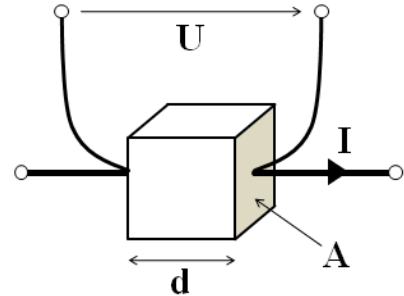


<b>Hochschule München</b> <b>FK 03 Fahrzeugtechnik</b>	<b>Diplomvorprüfung WS 2009/10</b> <b>Fach: Elektronik, Dauer: 90 Minuten</b>	Prof. Dr.-Ing. Buch Prof. Dr.-Ing. Klein Prof. Dr.-Ing. Küpper
<b>Zugelassene Hilfsmittel:</b> Taschenrechner, zwei Blatt DIN A4 eigene Aufzeichnungen	<b>Matr.-Nr.:</b>  <b>Hörsaal:</b>	<b>Name, Vorname:</b>  <b>Unterschrift:</b>

<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 (ca. 15 Punkte)**

Das abgebildete Plättchen aus Silizium der Länge  $d = 0,1 \text{ cm}$  und der Fläche  $A = 1 \text{ cm}^2$  hat bei Raumtemperatur ( $T = 300 \text{ K}$ ) folgende Eigenschaften:  $n_i = 1 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\mu_n = 1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

1.1 Das Halbleiterplättchen ist mit einem Donator dotiert. Bei Raumtemperatur fließt der Strom  $I = 10 \text{ mA}$  durch das Plättchen. Es wird die Spannung  $U = 46,3 \text{ mV}$  gemessen.

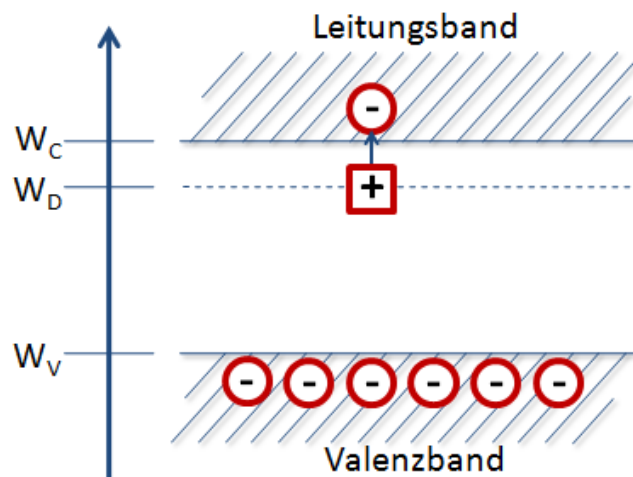
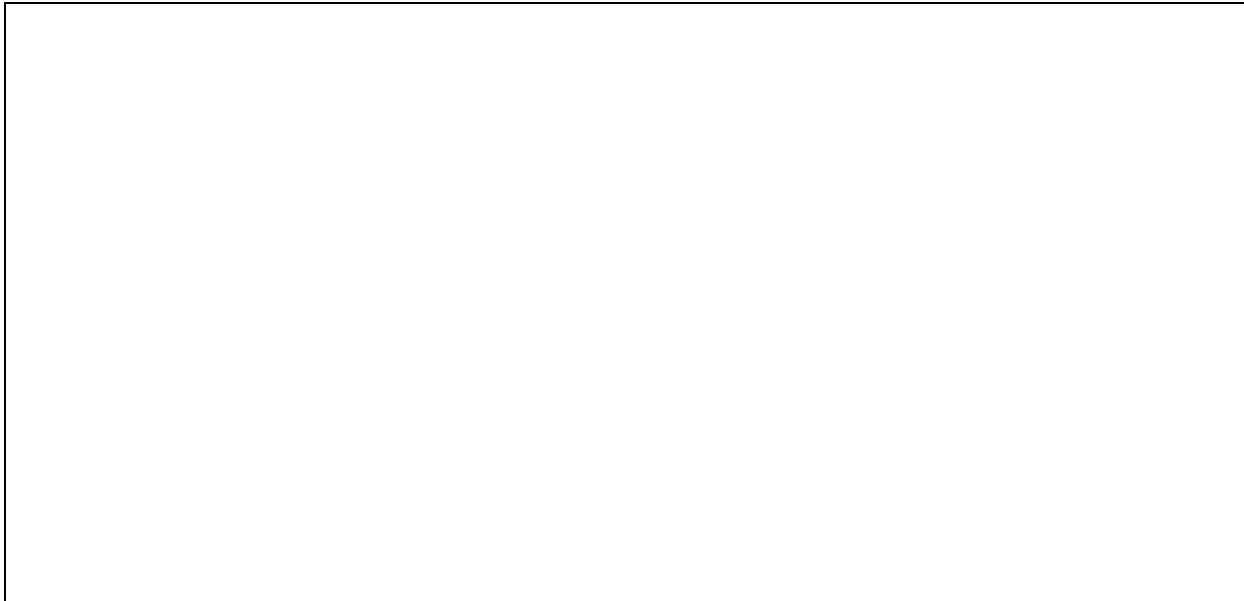
- Wie groß ist der ohmsche Widerstand  $R$  des Plättchens?
  - Wie groß ist der spezifische Widerstand  $\rho$  des Plättchens?
  - Welchen Wert hat die Donatordichte  $N_D$ ? (Ersatzwert:  $N_D = 2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ )
- (Hinweis: Der Einfluss der Löcher darf bei der Berechnung vernachlässigt werden.)

