

Schriftliche Abiturprüfung 2007 – Sachsen-Anhalt
Physik 13 n
(Leistungskursniveau)

Thema V3: Kennlinien

1 Einschaltvorgang einer Glühlampe

Bei einer Glühlampe wird ein fester Stoff durch elektrischen Strom so hoch erhitzt, dass er sichtbares Licht aussendet. Die Lichtintensität soll besonders groß sein. Um das dafür nötige weiße Licht zu erhalten, muss die Schmelztemperatur des Drahtes möglichst hoch sein. Wolframlegierungen mit $\vartheta_s > 3000\text{ °C}$ erfüllen diese Forderung. Dennoch begrenzt man im Dauerbetrieb die Drahttemperaturen auf etwa 2700 °C , um eine durchschnittliche Lebensdauer von 1000 Stunden zu erreichen.

Eine Glühlampe geht oftmals direkt nach dem Einschalten kaputt.

Nachfolgend soll mit einer Messreihe untersucht werden, warum gerade der Einschaltvorgang die Glühwendel so stark belastet, dass sie reißt.

Versuchsdurchführung

Mit einem Messsystem werden die Stromstärke und der Widerstand einer Glühlampe ($3,5\text{ V} / 0,2\text{ A}$) gemessen. Damit kann der Einschaltvorgang elektronisch sicher erfasst werden.

Messwerte

Tabelle 1 enthält einen Auszug der vollständigen Messtabelle.

Messung Nr.	t in s	I in A	R in Ω
.....			
10	0,009	0,210	2,19
11	0,010	0,290	2,32
12	0,011	0,414	2,39
13	0,012	0,543	2,57
14	0,013	0,625	3,11
15	0,014	0,625	3,99
17	0,016	0,633	4,41
19	0,018	0,600	5,02
21	0,020	0,460	7,19
31	0,030	0,291	11,4
41	0,040	0,240	14,0
51	0,050	0,213	15,7
61	0,060	0,206	16,3
81	0,080	0,205	16,5
101	0,100	0,205	16,6

Tabelle 1

- 1.1 Zeichnen Sie das $I(t)$ - und das $R(t)$ - Diagramm über den gesamten Messbereich mit ausgewählten Messwerten.
 Beschreiben Sie den Verlauf der Graphen.
 Interpretieren Sie das $I(t)$ - Diagramm.
- 1.2 Die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur kann mit der Gleichung $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta)$ beschrieben werden.
 Bestimmen Sie damit den Temperaturzuwachs des Glühfadens zwischen $t_1 = 0,010\text{ s}$ und $t_2 = 0,100\text{ s}$, wenn der Koeffizient $\alpha = 0,0048\text{ K}^{-1}$ beträgt.
- 1.3 Begründen Sie mithilfe der Messergebnisse bzw. der Diagramme, warum Glühlampen insbesondere beim Einschalten so stark belastet werden.

Berücksichtigen Sie dabei, dass durch die Herstellung und den Betrieb geringfügige Einschnürungen an einzelnen Stellen des Drahtes vorhanden sind. Betrachten Sie dabei den Draht als Reihenschaltung mehrerer Widerstände (Bild 1).

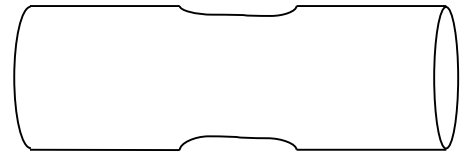


Bild 1

2 Lichtintensität einer Glühlampe

In einem weiteren Experiment wird der Zusammenhang zwischen der an der Lampe anliegenden Spannung U und der Intensität I_{Licht} des von ihr ausgesendeten sichtbaren Lichts untersucht. Dabei werden die folgenden Werte ermittelt und das abgebildete Diagramm (Bild 2) gezeichnet:

U in V	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
I_{Licht} in Skalenteilen (Skt.)	4,1	5,8	7,9	10,0	12,4	15,5

