

# Optoelektronik I

## Übung Nr. 2

### Aufgabe 1: Dispersion.

- Was ist Dispersion?
- Erklären Sie den Unterschied zwischen Phasen- und Gruppengeschwindigkeit.
- Definieren Sie Phasenlaufzeit und Gruppenlaufzeit.
- Ein Lichtimpuls (Mittenwellenlänge  $\lambda=600\text{nm}$ ) durchläuft Glas mit dem Brechungsindex bei 600 nm  $n_{600\text{nm}}=1,46$ . Die Abhängigkeit des Brechungsindex von der Wellenlänge (Dispersion) wird durch die folgende (sehr vereinfachte, annähernd um  $\lambda=600\text{ nm}$  gültige) Formel (auch „*Sellmeierformel*“) angegeben:  $n^2=2.194-0.00011\text{nm}^{-1}\cdot\lambda$ . Wie groß sind Gruppengeschwindigkeit und Phasengeschwindigkeit?

### Aufgabe 2: Spektrum.

Die Technologie des Wellenlängenmultiplex (engl.: wavelength division multiplexing) beruht auf der Möglichkeit, viele (bis zu über 100) Wellenlängenkanäle in einem engen Frequenzraster gleichzeitig über eine Faser zu transportieren. Der Schwerpunkt der spektralen Verteilung der Wellenlängenkanäle liegt bei 1550 nm (3. optisches Fenster der Glasfaser). Das 3. optische Fenster der Faser ist in mehrere Frequenzbänder unterteilt (z.B. C-Band, L-Band).

- Berechnen Sie die maximale Übertragungskapazität (in Tbit/s) eines WDM Systems mit einem spektralen Kanalabstand von 50 GHz unter der Annahme, dass das „C-Band“ der Glasfaser (1528,77 nm bis 1563,85 nm, Angabe der Vakuum-Wellenlängen) mit Kanälen belegt ist und die maximale Datenrate eines Kanals 10 Gbit/s beträgt. Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum beträgt 299792,458 km/s.
- Berechnen Sie die Wellenlängendifferenz (in nm), welche einer Frequenzdifferenz von 50 GHz bei 1550 nm entspricht.

### Aufgabe 3: Polarisation.

Erläutern Sie den Begriff der Polarisation des Lichtes. Was ist zirkulare Polarisation?

### Aufgabe 4: Photonen.

Sie beobachten

- i) blaues Licht der Vakuum-Wellenlänge 450 nm
  - ii) rotes Licht der Vakuum-Wellenlänge 650 nm.
- 
- a) Berechnen Sie für i) und ii) jeweils die Energie der Photonen.
  - b) Sie messen jeweils für i) und ii) eine auftreffende Intensität von  $1 \text{ Watt/m}^2$ .  
Vergleichen Sie die Anzahl der pro Sekunde auf die Detektorfläche auftretenden Photonen und interpretieren Sie das Ergebnis.

### Aufgabe 5: Lichttechnische Größen

Durch die Lichttechnischen Größen werden verschiedene Parameter der Lichtstrahlung im sichtbaren Spektralbereich charakterisiert.

- a) Definieren Sie folgende Größen und geben die jeweils die Einheit an:
  - a. den Lichtstrom
  - b. die Lichtstärke
  - c. die Beleuchtungsstärke
  - d. die Leuchtdichte
- b) Ein gelb strahlendes Leuchtdioden-Modul ( $\lambda_{\text{max}}=590 \text{ nm}$ , 72 Dioden) hat lt. Datenblatt die Kenngröße Brightness (Lichtstärke):  $I_V=7000 \text{ mcd}=7 \text{ cd}$ . Berechnen Sie den Lichtstrom  $\Phi_V$  unter der Annahme, dass der gesamte optische Strahlungsfluss (optische Leistung) in einen Öffnungswinkel
  - a.  $30^\circ$
  - b.  $120^\circ$  emittiert wird.
- c) Die strahlende Fläche des Diodenmoduls aus Aufgabe b) beträgt  $20 \text{ mm}^2$ . Die Abstrahlrichtung bildet mit der strahlenden Fläche einen Winkel von  $20^\circ$ . Berechnen Sie die Leuchtdichte  $L_V$  des Moduls.

Der Zusammenhang zwischen dem Öffnungswinkel  $\theta$  und dem Raumwinkel  $\Omega$  ist  $\Omega=2\pi(1-\cos(\theta/2))\Omega_0$ .

### Aufgabe 6: Lichtstrom und Strahlungsfluss einer LED.

- a) Was ist der Unterschied zwischen einer Strahlungsphysikalischen und einer Lichttechnischen Größe?
- b) Eine LED strahlt bei  $\lambda=650$  nm einen Lichtstrom von  $\Phi_V=0,209$  lm ab. Berechnen Sie die optische Ausgangsleistung  $\Phi_e$  (Strahlungsfluss in mW) der LED.
- c) Eine LED strahlt bei  $\lambda=720$  nm mit  $I_1=0,5$  mW/sr und eine andere LED (gleiche abstrahlende Fläche) mit  $I_2=0,1$  mW/sr bei  $\lambda=580$  nm. Welche LED erscheint dem menschlichen Auge heller?

### Aufgabe 7: Optisches Dickenmessgerät.

Ein optisches Dickenmessgerät zur Bestimmung der Dicke eines Folienbandes besteht aus einer LED (Abstrahlung  $\lambda=850$  nm) und einem optoelektronischen Detektor. Der am Detektor gemessene Signalstrom ist proportional zu der empfangenen optischen Leistung (Strahlungsfluss) und beträgt ohne Band 50 mA und mit Band 10 mA. Der dickenabhängige Absorptionskoeffizient des Folienbandes beträgt bei 850 nm 30 dB/mm.

- a) Berechnen Sie die Dicke des Folienbandes. Vernachlässigen Sie Reflexionsverluste an der Folie.