

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Beschreibung der Problemstellung . . . . .	2
1.1.1	Optische Mehrkanal-PMD-Kompensation . . . . .	5
1.1.2	PMD-Messung im Betrieb . . . . .	5
1.1.3	Elektronische PMD-Kompensation nach kohärentem Empfänger . . . . .	6
1.2	Kapitelübersicht . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>9</b>
2.1	Glasfasern . . . . .	9
2.2	Elektromagnetische Wellen auf Glasfasern . . . . .	11
2.3	Polarisation . . . . .	14
2.3.1	Jones-Vektoren . . . . .	15
2.3.2	Stokes-Vektoren . . . . .	17
2.3.3	Projektion des Polarisationszustands auf die Poincaré Kugel . . . .	18
2.3.4	Übertragungsmatrizen . . . . .	20
2.4	Ausbreitungseffekte . . . . .	23
2.4.1	Chromatische Dispersion . . . . .	24
2.4.2	Nichtlineare Effekte . . . . .	26
2.4.3	Intrinsische Doppelbrechung . . . . .	27
2.5	Modenkopplung . . . . .	32
2.5.1	Mehrwegeausbreitung durch PMD . . . . .	33
2.5.2	Polarisationshauptzustände und PMD Vektoren . . . . .	34
2.5.3	PMD Vektoren höherer Ordnung . . . . .	37
2.5.4	Infinitesimale Rotation des SOP durch einen PMD Vektor . . . .	38
2.5.5	Verkettung von PMD Vektoren . . . . .	41

2.5.6	Statistische Betrachtung der PMD	42
2.5.7	Das Waveplate - Fasermode	44
2.5.8	Autokorrelationsbandbreite der PSP	46
<b>3</b>	<b>PMD in Systemen und numerische Modelle</b>	<b>47</b>
3.1	Modellierung digitaler Signale	47
3.1.1	Optische Modulationsformate	48
3.1.2	Signalübertragung über PMD behaftete Fasern	53
3.2	Wellenlängen-Multiplex Übertragung	54
3.3	Rauschen	58
3.3.1	Bewertungskriterien	64
3.4	Numerische Simulation	69
3.4.1	Monte Carlo Simulation	70
3.4.2	Importance Sampling	71
3.4.3	Importance Sampling zur Generierung des Plättchenmodells	74
3.4.4	Verwendete Simulationsumgebung und -parameter	77
<b>4</b>	<b>Messung der PMD</b>	<b>79</b>
4.1	Messung der differentiellen Gruppenlaufzeit	81
4.1.1	Meßverfahren	82
4.2	Messung des PMD-Vektors	88
4.2.1	Messungen im Frequenzbereich	88
4.2.2	Messungen im Zeitbereich	93
4.3	Messung auf datenführenden Fasern	96
4.3.1	Messung der DGD	97
4.3.2	Messung des PMD-Vektors im Frequenzbereich	97
4.3.3	Messung des PMD-Vektors im Zeitbereich	99
4.4	Vergleich der Meßverfahren	108
<b>5</b>	<b>Kompensation der PMD</b>	<b>113</b>
5.1	Optische Kompensatoren	115
5.1.1	PMD Kompensatoren mit maximal vier Freiheitsgraden	116
5.1.2	PMD Kompensatoren mit mindestens fünf Freiheitsgraden	120
5.1.3	Mit bekanntem $\hat{\tau}$ eingestellter Kompensator	123
5.1.4	Mit gemessenem $\hat{\tau}$ gestellter Kompensator	128

5.2	Elektrische Kompensation nach kohärentem Empfang . . . . .	131
5.2.1	Kohärenter Empfänger mit Signalverarbeitung . . . . .	132
5.2.2	Breitbandiger PMD Kompensator . . . . .	136
5.2.3	PMD Kompensation durch FIR Filter . . . . .	138
5.2.4	PMD Kompensation durch digitale Signalverarbeitung . . . . .	144
5.3	Vergleich optischer und elektrischer Kompensation . . . . .	150
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>153</b>
6.1	Zusammenfassung . . . . .	153
6.2	Ausblick . . . . .	155
<b>A</b>	<b>Eigenwertgleichung der PSPs</b>	<b>159</b>
<b>B</b>	<b>Herleitung der Maxwell-Boltzmann-Verteilung</b>	<b>163</b>
<b>C</b>	<b>Berechnung der Zeitdifferenz im PolDiv-Empfänger</b>	<b>165</b>
<b>D</b>	<b>Weitere Herleitungen und Beweise</b>	<b>169</b>
D.1	Beweis der Gleichung 2.55 . . . . .	169
<b>E</b>	<b>Tabellen</b>	<b>171</b>