

---

# Groß- und Kleinsignalübertragung über POF und GOF bei 650 nm und 850 nm



Martin Stach, Felix Mederer, Rainer Michalzik  
Universität Ulm, Abt. Optoelektronik



## Überblick:

- Motivation
- Messaufbauten zur Groß- und Kleinsignalübertragung
- Datenübertragung über POF und GOF bei 650 nm
- Datenübertragung über GI-POF und GOF bei 850 nm
- Zusammenfassung

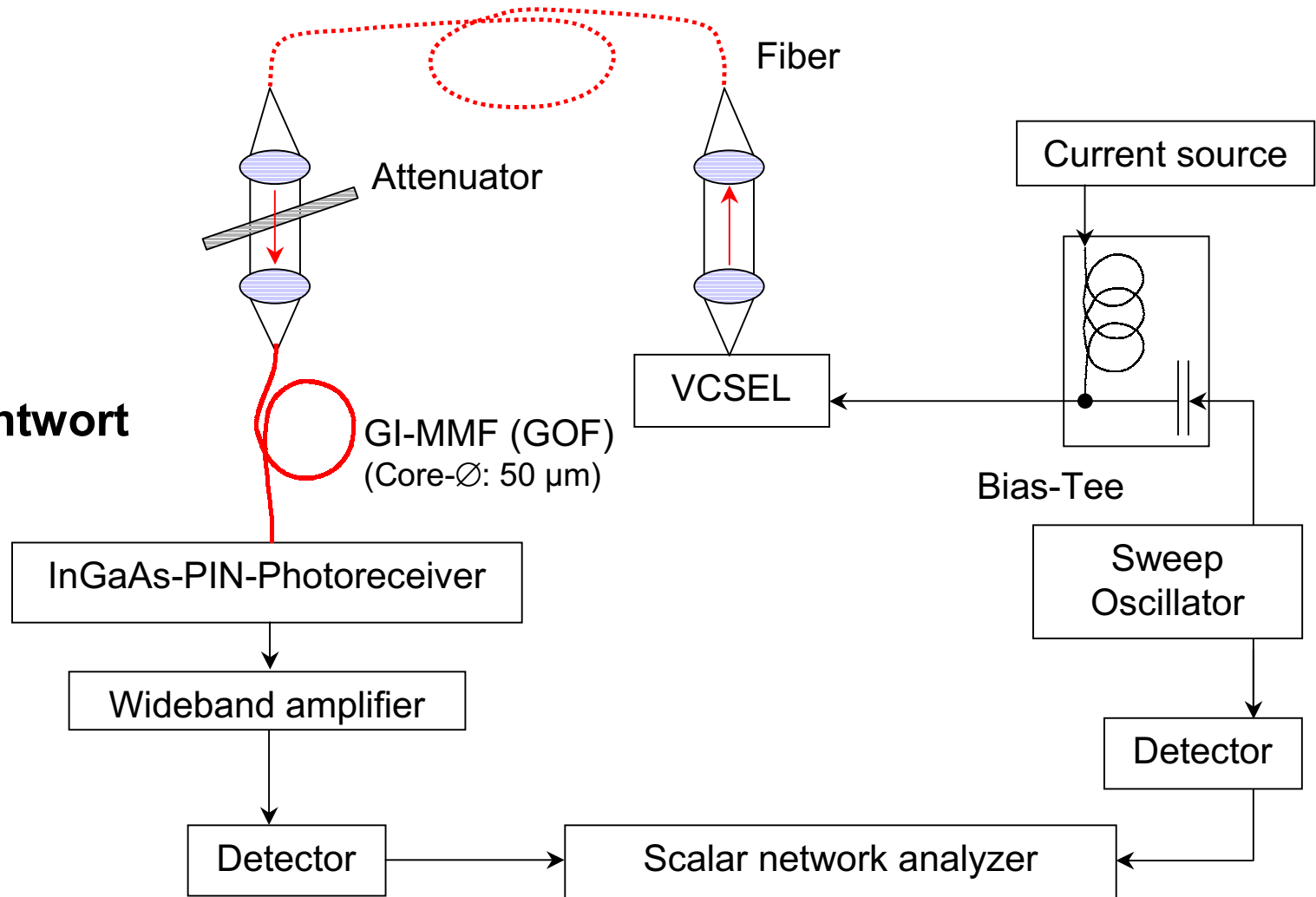


## Motivation für die Verwendung von Plastik- bzw. Polymerfasern:

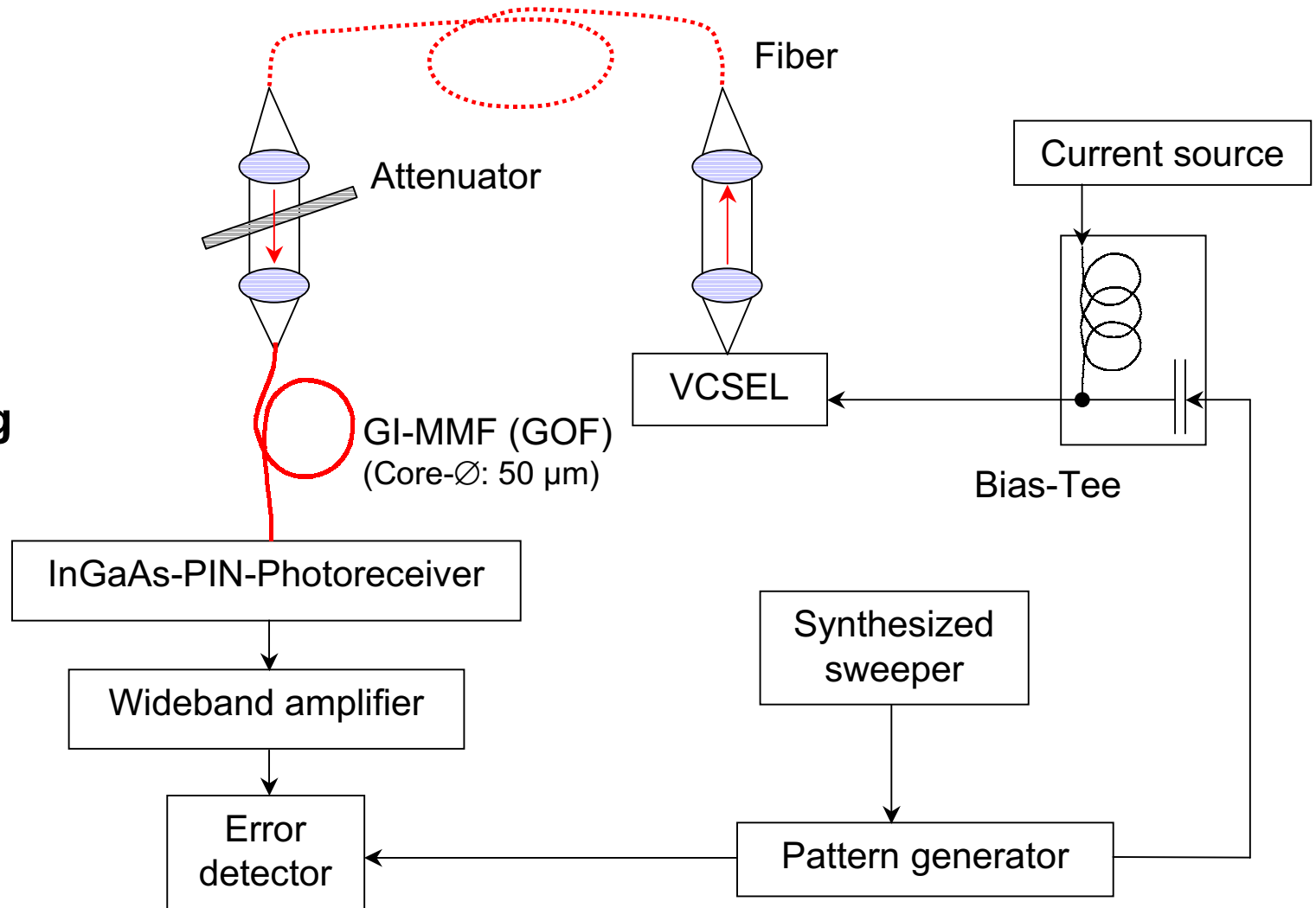
- preisgünstige Herstellung und Verbindungstechnik
- flexibel auch bei rel. großem Kerndurchmesser
- einfache Handhabung möglich (Skalpell)
- Dämpfungsminimum von PMMA-Fasern bei 650 nm
- mit GOF vergleichbares Bandbreitenlängenprodukt für GI-POF bei 850 nm



