

Technische Universität Berlin

Fachgebiet Hochfrequenztechnik

Rechenübung zur Vorlesung

Einführung in die optische Nachrichtentechnik

Aufgaben zum Vorlesungskapitel

Stufenfaser**1. Aufgabe: Strahlenoptische Betrachtung einer Faser**

Durch eine geometrisch-optische Betrachtung der Strahlen mit der geringsten und der höchsten Laufzeit im Lichtwellenleiter (Grundmode und höchster Mode) kann der (Gruppen-) Laufzeitunterschied einer Faser berechnet werden.

- a) Berechnen Sie mit Hilfe des strahlenoptischen Modells den maximalen Laufzeitunterschied Δt_{gr} einer schwach führenden Stufenfaser.

Lösung: a) $\Delta t_{gr} = \frac{N_1 L}{2n_2^2 c} A_N^2$

2. Aufgabe: Einwellige Stufenfaser

Eine Einmodenfaser mit dem Kernradius $a = 6.5 \mu\text{m}$ und den Brechzahlen $n_1 = 1.4412$ und $n_2 = 1.44$ soll bei $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ betrieben werden.

- a) Wie groß ist der Mantelparameter v der LP_{01} -Welle?
- b) Wie groß ist der Kernparameter u ?
- c) Auf wieviel Prozent des Wertes bei $r = 0$ ist die elektrische Feldstärke im Kern bei $r = a$ abgefallen?
- d) Wie weit erstreckt sich das Feld in den Mantel, bevor es auf 1 % der Feldstärke bei $r = a$ abgefallen ist?
- e) Bis zu welcher Wellenlänge ist die Faser einwellig? Die Wellenlängenabhängigkeit der Brechzahlen n_1 , n_2 wird vernachlässigt.
- f) Wie groß ist die Dispersion, wenn die Materialdispersion $D_M = 20 \frac{\text{ps}}{\text{km} \cdot \text{nm}}$ beträgt?

Lösung: a) $v = 0,775$ b) $u = 1,34$ c) 60 %
d) $r_1 \approx 38.5 \mu\text{m}$ e) $\lambda = 1 \mu\text{m}$ f) $\frac{dr}{d\lambda} = 17.42 \frac{\text{ps}}{\text{km} \cdot \text{nm}}$

3. Aufgabe: Dispersion einer einwelligen Stufenfaser

Eine Einmodenfaser soll so ausgelegt werden, daß der Faserparameter $V = 1.5$ und die Brechzahl $n_2 = 1.4795$ betragen.

- a) Bestimmen Sie die Brechzahl n_1 und den Kernradius a so, daß die Gesamtdispersion $d\tau/d\lambda$ bei $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ verschwindet. Die Materialdispersion beträgt $D_M = 20 \frac{\text{ps}}{\text{km}\cdot\text{nm}}$.
- b) Wie groß wird die Dispersion, wenn diese Faser bei einer Wellenlänge von $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ verwendet wird? Die Wellenlängenabhängigkeit von n_1 und n_2 wird vernachlässigt!

Lösung: a) $n_1 = 1.489, a = 2.23 \mu\text{m}$
 b) $\frac{d\tau}{d\lambda} = -16.69 \frac{\text{ps}}{\text{km}\cdot\text{nm}}$

4. Aufgabe: Symmetrischer dielektrischer Schichtwellenleiter

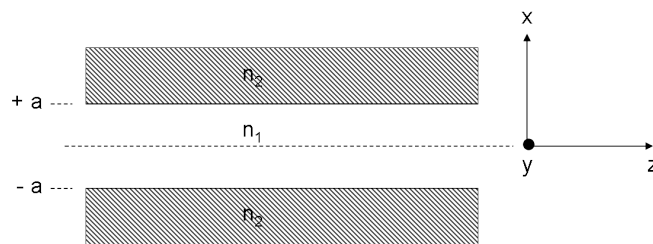


Abbildung 1: dielektrischer Schichtwellenleiter

Gegeben sei der Schichtwellenleiter in Abbildung 1 mit $n_1 = 1,456$ und $n_2 = 1,45$. Dimensionieren Sie den Wellenleiter so, das sich H-Wellen (TE - Waves) bei einer Wellenlänge von $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$ einmodig ausbreiten. Gehen Sie dabei wie folgt vor:

- a) Leiten Sie die Wellengleichung für H-Wellen her und lösen Sie die Eigenwertgleichung Graphisch.
- b) Dimensionieren Sie den Parameter V so, dass der Wellenleiter einmodig ist.
- c) Wie weit erstreckt sich das Feld im Mantel, bevor es auf 2% der Feldstärke bei $r = a$ abgefallen ist?
- d) Zeichnen Sie die normierte Phasenkonstante B in Abhängigkeit von V im Bereich $0 < V < \pi$.
- e) Interpolieren Sie B als funktion von V und berechnen sie daraus die Wellenleiterdispersion für die gegebene Wellenlänge. Benutzen Sie dafür folgenden Zusammenhang für die Wellenleiterdispersion: $D_W = -\frac{n_1 - n_2}{c \cdot \lambda} \frac{V d^2(VB)}{dV^2}$

Lösung: b) $a = 1,46 \mu\text{m}$ c) $w = 13,07 \mu\text{m}$ d) $D_W = -2,31 \frac{\text{ps}}{\text{km}\cdot\text{nm}}$