

Rechenübung zur Vorlesung

Einführung in die optische Nachrichtentechnik

Aufgaben zum Vorlesungskapitel

Beschreibung des optischen Übertragungskanal**1. Aufgabe: EDFA**

Es soll eine 500 km lange Übertragungsstrecke betrachtet werden. Sie besteht aus 100 km langen Abschnitten von einmodigen, dispersionsfreien Glasfasern mit einer leistungsbezogenen Dämpfung von $\alpha = 0.2$ dB/km gefolgt von jeweils einem idealisierten Faserverstärker mit einem Inversionsfaktor $n_{sp} = 2$. Die Faserverstärker sollen die Verluste der vorhergehenden Faser genau ausgleichen. Der Sender emittiert bei einer Trägerwellenlänge von $\lambda = 1.55$ μm .

- Wie groß ist die benötigte Sendeleistung P_1 bei einer binären Pulscodemodulation (PCM) mit einer Bitrate von 10 Gbit/s bei einer Modulation zwischen den Leistungen $P_0 = 0$ und P_1 , wenn eine Bitfehlerrate von 10^{-9} nicht überschritten werden soll? Die elektrische Bandbreite entspricht der halben Bitrate. Die Entscheidungsschwelle sei optimal gewählt.
- Die Strecke wird nun so verändert, dass die ersten beiden Abschnitte 150 km lang sind und die folgenden zwei Abschnitte weiterhin 100 km Länge aufweisen. Die Verstärkung der ersten beiden Verstärker wird entsprechend erhöht. Wie verändert sich die benötigte Sendeleistung?

Lösung: a) $P_1 = 0.09$ mW b) $P_1 = 0.4$ mW

2. Aufgabe: Übertragung eines Gauß-Pulses

Über eine einmodige, 50 km lange, verlustlose Glasfaser sollen mit Hilfe einer binären PCM bei einer Wellenlänge von $\lambda = 1550$ nm Nachrichten übermittelt werden. Die Leitung sei dispersiv (Materialdispersion: $D_M = 20$ ps/(km nm); Wellenleiterdispersion: $D_W = -3$ ps/(km nm)). Unter Vernachlässigung von β_3 (Dispersionssteigung) und der Nichtlinearitäten wird nun die Ausbreitung ungechirpter Gauß-Pulse entlang dieser Faser betrachtet.

- Geben Sie eine Abschätzung für die maximal mögliche Bitrate an.
- Welche minimale Pulsbreite kann am Ende der Glasfaser erreicht werden?

Lösung: a) $B = 11.37$ Gbit/s b) $t_{1,\text{min}} = 46.58$ ps

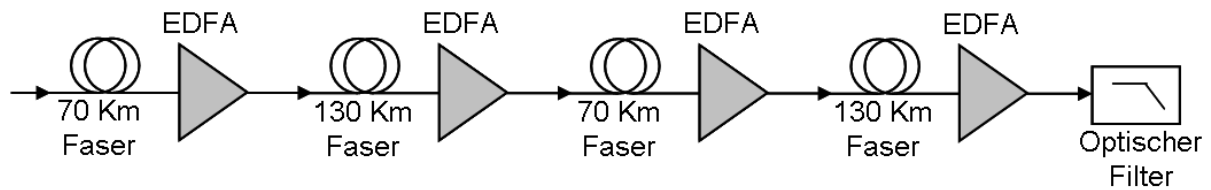


Abbildung 1: Übertragungsstrecke

3. Aufgabe: Dimensionierung einer Übertragungsstrecke

Es ist die Übertragungsstrecke in Abbildung 3. zu betrachten. Jede Faser hat folgende Merkmale:

- Dispersionsfrei,
- Einwellig,
- Dämpfung $\alpha = 0,21 \text{ dB/km}$.

Der EDFA ist so eingestellt, das er die Verluste der jeweils vorhergehenden Faser vollständig kompensiert und hat einen Inversionsfaktor von $n_{sp} = 5/3$. Die Welle die sich innerhalb der Faser ausbreitet, hat eine Wellenlänge von $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$ und ist linear polarisiert. Sie hat folgenden Jones Vektor:

$$\vec{e} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Der optische Filter am Ende des Übertragungsstrecke hat eine Bandbreite von $\Delta\nu = 75 \text{ GHz}$.

- a) Wie groß ist die optische Leistung der verstärkten Spontanen Emission ($\langle |\Delta E_{ASE}|^2 \rangle$)?
- b) Wie groß muss die optische Eingangsleistung sein, damit ein (Optisches Signal Rausch Verhältnis) $OSNR > 30 \text{ dB}$ erreicht wird? (das OSNR ist bezogen auf eine optische Bandbreite von $12,5 \text{ GHz}$)

Lösung: a) $\langle |\Delta E_{ASE}|^2 \rangle = 36,088 \mu\text{W}$

b) $P_0 = 5,95 \text{ mW}$