**Messplatz zur Bestimmung der KS-Modulationsantwort**

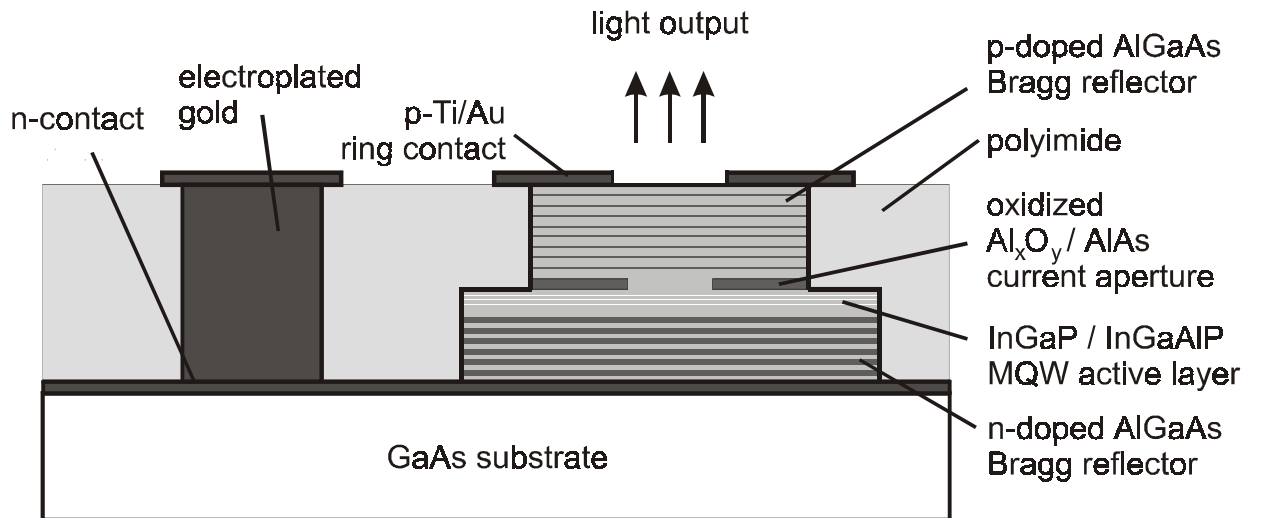


**Messplatz für  
Datenübertragung  
bis 12.5 Gbit/s**



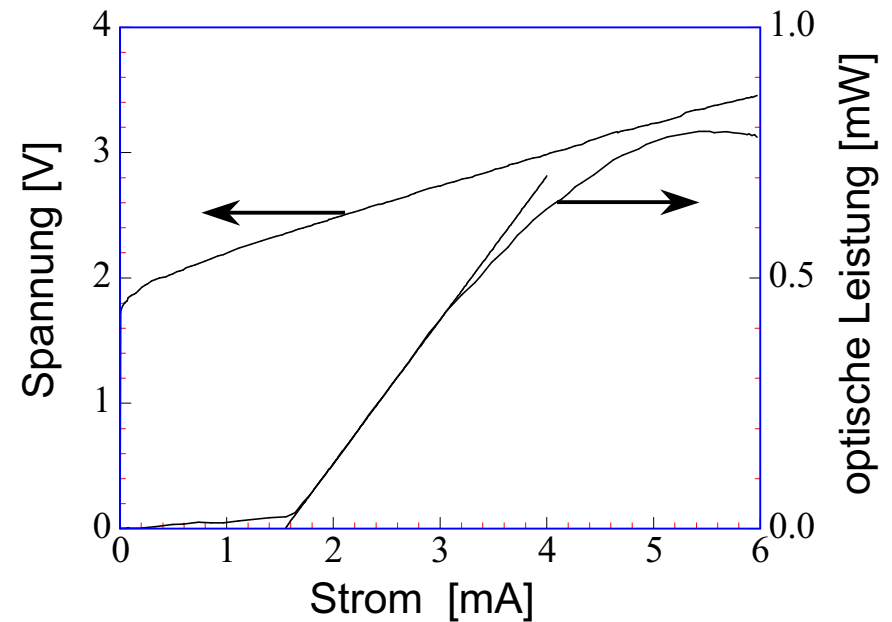
**Querschnitt durch den bei 650 nm emittierenden VCSEL (Apertur-  $\varnothing$ : 7.5  $\mu\text{m}$ )**

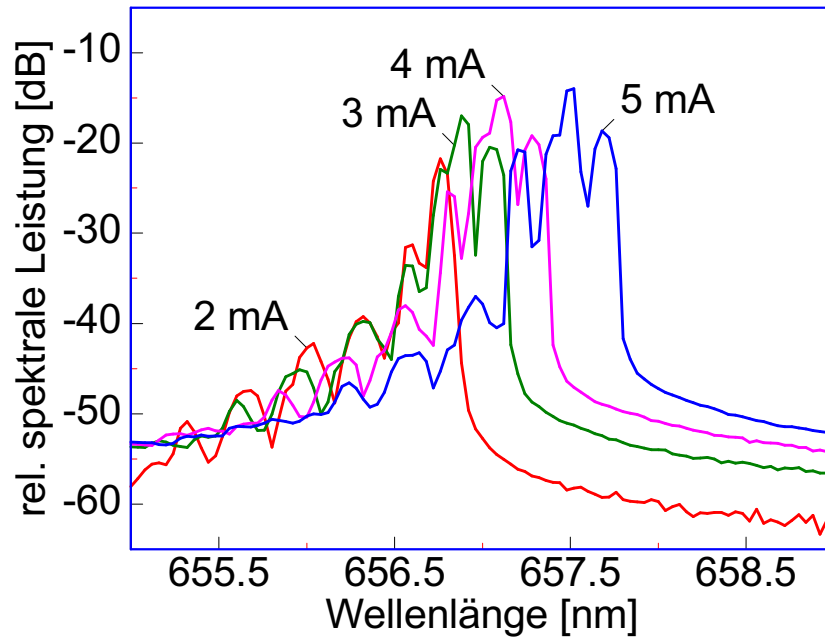
**(Epitaxie im Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin (FBH))**



