Lösungshinweise zur Prüfung Physik 2 für IT, WS 2007/2008

1. a) Quantenenergie muss größer sein als Energielücke: $E_{ph} > E_g$.

   b) Grenzwellenlänge $\lambda_g = \frac{hc}{E_g} = 1{,}117\ \mu\text{m} = 1117\ \text{nm}$.

   $\lambda_1 = \lambda_g$ - 230 nm = 887 nm

   $\lambda_1 = 887\ \text{nm} \to f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = 338\ \text{THz}$

   $\lambda_2 = 837\ \text{nm} \to f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = 358\ \text{THz}$

   $\lambda_3 = 787\ \text{nm} \to f_3 = \frac{c}{\lambda_3} = 381\ \text{THz}$.

   c) $E_{ph,1} = \frac{hc}{\lambda_1} = 1{,}34\ \text{eV}$

   $E_{ph,2} = \frac{hc}{\lambda_2} = 1{,}48\ \text{eV}$

   $E_{ph,3} = \frac{hc}{\lambda_3} = 1{,}58\ \text{eV}$.

   d) Spezifischer Widerstand $\rho = \frac{1}{\kappa} = \frac{1}{en_D\mu_n}$;

   Beweglichkeit aus Diagramm abgelesen: $\mu_n \approx 1040 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \to \rho_d = 0{,}600\ \Omega\text{cm}$;

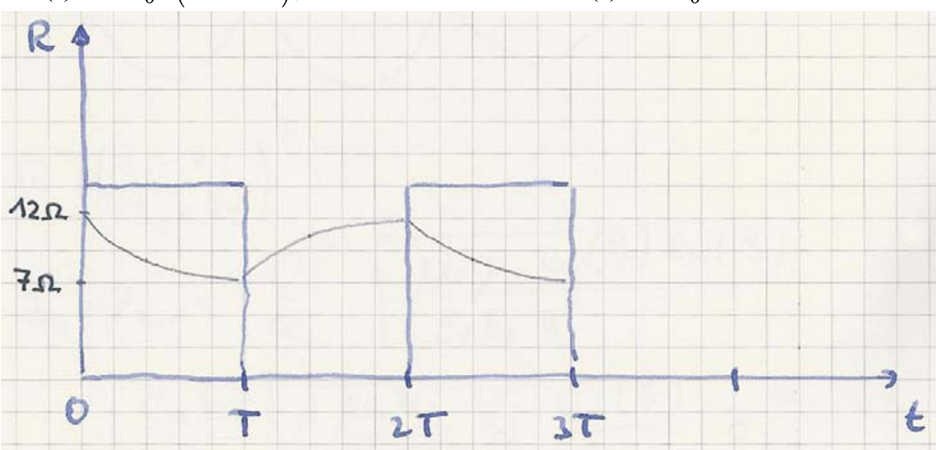
   Dunkelwiderstand $R_d = \rho_d \frac{l}{A} = 12\ \Omega$.

   e) Spezifischer Widerstand bei Beleuchtung: $\rho_l = \frac{1}{\kappa_l} = \frac{1}{e(n\mu_n + p\mu_p)}$;

   $n = n_D + \Delta n = 1{,}5 \cdot 10^{16}\text{cm}^{-3}$; $p = \Delta p = 5 \cdot 10^{15}\text{cm}^{-3}$;

   $\mu_p \approx 475 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$; $\mu_n \approx 1000 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$; $\rho_l = 0{,}359\ \Omega\text{cm}$; $R_l = \rho_l \cdot \frac{l}{A} = 7{,}18\ \Omega$.

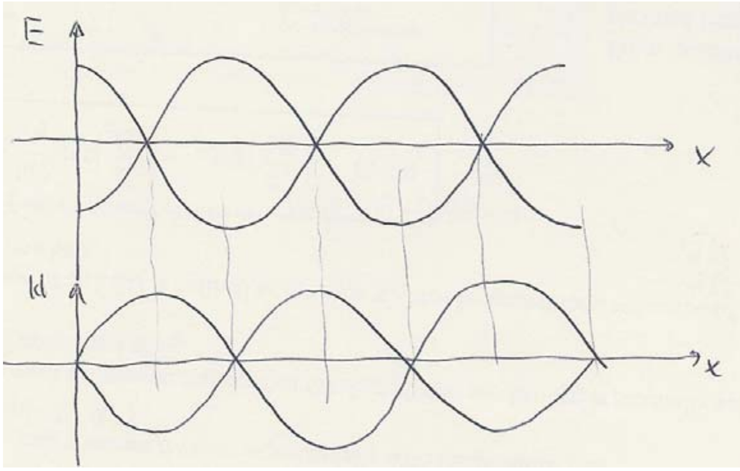
   f) Die Überschussdichte ändert sich mit einer e-Funktion, z.B. beim Einschalten $\Delta n(t) = \Delta n_0 \cdot \left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$, beim Ausschalten $\Delta n(t) = \Delta n_0 \cdot \mathrm{e}^{-t/\tau}$.



