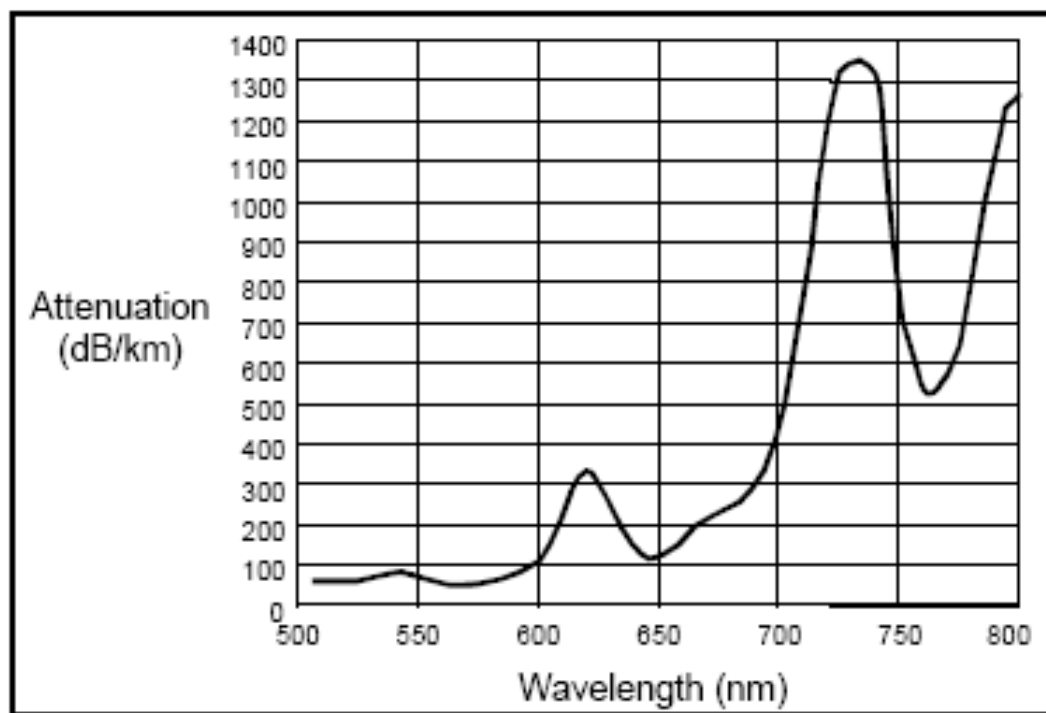


## GRUNDLAGEN DER SENSORIK – ÜBUNGSBLATT ZU KAPITEL 5 / SS 2015

1. Ein Objekt soll monochromatisch mit 660 nm beleuchtet werden.  
Dieses Licht wird durch einen speziellen **Lichtwellenleiter** (Material: Polymer, sog. POF, Polymer Optical Fiber) mit der Länge  $l = 10$  m zum Objekt transportiert.  
Wieviel Prozent der **Lichtleistung** geht verloren, wenn untenstehende Abschwächungskurve angenommen werden kann?



2. Ein **Kameraobjektiv** mit der Brennweite  $f = 12$  mm hat einen minimalen Arbeitsabstand  $g_{\text{mod}}$  (MOD, „minimal object distance“) von 0,25 m.
  - a) Welche Bildweite  $b_{\text{mod}}$  („max. Kameraauszug“) ergibt sich daraus?
  - b) Wie groß ist der Abbildungsmaßstab  $\beta$ ?

3. Mit Hilfe des o.g. **Kameraobjektivs** soll ein Gegenstand der Gesamthöhe  $2 \cdot G = 5 \text{ mm}$  auf einen CCD-Kamerasensor der Gesamthöhe  $2 \cdot B = 3,2 \text{ mm}$  komplett (d.h. sensorfüllend) abgebildet werden.
- a) Wie groß ist jetzt der geforderte Abbildungsmaßstab  $\beta$  ?
  - b) Welche Dicke  $d$  muss ein Zwischenring haben, damit eine scharfe Abbildung entsteht?
  - c) Wie groß ist dann der Arbeitsabstand (Gegenstandsweite)  $g$  ?
4. Gegeben sei ein **Triangulationssensor** mit folgenden Daten:
- Brennweite der Fokussierlinse:  $f = 12 \text{ mm}$
- Messbereichsmittle (MBM) =  $40 \text{ mm}$
- Winkel  $\varphi$  zwischen Laserstrahl und optischer Achse der Fokussierlinse =  $28^\circ$
- Wie groß ist der Neigungswinkel  $\gamma$  des eingebauten optischen Sensors?
5. Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird mit **Laserpulslaufzeitverfahren** gemessen, indem zu verschiedenen Zeiten ( $t_2, t_1$ ) jeweils die Abstände  $s_2 = s(t_2)$  und  $s_1 = s(t_1)$  ermittelt werden. Die angenommene Pulsrepetitionsfrequenz eines eingesetzten Gerätes betrage  $2 \text{ kHz}$ .
- a) Um welche Distanz  $\Delta s$  hat sich das Fahrzeug fortbewegt nach jeder Messung bei angenommener konstanter Geschwindigkeit  $v = 50 \text{ km/h}$ ?
  - b) Das Messgerät befinde sich anfangs  $500 \text{ m}$  entfernt vom darauf zufahrenden PKW. Wie lange ist die Laufzeit eines Pulses?