**Kennliniengrößen:**

- $I_{th} = 1.55 \text{ mA}$ ,  $U_{th} = 2.36 \text{ V}$
- $R_{diff} = 261 \Omega$
- $P_{max} = 0.79 \text{ mW}$  ( $I = 5.42 \text{ mA}$ )

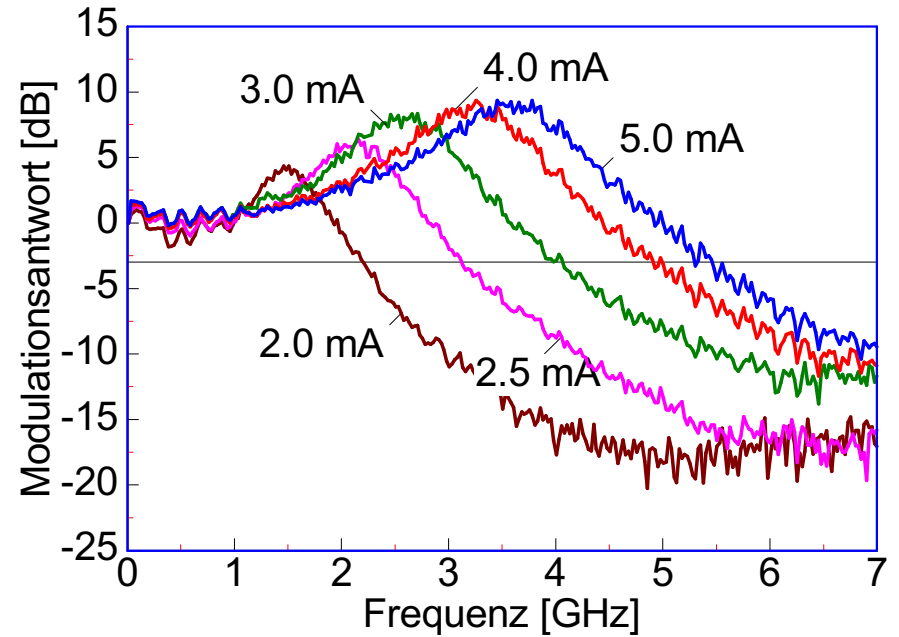




**Emissionsspektrum**

**Hauptemission:**

- $\lambda=656.7$  nm ( $I=2.0$  mA)
- $\lambda=657.9$  nm ( $I=5.5$  mA)



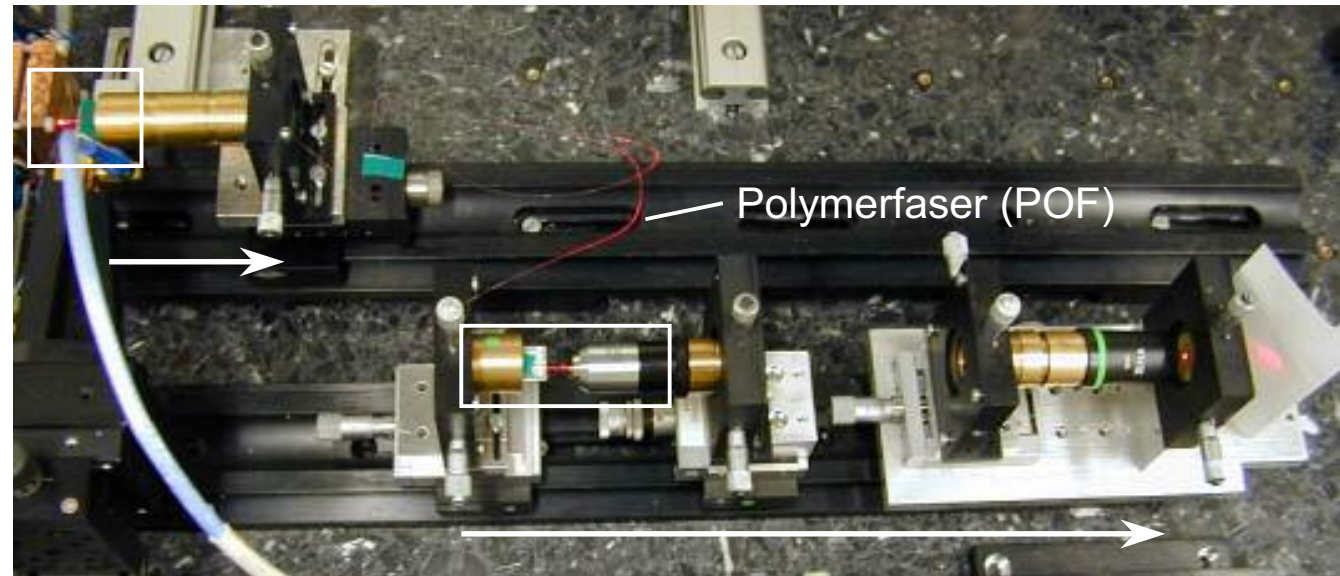
**Übertragungsfunktion**

**Modulationsbandbreite:**

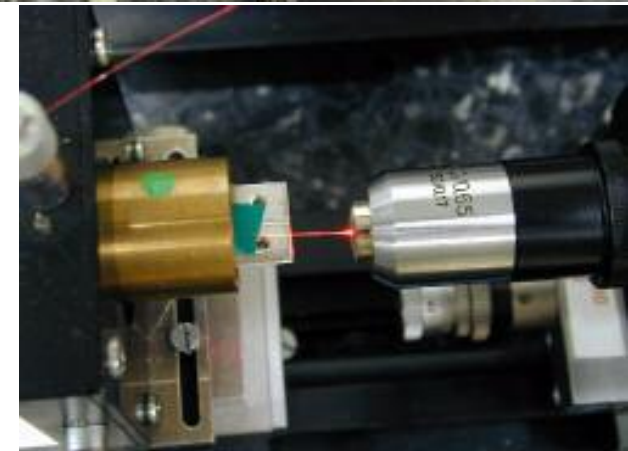
- $f_{\text{grenz,max}}=5.47$  GHz ( $I=5$  mA)

