



## Leuchtdioden (LEDs) (10 Punkte)

Dieses Experiment untersucht die elektrischen und thermischen Eigenschaften von LEDs. Für die Messung der Temperatur der Leiterplatte sollten die Parameter aus Experiment 1, Teil B.1, genutzt werden.

Die Schaltung, die in diesem Experiment verwendet wird, ist in Abb. 2.1. dargestellt. Schau dir zur Beschreibung der Versuchsmaterialien die Beschreibung von Experiment 1 an.

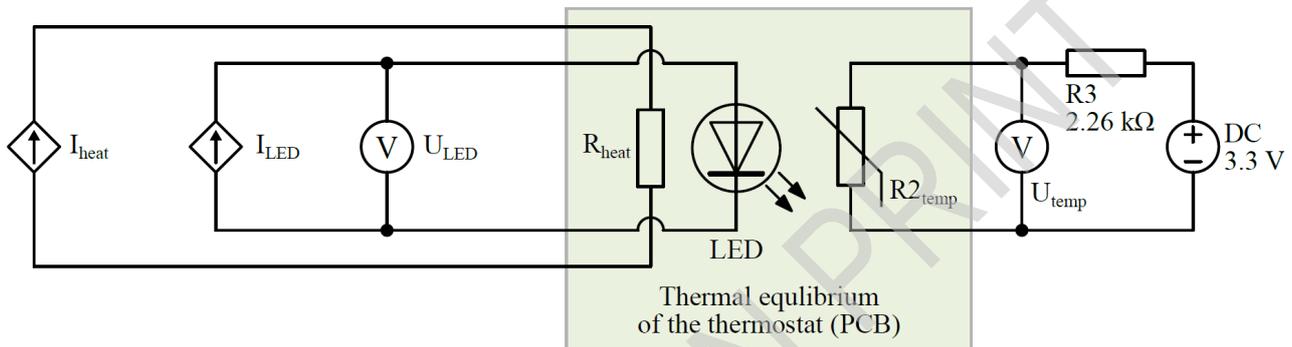


Abbildung 2.1 Experimenteller Aufbau des Experiments zur Untersuchung der LED. Die Leuchtdiode wird mit konstantem Strom betrieben (kontinuierlich oder gepulst) und die Durchlassspannung von einem Voltmeter mit hohem Eingangswiderstand gemessen. Die Komponenten zum Heizen und Messen der Temperatur sind identisch zu Experiment 1. Zwischen allen Komponenten auf der Leiterplatte (PCB) herrscht thermisches Gleichgewicht.

Leuchtdioden werden üblicherweise mit konstantem Strom betrieben, im Gegensatz zu konstanter Spannung wie im Fall von Glühlampen. Die gemessene Spannung an den LEDs hängt von der Stromstärke und der Temperatur des Halbleiters (genannt "Die") ab. Die mathematische Beschreibung der Spannungs-Strom-Kennlinie ist komplex und hängt von physikalischen und technischen Parametern ab, welche im Allgemeinen unbekannt sind. In diesem Experiment sollen daher die zweidimensionalen Abhängigkeiten der Spannung von LED-Stromstärke und LED-Die-Temperatur  $T_j$  untersucht werden.

$$U_{LED} = \text{Funktion}(I_{LED}, T_j).$$

Der Wärmewiderstand zwischen LED Halbleiter-Die und der Leiterplatte hängt von der elektrischen Leistung  $P$  (bei verschiedenen Werten der Stromstärke  $I_{LED}$ ) wie folgt ab:

$$\frac{\Delta T}{P} = \frac{(T_j - T_{PCB})}{P}.$$

**Vorsicht:** Leuchtdioden können mit kontinuierlichem Strom oder kurzen Strompulsen betrieben werden. Im zweiten Fall wird angenommen, dass die Dauer eines Pulses kurz genug ist, um eine Erwärmung der LED zu vermeiden (z.B. 1 ms Pulsdauer mit mindestens 100 ms Abstand zwischen den Messungen), so dass unter diesen Bedingungen  $T_j = T_{PCB}$  gilt. Bei Dauerbetrieb gilt  $T_j > T_{PCB}$  und der Wärmewiderstand  $\frac{\Delta T}{P}$  kann bestimmt werden.

### Teil A. Spannungs-Strom Kennlinie bei verschiedenen Temperaturen (5.0 Punkte)

Der physikalische Vorgang zum Heizen ist derselbe in Experiment 1 und 2. Der Zusammenhang zwischen der Spannung am Thermistor und dessen Temperatur kann demnach von Experiment 1 übernommen werden. Ersatzweise kann der folgende näherungsweise Zusammenhang genutzt werden:

$$T(U) = \frac{3500}{9.9 - \ln\left(\frac{1}{U} - 0.3\right)},$$

dabei ist  $T$  die Temperatur des Thermistors (in Kelvin) und  $U$  ist die Spannung über dem Thermistor (in Volt).