1.2 Zeichnen Sie die Bewegungsrichtung der Elektronen in die Skizze ein.

- Handelt es sich bei dem Stromfluss  $I = 10 \text{ mA}$  um Driftstrom oder Diffusionsstrom?
- Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich die freien Elektronen?

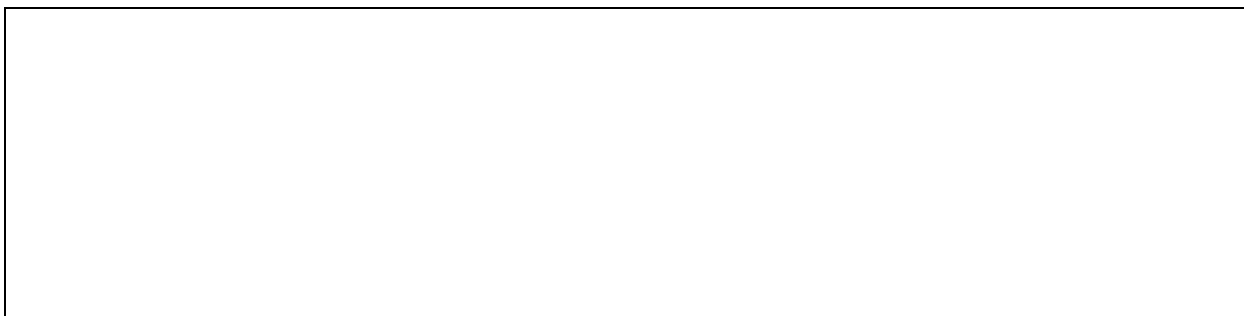
1.3 Das Plättchen wird erwärmt, die Eigenleitendichte steigt auf  $n_i = 1 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ .

- Welchen spezifischen Widerstand  $\rho$  besitzt das erwärmte Plättchen?
- Wie groß ist der ohmsche Widerstand  $R$  des erwärmten Plättchens?



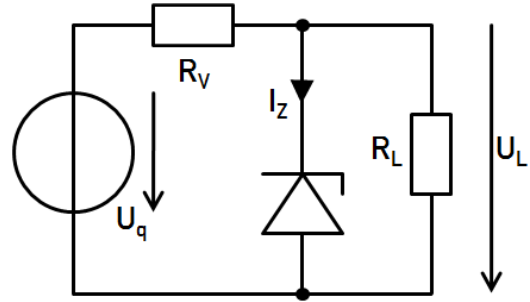
1.4 Die obige Abbildung zeigt das Bänderdiagramm eines n-Halbleiters.

- Markieren Sie im Diagramm den Bandabstand  $E_g$  des Halbleiters.
- Durch die Dotierung werden zusätzliche Elektronen in den Halbleiter eingebracht, die für die Atombindungen im Kristall nicht benötigt werden. Markieren Sie im Diagramm die Energie  $\Delta W$ , die notwendig ist, um diese „zusätzlichen“ Elektronen ins Leitungsband anzuheben.
- Welche elektrischen Eigenschaften hat ein Material mit dem Bandabstand 8,9 eV? (Hinweis: Der Bandabstand von Silizium beträgt 1,11 eV)