2. a) Bäuche im Abstand $\dfrac{\lambda}{2}$: $\lambda = \dfrac{c}{f}$; $c = \dfrac{1}{\sqrt{L'C'}} \approx \dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = c_0$; $\lambda = 0{,}666$ m

$\rightarrow$ Bauchabstand 33,3 cm.

b) E-Feld hat am offenen Ende einen Bauch,
H-Feld hat am offenen Ende einen Knoten.



c) Reflexionsgrad: $\rho = \left(\dfrac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right)^2$;

$$Z_1 = Z_{\mathrm{L},0} = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \sqrt{\frac{\mu_\mathrm{r}\mu_0 \ln\left(\frac{a}{r}\right)\ln\left(\frac{a}{r}\right)}{\pi \varepsilon_r \varepsilon_0 \pi}} = \frac{\ln\left(\frac{a}{r}\right)}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\mu_\mathrm{r}\mu_0}{\varepsilon_\mathrm{r}\varepsilon_0}} \approx \frac{\ln\left(\frac{a}{r}\right)}{\pi} \cdot Z_{\mathrm{F},0}.$$

$$Z_1 = \frac{\ln 20}{\pi} \cdot 376{,}7\,\Omega = 276{,}1\ \Omega;$$

$\rho = 0{,}328$; $\tau = 1 - \rho = 0{,}672$.

d) Es gibt keine Reflexion, falls $Z_1 = Z_\mathrm{L}$.

$$Z_\mathrm{L} = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}} \approx \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \sqrt{\frac{\mu_\mathrm{r}\mu_0 \ln\left(\frac{D}{d}\right)\ln\left(\frac{D}{d}\right)}{2\pi \cdot 2\varepsilon_\mathrm{r}\varepsilon_0 \pi}} = \frac{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_\mathrm{r}\varepsilon_0}} = Z_1$$

$$\ln\left(\frac{D}{d}\right) = \frac{2\pi \cdot Z_1 \cdot \sqrt{\varepsilon_\mathrm{r}}}{Z_{\mathrm{F},0}} = 6{,}67;$$

$$\frac{D}{d} = 791.$$

Dieses große Verhältnis ist wohl kaum realisierbar.

3. a) $T_{0,1} = 2{,}41$ s
$T_{0,2} = 2{,}40$ s
$T_{0,3} = 2{,}39$ s
$T_{0,4} = 2{,}42$ s
$T_{0,5} = 2{,}38$ s

$$\rightarrow \overline{T}_0 = \frac{12}{5}\,\mathrm{s} = 2{,}400\,\mathrm{s}.$$

b) Minimale Fehlersumme $FS_{\min} = \sum_{i=1}^{5} T_i^2 - 5\overline{T}^2 = 1{,}00 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{s}^2$;

Standardabweichung des Messverfahrens für T:

$$s_{\mathrm{T}} = \sqrt{\frac{FS_{\min}}{4}} = 0{,}015811\,\mathrm{s} \approx 16\ \mathrm{ms}.$$

c) Standardabweichung des Mittelwerts:

$$\Delta\overline{T}_0 = \frac{s_{\mathrm{T}}}{\sqrt{5}} = 7{,}07\cdot 10^{-3}\,\mathrm{s};$$

Endergebnis: $T_0 = (2{,}400 \pm 0{,}007)$ s; relativer Fehler $\dfrac{\Delta\overline{T}_0}{\overline{T}_0} = 0{,}295\,\%$.