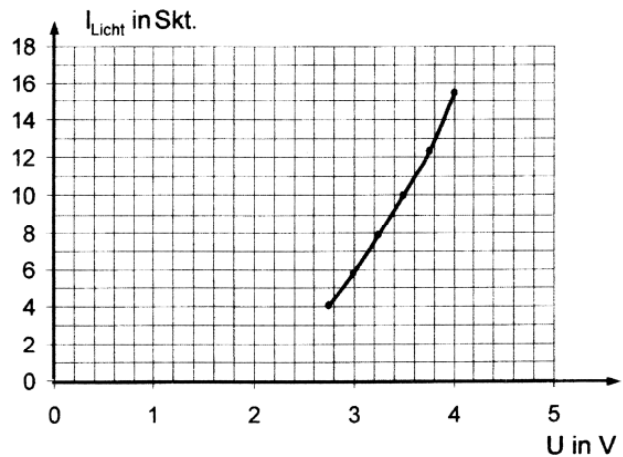
Der Zusammenhang von Spannung und Intensität kann annähernd mit der Gleichung $I_{\text{Licht}} = 2,682 \cdot e^{k \cdot U} - 7,75$

beschrieben werden.

Bestimmen Sie die Konstante k .

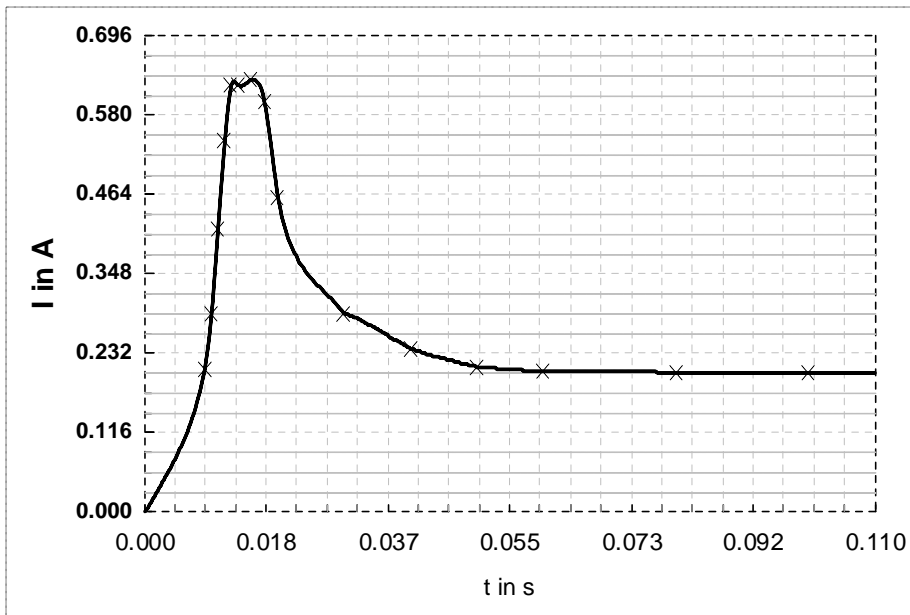
(Hinweis zur Kontrolle: $k = 0,54 \text{ V}^{-1}$)

Ermitteln Sie, ab welcher Spannung U_{min} die untersuchte Glühlampe sichtbares Licht aussenden würde.

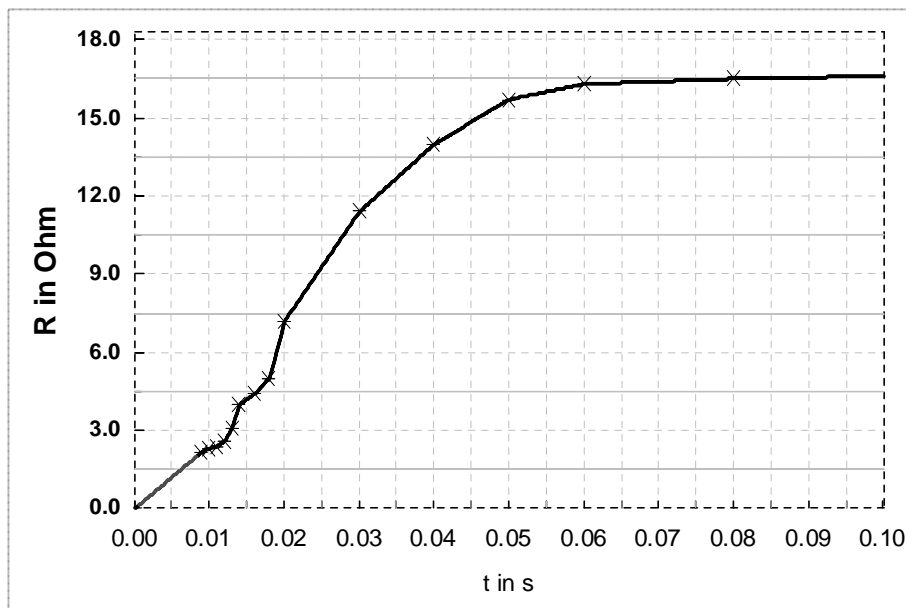


1. Einschaltvorgang einer Glühlampe

I(t) – Diagramm:



R(t) – Diagramm:



Beschreibung des Verlaufs:

I(t)-Diagramm:

- Die Stromstärke steigt in kurzer Zeit sehr schnell an,
- erreicht ein Maximum und
- fällt dann auf einen fast konstanten Wert.