Miss die Stromstärke der LED als Funktion der Spannung bei Temperaturen zwischen Raumtemperatur und 80°C. Stelle deine Ergebnisse graphisch dar.

<b>A.1</b>	Miss die Abhängigkeit $I_{\text{LED,pulsed}}(U_{\text{LED,pulsed}}, T)$ im Bereich von 3 mA bis 50 mA bei Raumtemperatur, sowie 40 °C, 60 °C, und 80 °C. Stelle sie graphisch dar, zeichne alle Kurven in das selbe Diagramm.	2.5pt
<b>A.2</b>	Fülle die Tabelle auf dem Antwortbogen mit $U_{\text{LED,pulsed}}$ Werten bei 3 mA, 10 mA, 20 mA und 40 mA Strom $I_{\text{LED,pulsed}}$ bei Raumtemperatur, 40 °C, 60 °C, und 80 °C.	1.0pt
<b>A.3</b>	Stelle die Punkte von $U_{\text{LED,pulsed}}(I_{\text{LED,pulsed}}, T)$ (die in Aufgabe A.2 aufgelisteten) graphisch dar, und bestimme näherungsweise (graphisch) den Koeffizienten der linearen Abhängigkeit der Spannung von der Temperatur ( $\Delta U(I)/\Delta T$ ) bei 3 mA, 10 mA, 20 mA und 40 mA.	1.5pt

## Teil B. Messung der LED Spannungs-Strom-Kennlinie bei kontinuierlichem Betriebsstrom (3.5 Punkte)

<b>B.1</b>	Miss die Beziehung $I_{\text{LED,continuous}}(U_{\text{LED,continuous}})$ im Bereich von 3 mA bis 50 mA bei kontinuierlichem Strom und ausgeschaltetem Heizer. Stelle die Messungen graphisch dar. Notiere auf dem Antwortbogen zudem die Werte für $U_{\text{LED,continuous}}$ , Leiterplatten- (bzw. Thermostat-)Temperatur $T_{\text{PCB}}$ , und die Differenz $\Delta U = U_{\text{LED,pulsed}} - U_{\text{LED,continuous}}$ bei 3 mA, 10 mA, 20 mA und 40 mA.	1.5pt
<b>B.2</b>	Da der Widerstand der LEDs nicht konstant (sondern abhängig von der Stromstärke) ist, wird der dynamische Widerstand, gegeben durch $\frac{dU}{dI}$ , genutzt. Nutze den Graphen aus (B.1), um den inversen dynamischen Widerstand $1/(\frac{dU}{dI}) = \frac{dI}{dU}$ abzuschätzen. Notiere die Werte von $\frac{dI}{dU}$ bei 3 mA, 10 mA, 20 mA und 40 mA auf dem Antwortbogen. Zeichne Tangenten $\frac{dI}{dU}$ an die jeweiligen Punkte im Graphen.	0.5pt
<b>B.3</b>	Berechne die Differenz $\Delta T(P)$ zwischen der Temperatur der Halbleiter-Die ( $T_j$ ) und der Temperatur der Leiterplatte ( $T_{\text{PCB}}$ ) bei Betrieb mit kontinuierlicher Stromstärke in Abhängigkeit der elektrischen Leistung (bei 3 mA, 10 mA, 20 mA, und 40 mA). Stelle die Ergebnisse graphisch dar. Berechne näherungsweise (graphisch) den linearen thermischen Widerstand $\frac{\Delta T}{P}$ der LED und notiere ihn auf dem Antwortbogen. Hinweis: Nimm an, dass die LED die komplette elektrische Energieaufnahme in Wärme umgesetzt wird, und die in Form von Licht abgegebene Wärme vernachlässigt werden kann.	1.5pt



## Teil C. Berechnung des temperaturbedingten LED Driftstromes (1.5 Punkte)

In der Einleitung wurde erwähnt, dass LEDs typischerweise mit einem konstanten Strom, aber nicht mit einer konstanten Spannung betrieben werden. Nimm an, dass man sich entschieden hat, die LED bei einem Nennstromwert von 20 mA mit einem konstanten Spannungswert anzusteuern, den du in der Aufgabe B.1 für 20 mA Strom gemessen hast.

- |            |   |       |
|------------|---|-------|
| <b>C.1</b> | Schätze anhand der in Abschnitt B berechneten LED-Kennlinien den tatsächlichen Strom ab, der durch die LED fließt, wenn die Spannung konstant gehalten wird (in B.1 gemessene Spannung, $U(20\text{mA})$ ), die Temperatur der Platine (PCB) jedoch bei 0 °C und 40 °C liegt. | 1.5pt |
|------------|---|-------|

DELEGATION PRINTING