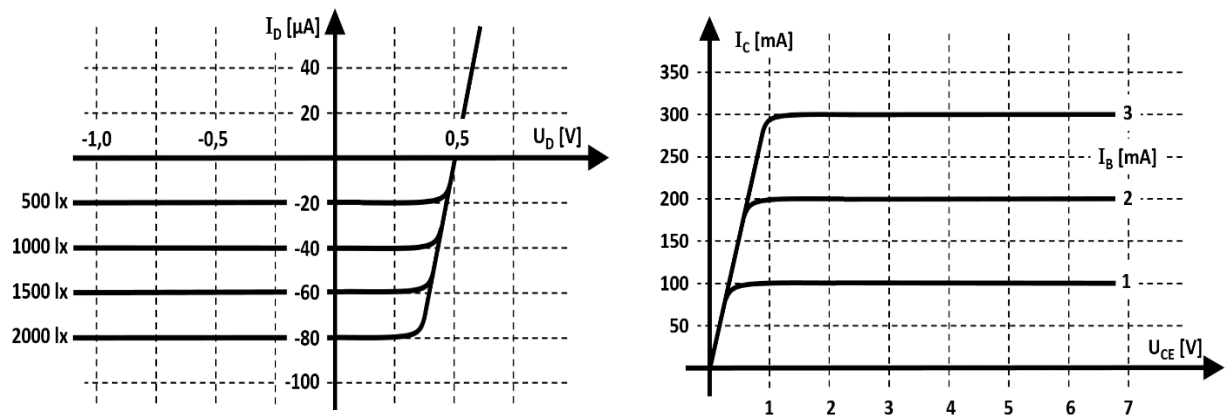
Die abgebildete Schaltung nutzt eine Fotodiode, um Beleuchtungsstärken zu messen. Der von der Fotodiode abgegebene Strom wird mit einer Schaltung aus idealen Operationsverstärkern ausgewertet. Am Ausgang der Schaltung wird ein Verbraucher  $R_L$  vom Transistor  $T_1$  ein- bzw. ausgeschaltet.

Die maximale/minimale Ausgangsspannung der Operationsverstärker beträgt  $\pm 5$  Volt. Alle Spannungsangaben beziehen sich auf Masse.

Die Unterpunkte 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4 können unabhängig voneinander bearbeitet werden!



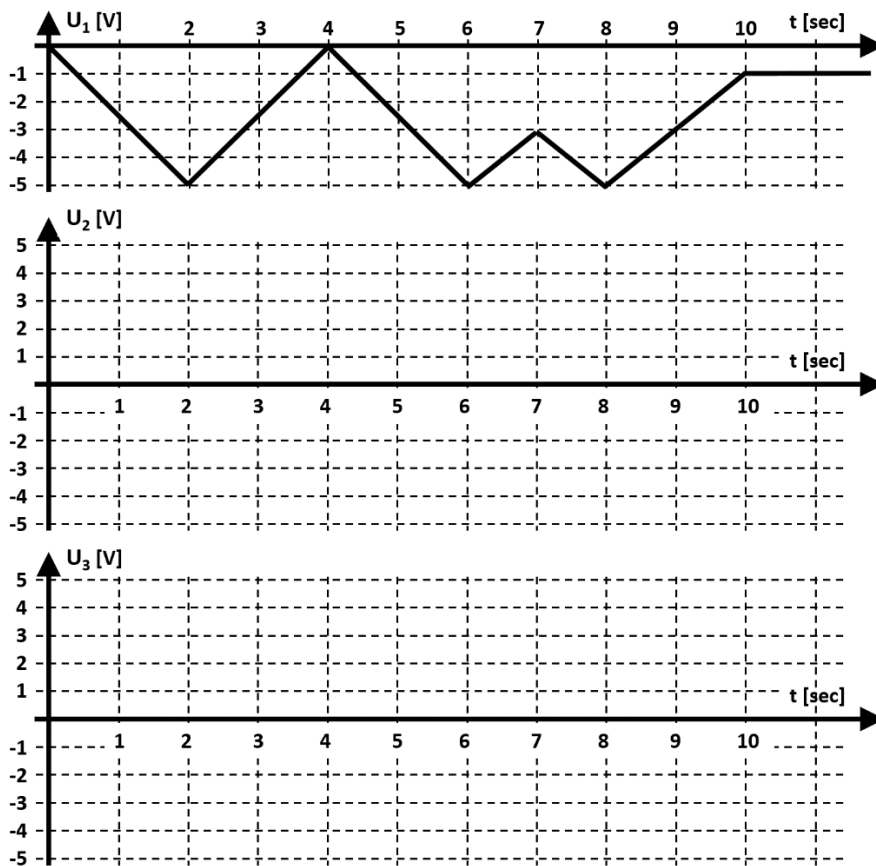
Die Diodenkennlinie von  $D_1$  und das Ausgangskennlinienfeld von  $T_1$  sehen wie folgt aus:



2.1. Wie groß sind der Strom  $I_1$  und die Spannung  $U_1$  bei Beleuchtungsstärken von  $E = 500$  lx und von  $E = 1500$  lx?

- 2.2a. Um welche Grundschaltungen handelt es sich bei den Operationsverstärkerstufen OP<sub>2</sub> und OP<sub>3</sub>? Geben Sie für diese beiden Stufen den Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsspannung durch eine Formel oder durch eine passende Skizze an.

- 2.2b. Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe von U<sub>2</sub> und U<sub>3</sub> in das folgende Diagramm ein.



- 2.3a. Zeichnen Sie die Arbeitsgrade der Transistorstufe T<sub>1</sub> in das Ausgangskennlinienfeld von T<sub>1</sub> ein.
- 2.3b. Zeichnen Sie die beiden Arbeitspunkte in das Ausgangskennlinienfeld von T<sub>1</sub> ein, die sich bei Spannungen von U<sub>3</sub> = -5 V und U<sub>3</sub> = +5 V ergeben.
- 2.4. Begründen Sie in einigen Stichworten, warum die Diode D<sub>2</sub> bei Verbrauchern R<sub>L</sub> mit induktivem Anteil (Gleichstrommotor, Relais o. ä.) unbedingt eingebaut werden sollte.