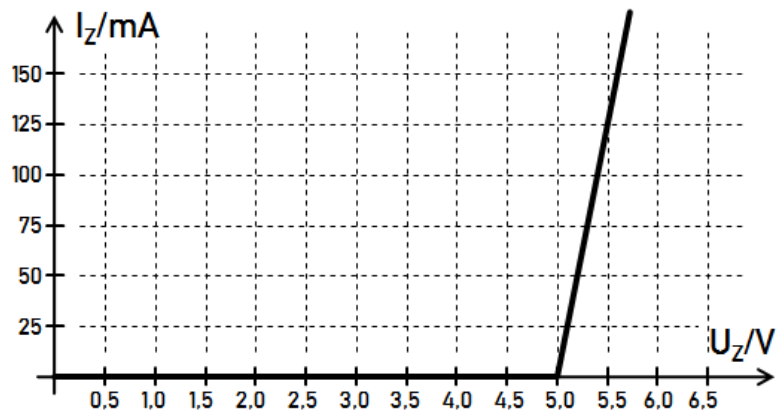


**Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)**

Ein Verbraucher ( $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ ) wird von einem Gleichspannungsnetzteil ( $U_q$ ) mit Strom versorgt. Die zulässige Betriebsspannung des Verbrauchers liegt im Bereich  $4,5 \text{ V} < U_L < 5,5 \text{ V}$ . Eine Zenerdiode ( $U_{Z0}, r_Z$ ) mit Vorwiderstand ( $R_V = 100 \Omega$ ) schützt den Verbraucher vor einer Beschädigung durch Überspannung.



- 2.1. Ermitteln Sie aus der Kennlinie die Parameter  $U_{Z0}$  und  $r_Z$  der eingesetzten Zenerdiode.  
 (Ersatzwerte:  $U_{Z0} = 5 \text{ V}$ ,  $r_Z = 2 \Omega$ )



- 2.2 Zunächst hat die Versorgungsspannung den Wert  $U_q = 5 \text{ V}$ . In welchem Betriebsbereich befindet sich die Zenerdiode?

Durchlassbereich  Durchbruchbereich  Die Diode sperrt

- 2.3 Wie groß sind für  $U_q = 5 \text{ V}$  die Spannung am Verbraucher ( $U_L$ ), der Diodenstrom ( $I_Z$ ) und die an der Zenerdiode in Wärme umgesetzte Leistung ( $P_Z$ )?

2.4 Aufgrund einer Fehlfunktion des Gleichspannungsnetzteils verdoppelt sich die Spannung  $U_q$  auf den Wert  $U_q = 10 \text{ V}$ . In welchem Betriebsbereich befindet sich die Zenerdiode nun?

Durchlassbereich  Durchbruchbereich  Die Diode sperrt

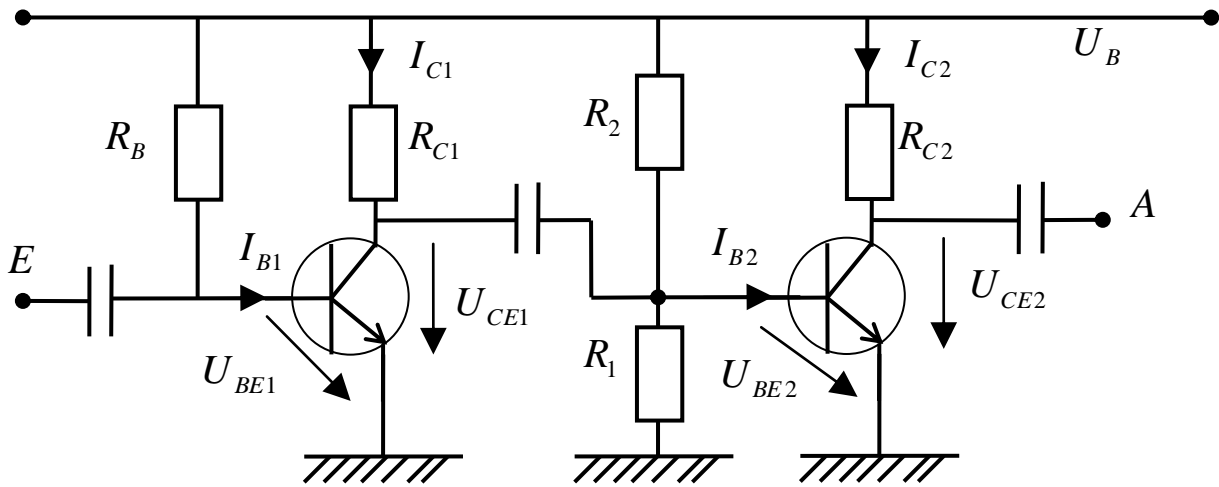
2.5 Wie groß sind für  $U_q = 10 \text{ V}$  die Spannung am Verbraucher ( $U_L$ ), der Diodenstrom ( $I_Z$ ) und die an der Zenerdiode in Wärme umgesetzte Leistung ( $P_Z$ )?