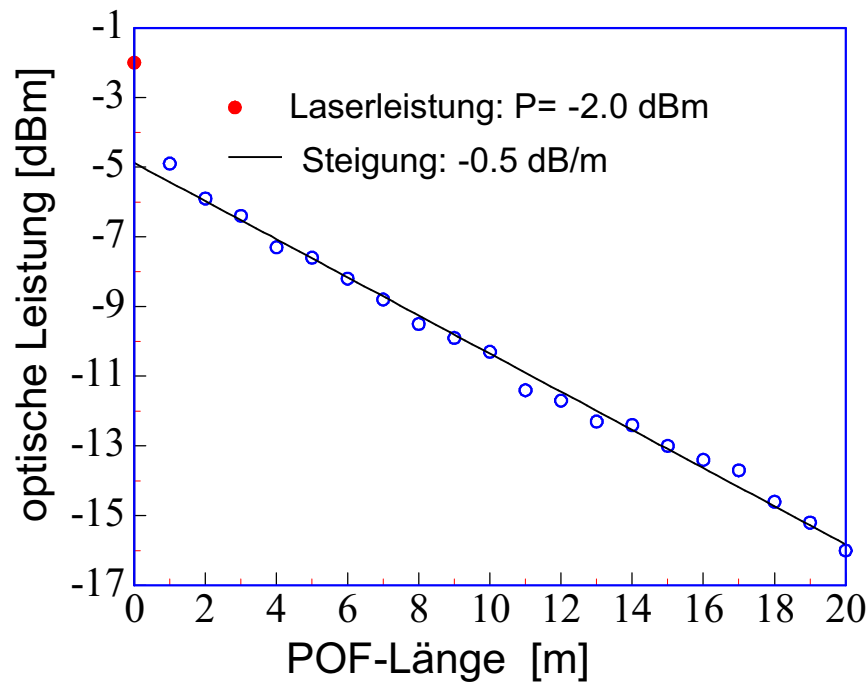


**Lichtübertragung  
mit Polymerfaser  
(PMMA-POF mit  
Kern- $\varnothing$  125  $\mu\text{m}$ ,  
NA=0.5)**



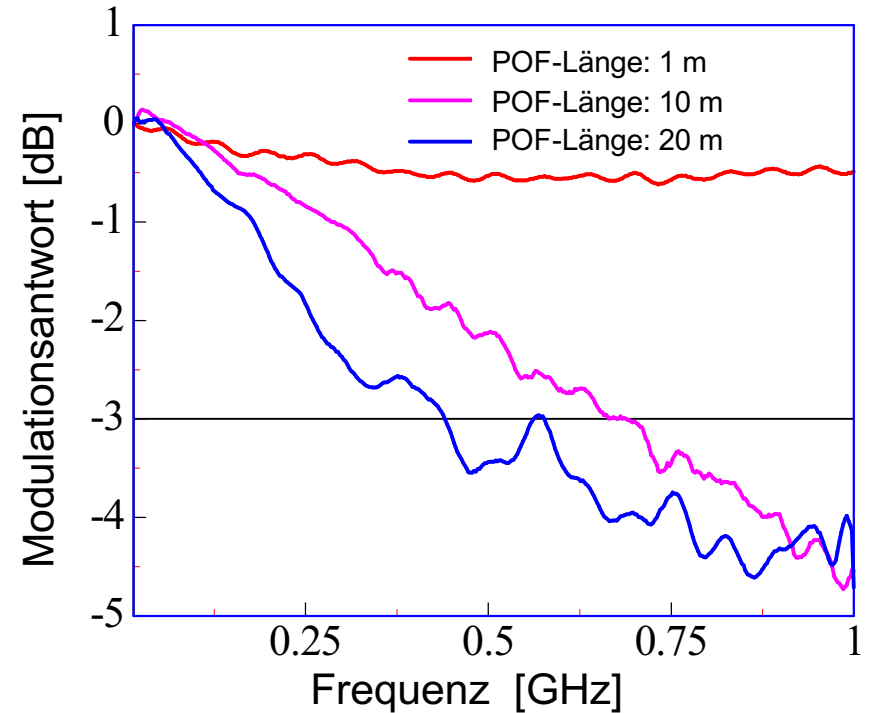
**Butt-coupling und  
optimierte Einkopplung  
in eine 40x-Linse  
(NA=0.65)**





## Dämpfung der PMMA-POF nach der Rückschneide-Methode

- Einfügedämpfung: 2.9 dB
- Dämpfung der POF: 0.5 dB/m

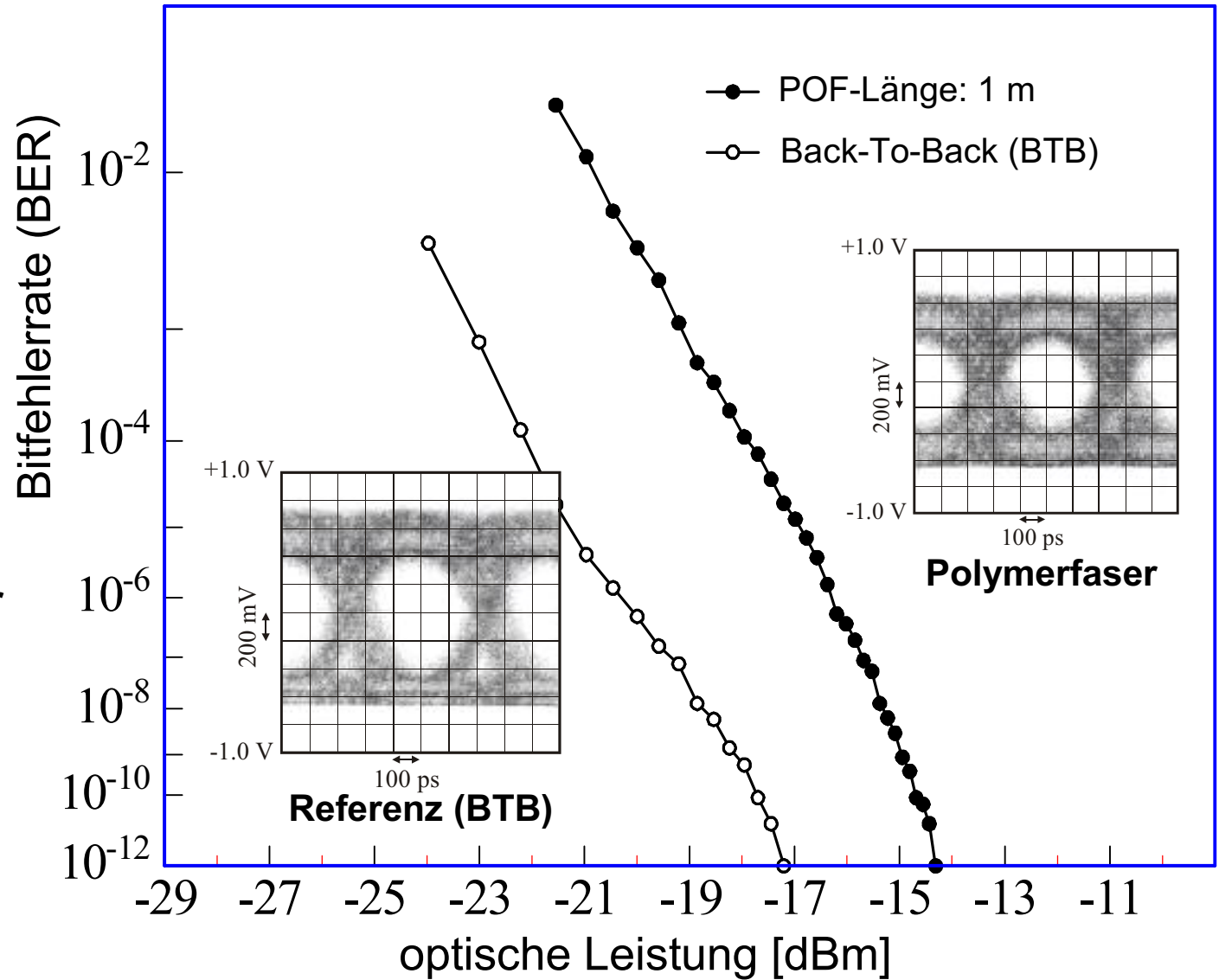


## Übertragungsfunktion der Polymer-Faser

- $f_{\text{grenz}} = 0.67 \text{ GHz}$  (Länge: 10 m)
- BLP: 6.7 GHz·m

- Daten:**
- 650 nm-VCSEL
  - 2 Gbit/s
  - 2<sup>7</sup>-1 PRBS, NRZ
  - $V_{pp} = 0.8$  V