d) $\omega_{\mathrm{d}} = \omega_0\sqrt{1-\vartheta^2}$; $T_{\mathrm{d}} = \dfrac{T_0}{\sqrt{1-\vartheta^2}} \rightarrow \vartheta = \sqrt{1-\left(\dfrac{T_0}{T_{\mathrm{d}}}\right)^2}$;

$$\overline{\vartheta} = \sqrt{1-\left(\frac{\overline{T}_0}{\overline{T}_{\mathrm{d}}}\right)^2} = 0{,}1149\,;$$

$$\overline{Q} = \frac{1}{2\overline{\vartheta}} = 4{,}35\,.$$

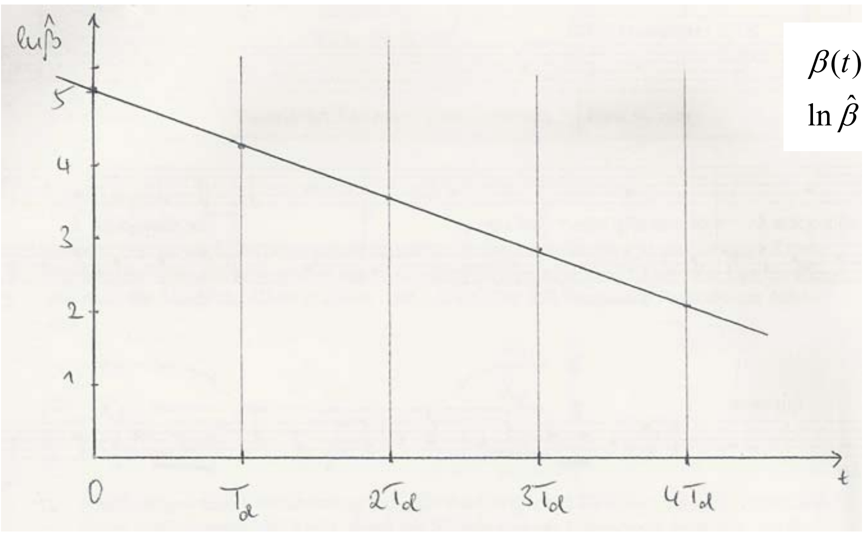
e1) Absoluter Größtfehler $\Delta\overline{\vartheta} = \left|\dfrac{\partial\vartheta}{\partial T_0}\right|\cdot\Delta\overline{T}_0 + \left|\dfrac{\partial\vartheta}{\partial T_{\mathrm{d}}}\right|\cdot\Delta\overline{T}_{\mathrm{d}}$;

$$\left|\frac{\partial\vartheta}{\partial T_0}\right| = \frac{1}{2\cdot\sqrt{1-\left(\dfrac{T_0}{T_{\mathrm{d}}}\right)^2}}\cdot 2\frac{T_0}{T_{\mathrm{d}}}\cdot\frac{1}{T_{\mathrm{d}}} = \frac{1}{\vartheta}\cdot\frac{T_0}{T_{\mathrm{d}}^2}\,;$$

$$\left|\frac{\partial\vartheta}{\partial T_{\mathrm{d}}}\right| = \frac{1}{2\cdot\sqrt{1-\left(\dfrac{T_0}{T_{\mathrm{d}}}\right)^2}}\cdot 2\frac{T_0}{T_{\mathrm{d}}}\cdot\frac{T_0}{T_{\mathrm{d}}^2} = \frac{1}{\vartheta}\cdot\frac{T_0^2}{T_{\mathrm{d}}^3}\,;$$

$$\Delta\overline{\vartheta} = \frac{\overline{T}_0}{\overline{\vartheta}\cdot\overline{T}_{\mathrm{d}}^2}\left(\Delta\overline{T}_0 + \frac{\overline{T}_0}{\overline{T}_{\mathrm{d}}} + \Delta\overline{T}_{\mathrm{d}}\right) = 0{,}0537 \rightarrow \vartheta = 0{,}115 \pm 0{,}054\,;\ \frac{\Delta\overline{\vartheta}}{\overline{\vartheta}} = 46{,}8\,\%.$$

e2) Alternative:



$$\beta(t) = \hat{\beta}_0\,\mathrm{e}^{-\delta t}$$
$$\ln\hat{\beta} = \ln\hat{\beta}_0 - \delta\cdot t$$

Steigung der Ausgleichsgeraden $\delta = 0{,}302\ \mathrm{s}^{-1}$; $\vartheta = D = \dfrac{\delta}{\omega_0} = \dfrac{\delta\cdot T_0}{2\pi} = 0{,}115$.