R(t)-Diagramm:

- Widerstand steigt zunächst fast linear an,
- Anstieg verlangsamt sich dann und
- erreicht dann einen fast konstanten Wert.

Interpretation:

- Direkt nach dem Einschalten steigt die Stromstärke sehr stark an
 - mit $P = U \cdot I$ und $U = R \cdot I \Rightarrow P = I^2 \cdot R$
 - Stromstärke wirkt sich quadratisch auf Leistung aus
- Durch die hohe Stromstärke erwärmt sich der Draht sehr schnell,
- noch bevor die Joulsche Wärme auftritt.
- Durch Wechselwirkungen der Elektronen mit den Gitterbausteinen (Metallbindung) wird der Elektronenfluss bei hohem elektrischen Widerstand stark behindert, so dass die Stromstärke nicht mehr den anfänglich hohen Wert erreicht.
- Ist ein fast konstanter Widerstand erreicht, ändert sich die Stromstärke auch nicht mehr merklich, da die in Wärme umgesetzt elektrische Energie vollständig an die Umgebung abgegeben wird. Die Temperatur des Glühdrahtes bleibt konstant.

1.2

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta)$$

$$\frac{R}{R_0} = 1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta$$

$$\frac{R}{R_0} - 1 = \alpha \cdot \Delta\vartheta$$

$$\Delta\vartheta = \frac{\frac{R}{R_0} - 1}{\alpha}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{\frac{16,6\Omega}{2,32\Omega} - 1}{0,0048\text{ K}^{-1}} = \underline{\underline{1282,33\text{ K}}}$$

1.3 Begründung - Einschalten:

- Widerstände in Reihenschaltung (R_1 ohne Engstelle, R_2 mit Engstelle)
 - $R_{\text{ges,mit}} = R_1 + R_2 + R_1 = 2 \cdot R_1 + R_2$
- ohne Engstelle: $R_{\text{ges,ohne}} = 3 \cdot R_1$
- Widerstand R_2 an Engstelle ist größer als ohne Engstelle weil
 - $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ mit $\rho; \ell = \text{konst.} \Rightarrow R \sim \frac{1}{A}$
- mit $P = I^2 \cdot R \Rightarrow$ Es wird an der Engstelle noch mehr elektrische Energie in Wärme umgesetzt.
- höhere Temperatur an Engstelle
- Wolframdraht kann schmelzen und wird somit zerstört

2. Lichtintensität einer Glühlampe

Bestimmung der Konstanten:

$$I_L = 2,682 \cdot e^{k \cdot U} - 7,75$$

$$2,682 \cdot e^{k \cdot U} = I_L + 7,75$$

$$e^{k \cdot U} = \frac{I_L + 7,75}{2,682}$$

$$k \cdot U = \ln\left(\frac{I_L + 7,75}{2,682}\right)$$

$$k = \frac{\ln\left(\frac{I_L + 7,75}{2,682}\right)}{U}$$

$$k = \frac{\ln\left(\frac{7,9 + 7,75}{2,682}\right)}{3,25 \text{ V}} = \underline{0,543 \text{ V}^{-1}}$$

U_{\min} bestimmen:

$$I_L = 0 \Rightarrow$$

$$0 = 2,682 \cdot e^{k \cdot U} - 7,75$$

$$2,682 \cdot e^{k \cdot U} = 7,75$$

$$e^{k \cdot U} = \frac{7,75}{2,682}$$

$$k \cdot U = \ln\left(\frac{7,75}{2,682}\right)$$

$$U = \frac{\ln\left(\frac{7,75}{2,682}\right)}{k}$$

$$U = \frac{\ln\left(\frac{7,75}{2,682}\right)}{0,543 \text{ V}^{-1}} = \underline{1,954 \text{ V} \approx 2 \text{ V}}$$

Nach Verlängerung des Graphen ist auch ein Ablesen aus dem Diagramm möglich!