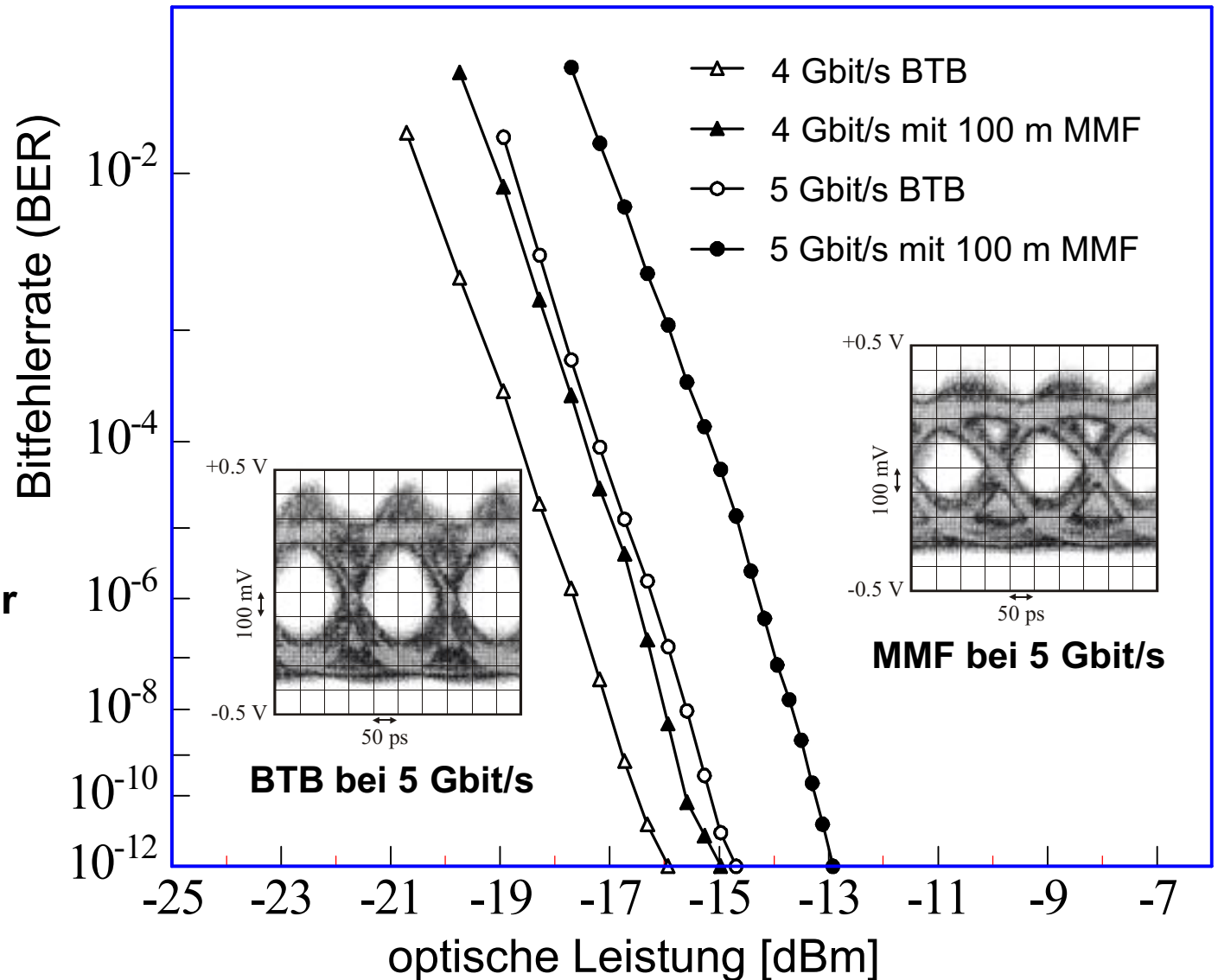
**Datenübertragung über 1 m-lange POF bei einem Power-Penalty von 2.9 dB**

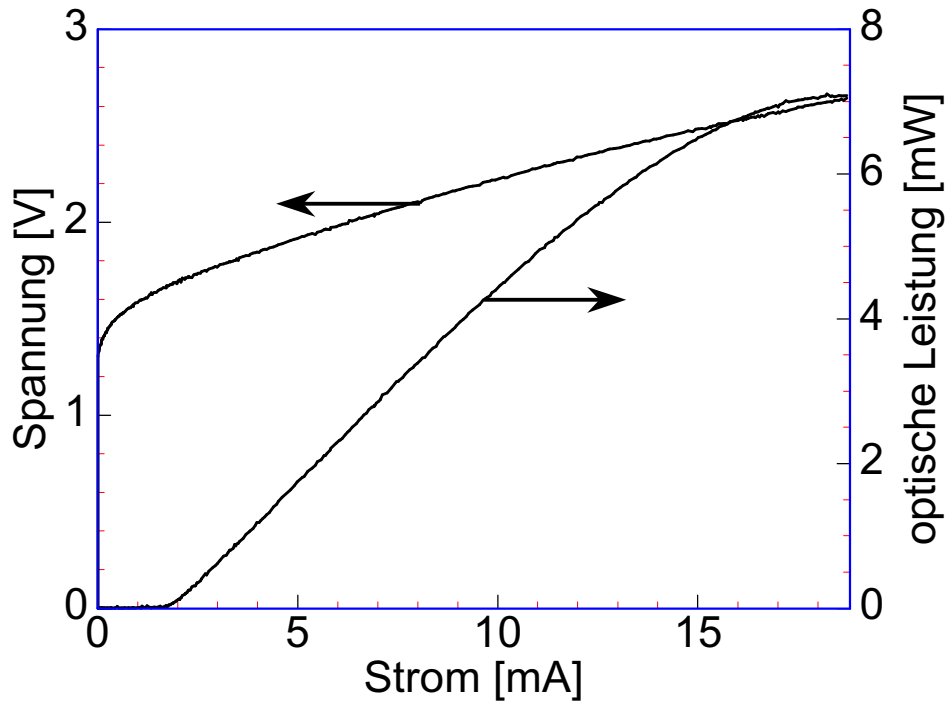


**Daten:**

- 650 nm-VCSEL
- 4 bzw. 5 Gbit/s
- $2^7-1$  PRBS, NRZ
- $V_{pp}=0.4$  V

**Datenübertragung über 100 m-lange GI-MMF (BLP: 300 MHz·km) bei einem Power-Penalty von 0.9 (4 Gbit/s) bzw. 1.8 dB (5 Gbit/s)**