2.6 Welchen Wert  $U_{q\max}$  darf die Versorgungsspannung maximal annehmen, damit der Verbraucher gerade noch nicht beschädigt wird ( $U_{L\max} = 5,5 \text{ V}$ )?

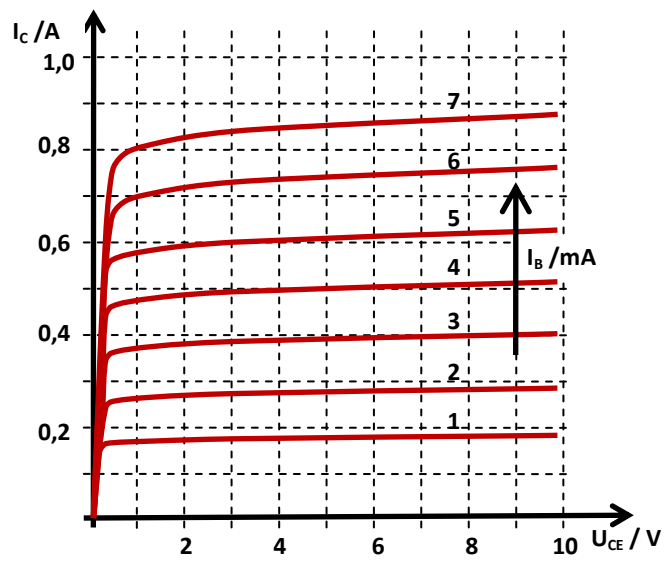
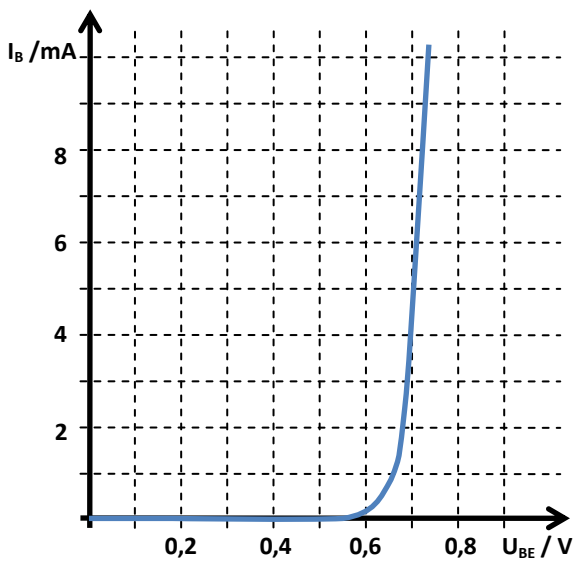
**Aufgabe 3 (ca. 17 Punkte)**

Gegeben ist die nachstehende Schaltung mit zwei Verstärkerstufen.

Die Betriebsspannung beträgt  $U_B = 10\text{ V}$ .



Die beiden Transistoren sind identisch und werden durch folgende Kennlinien beschrieben:



3.1 Um welchen Typ von Transistor handelt es sich? (Begründung!)

3.2 Die **Verstärkerstufe 1** hat eine Spannungsverstärkung  $v_1 = -216$ . Der Kleinsignalverstärkungsfaktor im Arbeitspunkt des ersten Transistors ist  $\beta_1 = 110$ , der differentielle Widerstand der Basis-Emitterdiode beträgt  $r_{BE1} = 6,5 \Omega$ .

a) Wie groß ist der Kollektorwiderstand  $R_{C1}$ ? (Ersatzwert:  $R_{C1} = 16,67 \Omega$ )

b) Zeichnen Sie die Arbeitsgerade der ersten Stufe ins Ausgangskennlinienfeld.

c) Wie groß muss  $I_{B1}$  sein, damit sich am 1. Transistor eine Kollektor-Emitterspannung  $U_{CE1} = 5 \text{ V}$  einstellt? Dimensionieren Sie für diesen Fall den Widerstand  $R_B$ .