6. Für Vermessungsaufgaben mit Hilfe des **Pulslaufzeitverfahrens** wird ein Laserstrahl der Wellenlänge  $\lambda = 633 \text{ nm}$  verwendet.

Er durchläuft eine Strecke von  $s = 500 \text{ m}$ .

Die **Laserstrahlintensität** ist nach Durchlauf dieser Strecke um  $1,832 \%$  geschwächt.

Die bekannten Extinktionskoeffizienten sind:

Extinktionskoeffizient der Aerosol-Streuung  $\sigma_a = 4,68 \cdot 10^{-3} \text{ km}^{-1}$

Extinktionskoeffizient der molekularen Absorption  $5,99 \cdot 10^{-4} \text{ km}^{-1}$

Extinktionskoeffizient der Aerosol-Absorption  $\kappa_a = 9,14 \cdot 10^{-3} \text{ km}^{-1}$ .

Wie groß ist der **Extinktionskoeffizient** der molekularen Streuung  $\sigma_m$  ?

7. Ein **interferenzielles Messsystem** (s. Vorlesung) besitzt ein Abtastgitter mit dem Spaltabstand  $d = 4 \text{ }\mu\text{m}$ . Das Licht einer eingebauten IR-LED (Wellenlänge  $\lambda = 840 \text{ nm}$ ) wird dort gebeugt und an einem dahinter liegenden Maßstab reflektiert, wobei die 0. **Beugungsordnung**, die 1. und die -1. Beugungsordnung ausgewertet werden.

Der Maßstab hat einen Abstand  $l = 1 \text{ mm}$  vom Abtastgitter. Wo befinden sich die 1. (bzw. -1. Beugungsordnung) relativ zum Lichtfleck der 0. Beugungsordnung?

8. Eine Lichtquelle hat die **Lichtstärke**  $I_V = 100 \text{ cd}$ .

Beim Abstand  $l_1 = 2 \text{ m}$  beleuchtet sie den ihr gegenüberliegenden Lichtsensor mit der **Beleuchtungsstärke**  $E_{V1}$ . Wird der Abstand um  $20 \%$  vergrößert, sinkt die Beleuchtungsstärke auf  $E_{V2}$  ab.

- a) Wie groß ist die **Beleuchtungsstärke**  $E_{V1}$  am Ort des Sensors?
- b) Wie groß ist die **Beleuchtungsstärke**  $E_{V2}$  am Ort des Sensors?
- c) Um wieviel Prozent sinkt die Beleuchtungsstärke durch diese **Abstandsänderung**?

9. Gegeben ist das Datenblatt einer **Si PN-Photodiode**

- a) Berechnen Sie den **Strahlungsfluss**  $\phi_e$ , der die bestrahlungsempfindliche Fläche  $A_2$  ( $7,5 \text{ mm}^2$ ) trifft, bei einer **Bestrahlungsstärke**  $E_e$  von  $1 \text{ mW/cm}^2$  bei Annahme einer senkrechten Beleuchtungsanordnung.
- b) Wie groß ist dann der **Photostrom** (Kurzschlussstrom) beim Maximum der Quanteneffizienz ( $\eta = 100 \%$ ), d.h. bei einer eingestrahnten Wellenlänge  $\lambda = 950 \text{ nm}$ ?
- c) Wie viele **Photonen** treffen pro ms auf die Fläche  $A_2$  auf?

(Angabe zur Berechnung: Die Elementarladung beträgt  $e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , das Plancksche Wirkungsquantum  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ , die Vakuumlichtgeschwindigkeit  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  )

Viel Erfolg bei der Lösung der Aufgaben!

[Lösungen:

- 1) 32,39 %; 2a) 12,605 mm; 2b) 0,050;  
3a) 0,64; 3b) 7,075 mm; 3c) 30,75 mm;  
4) 51,13°;  
5a) 6,944 mm; 5b) 3,3  $\mu\text{s}$ ;  
6a)  $2,256 \cdot 10^{-2} \text{ km}^{-1}$ ;  
7)  $\pm 215 \mu\text{m}$ ;  
8a) 25 lx; 8b) 17,361 lx; 8c) 30,556 %;  
9a) 75  $\mu\text{W}$ ; 9b) 57  $\mu\text{A}$ ; 9c)  $3,584 \cdot 10^{11}$ ]