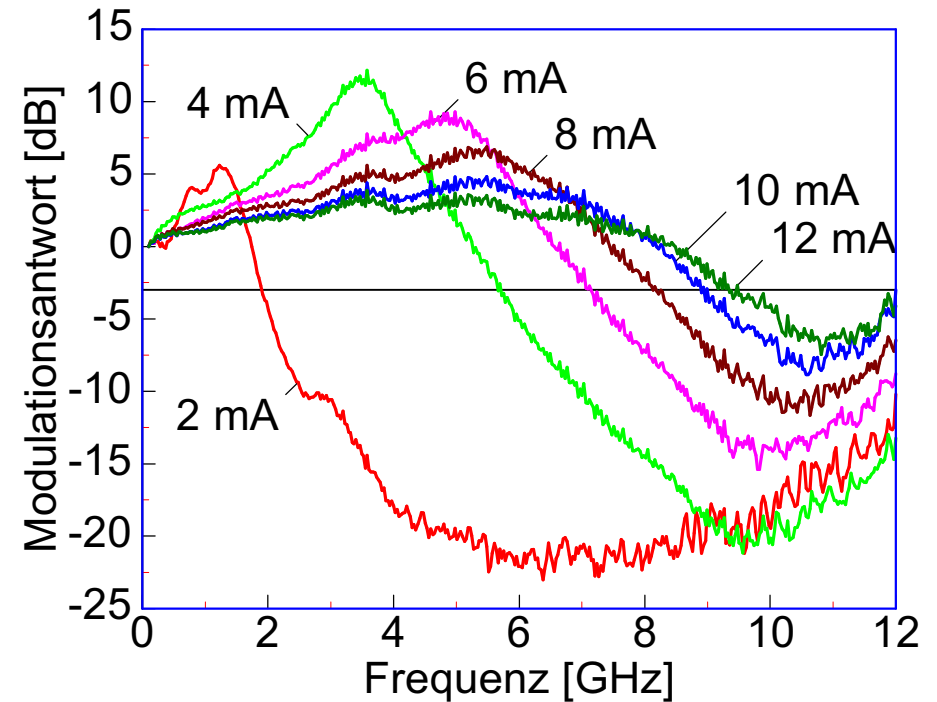




**Statisches Kennlinienfeld**

**Kennliniengrößen:**

- $I_{th} = 1.79 \text{ mA}$ ,  $U_{th} = 1.67 \text{ V}$
- $R_{diff} = 60.5 \text{ } \Omega$
- $P_{max} = 7.1 \text{ mW}$  ( $I = 18.3 \text{ mA}$ )



**KS-Modulationsantwort des multimodigen 850nm-VCSELs (Apertur-  $\varnothing$ : 12  $\mu\text{m}$ )**

**Modulationsbandbreite:**

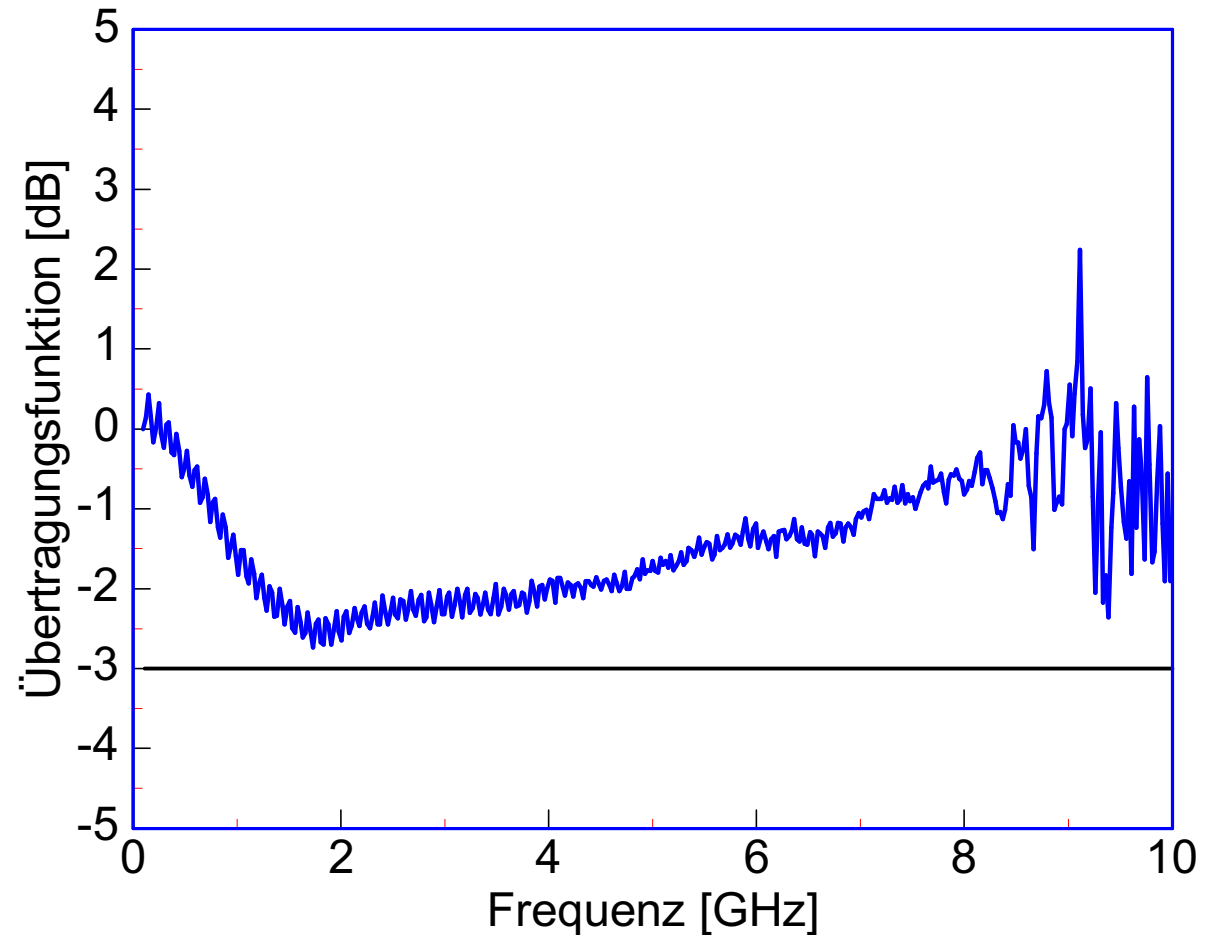
- $f_{grenz,max} = 9.4 \text{ GHz}$  ( $I = 12 \text{ mA}$ )