3.3 Die **Verstärkerstufe 2** wird in ihrem Arbeitspunkt mit einem Basisstrom  $I_{B2} = 5 \text{ mA}$  betrieben.  $R_{C2}$  beträgt  $10 \Omega$ , für die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  gilt:  $R_2 = 12 R_1$

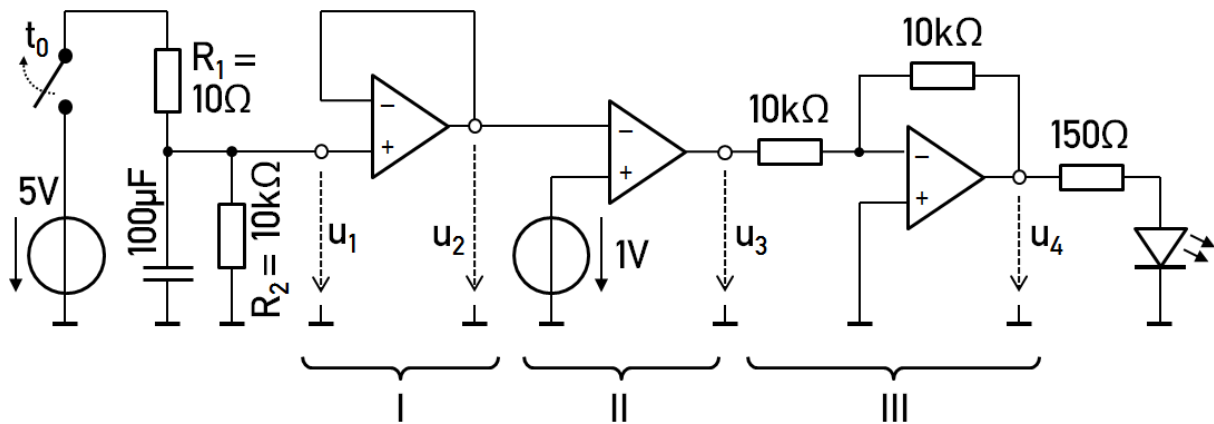
a) Ermitteln Sie aus der Eingangskennlinie die Spannung  $U_{BE2}$  im Arbeitspunkt.

b) Wie groß sind  $R_1$  und  $R_2$ ? (Verwenden Sie für die Berechnung keine Näherungen!)

c) Wie groß ist die Spannung  $U_{CE2}$  im Arbeitspunkt? Welche Verlustleistung  $P_2$  wird dabei vom zweiten Transistor als Wärme abgegeben?

**Aufgabe 4 (ca. 13 Punkte)**

Eine Leuchtdiode wird durch kurzes Schließen eines (Tast-)Schalters eingeschaltet. Nach dem Loslassen (Öffnen) des Schalters leuchtet sie für eine gewisse Zeit weiter, bevor sie wieder ausgeht. Die Abbildung zeigt die dazu verwendete Verzögerungsschaltung:



Alle Operationsverstärker haben eine maximale Ausgangsspannung von  $\pm 5\text{ V}$ .

Beim Schließen des Schalters wird der Kondensator auf eine Spannung von  $u_1 \approx 5\text{ V}$  aufgeladen. Wird der Schalter zum Zeitpunkt  $t_0$  wieder geöffnet, entlädt sich der Kondensator über den Widerstand  $R_2$ . Während dieses Entladevorgangs verändert sich die Spannung  $u_1$ :