**Daten:**

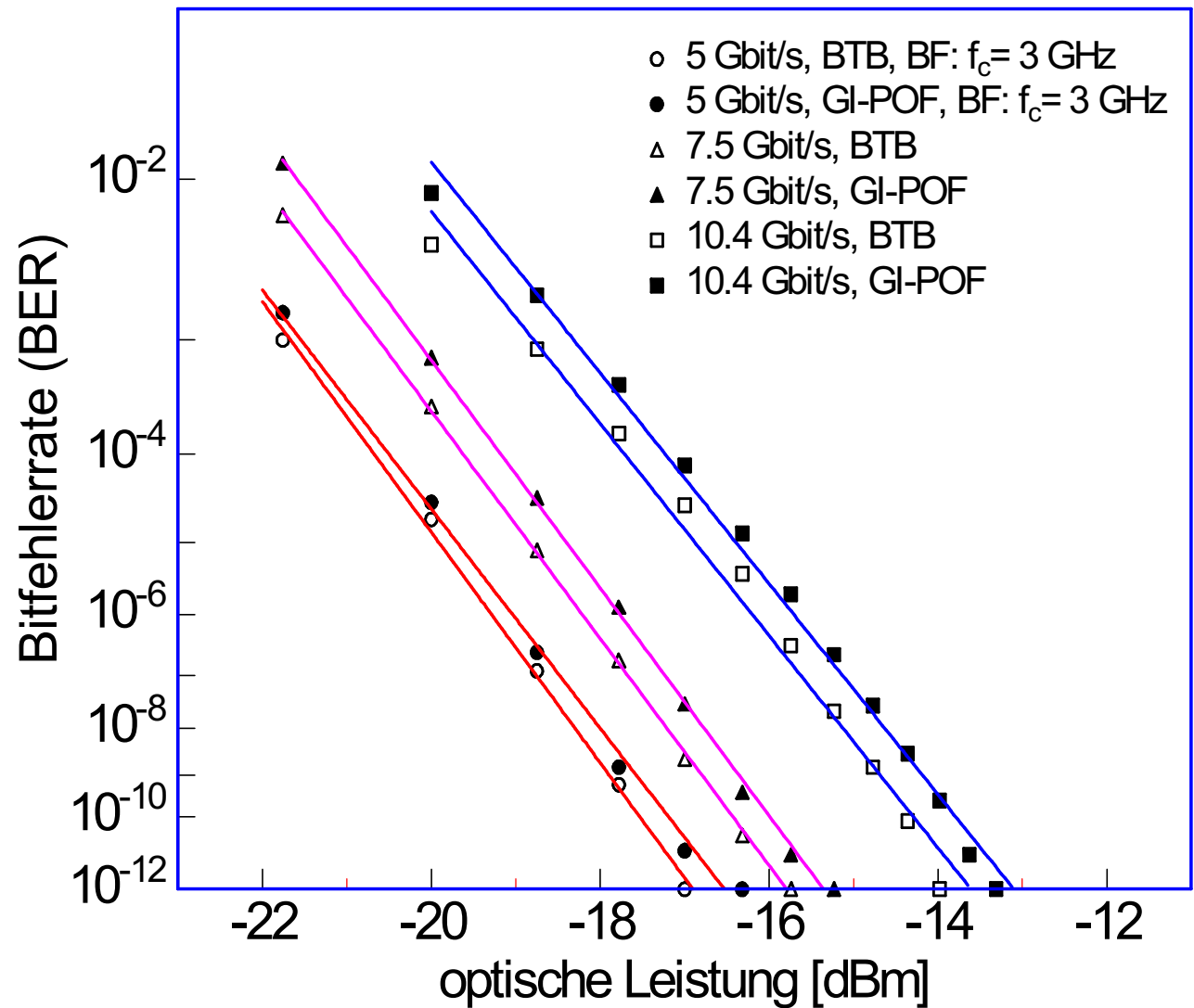
- Kern-  $\varnothing$ : 155  $\mu\text{m}$
- NA = 0.25
- I = 9 mA
- $\lambda = 850 \text{ nm}$
- Modulation: -15 dBm

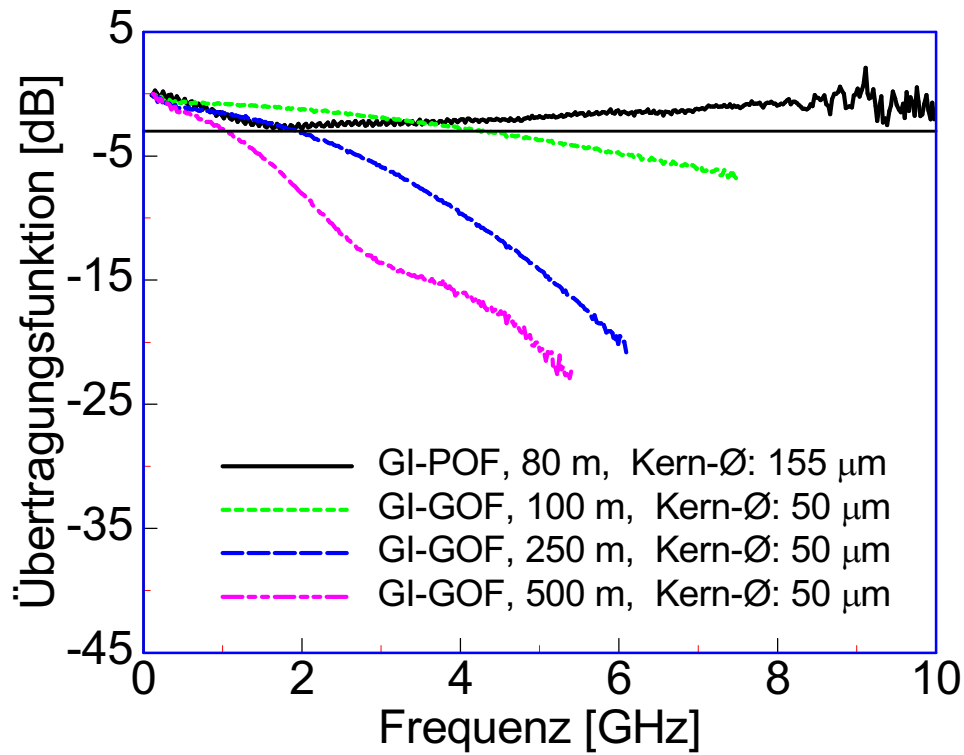
**Kleinsignalübertragung  
über 80 m-lange GI-POF**



- Daten:**
- 850 nm-VCSEL
  - $I = 9 \text{ mA}$
  - 2<sup>7</sup>-1 PRBS, NRZ
  - bis 10.4 Gbit/s
  - $V_{pp} = 0.9 \text{ V}$

**Datenübertragung über 80 m-lange GI-POF bei einem Power-Penalty von 0.5 dB bei 10.4 Gbit/s ohne Besselfilter (BF)**

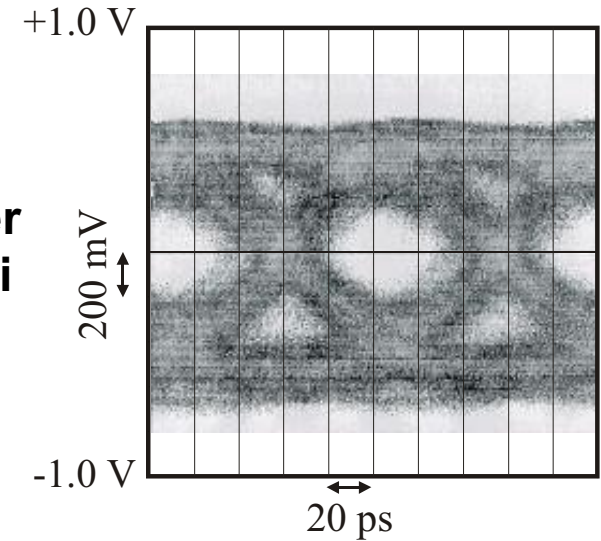




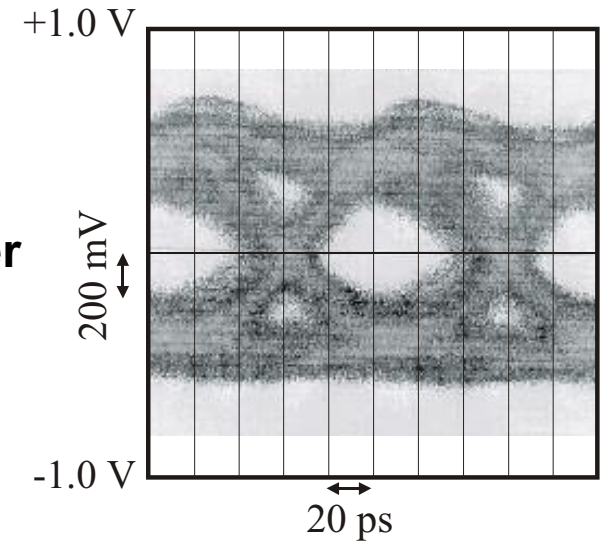
**Frequenzgang von GI-GOF  
verschiedener Länge:**

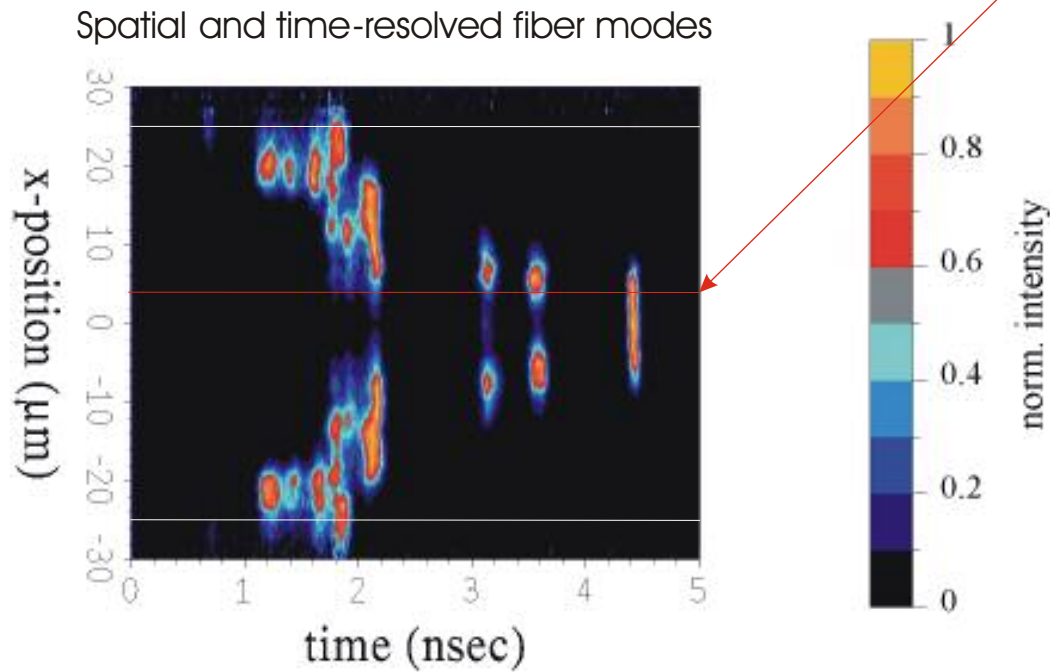
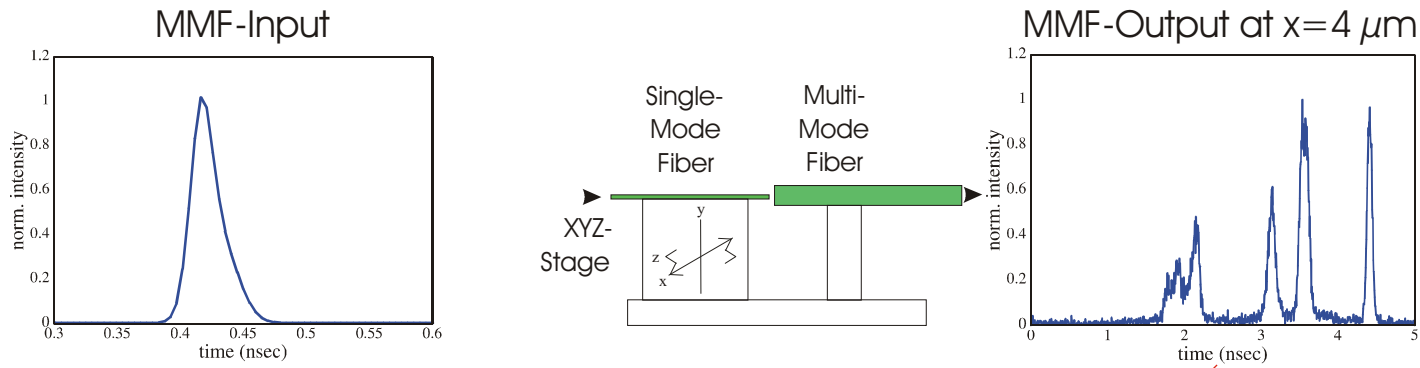
**BLP: 430 MHz·km für 100 m  
lange GI-GOF**

**Augendiagramm  
bei 10.4 Gbit/s über  
GI-GOF (100 m) bei  
BER  $\approx 10^{-8}$**



**Augendiagramm  
bei 10.4 Gbit/s über  
GI-POF (80 m) bei  
BER  $< 10^{-11}$**





## Zusammenfassung:

### Messergebnisse bei 650 nm:

- BLP: 300 MHz·km (GI-GOF) bzw. 6.7 MHz·km (PMMA-POF)
- 2 Gbit/s über POF (1 m) bei einem Power-Penalty von 2.9 dB
- 4 bzw. 5 Gbit/s über GI-MMF (100 m) bei einem Penalty von 0.9 bzw. 1.8 dB

### Messergebnisse bei 850 nm:

- BLP: 430 MHz·km (GI-GOF) bzw. Verlauf oberhalb der  $-3\text{dB}$ -Grenze (GI-POF)
- 10.4 Gbit/s quasi fehlerfrei über GI-POF bei einem Power-Penalty von 0.5 dB

## Danksagung:

Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin (Epitaxie der roten VCSEL)