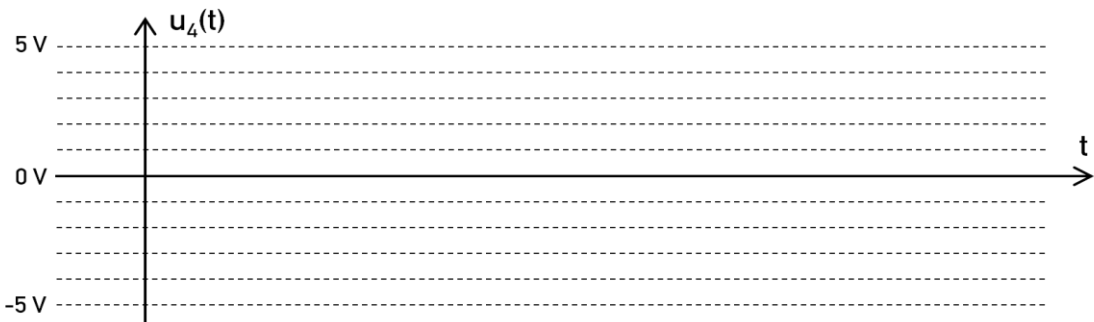
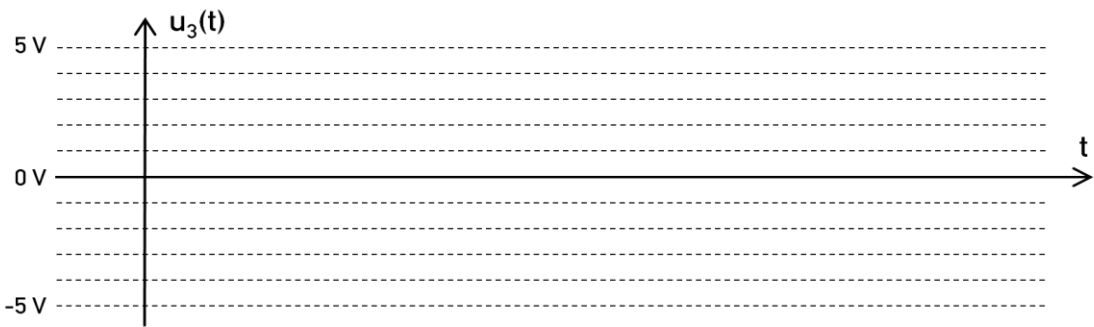
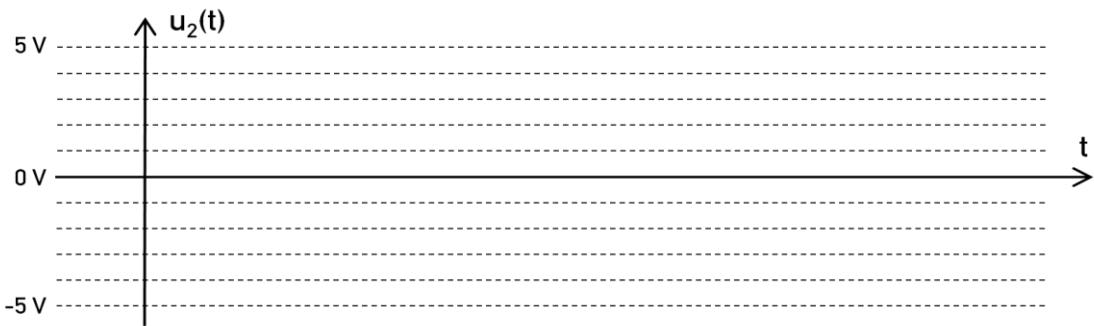
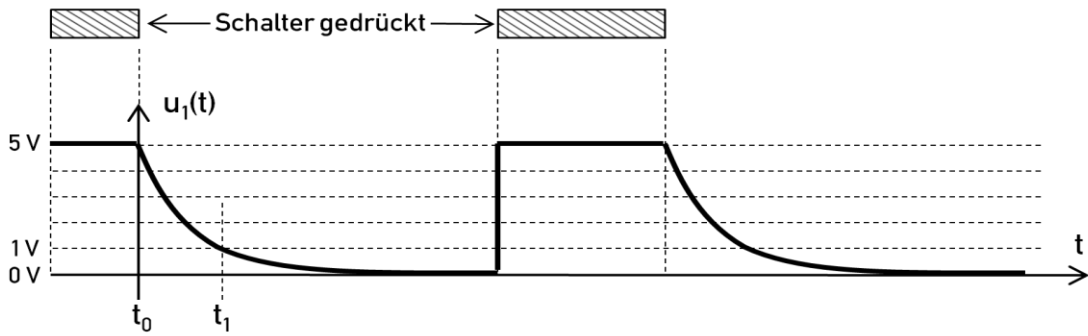
$$u_1(t) = 5\text{ V} \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \quad \text{mit} \quad \tau = 100\mu\text{F} \cdot 10\text{k}\Omega$$

4.1 Geben Sie die genaue Funktion der Teilschaltungen I, II und III an.

- Welcher Zusammenhang besteht jeweils zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung bei jeder der drei Teilschaltungen? (Formel oder Skizze angeben!)

4.2 Der Kondensator ist voll aufgeladen. Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$  s wird der Schalter geöffnet. Zu welchem Zeitpunkt  $t_1$  ist  $u_1$  auf 1 Volt gesunken?

4.3 Zeichnen Sie die Verläufe von  $u_2$ ,  $u_3$  und  $u_4$  in das folgende Diagramm.



----- Viel Erfolg!!! -----