

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	S. XXI
1.	Grundlagen der optischen Datenübertragung	S. 1
1.1	Lichtausbreitung in optischen Fasern und Wellenleitern	S. 1
1.1.1	Wellen- und Quantennatur des Lichts	S. 1
1.1.2	Elektromagnetisches Spektrum	S. 1
1.1.3	Brechung und Totalreflexion	S. 2
1.1.4	Wellenleiter und optische Fasern	S. 3
1.1.5	Ein- und Mehrmodenwellenleiter	S. 4
1.1.6	Übersicht optischer Fasern	S. 5
1.1.7	Bezeichnungen optischer Fasern	S. 7
1.2	Digitale und analoge Datenübertragung	S. 8
1.2.1	Digitale optische Signalübertragung	S. 10
1.2.1.1	Analoge und digitale Signale	S. 10
1.2.1.2	Übertragungsqualität analoger und digitaler Signale	S. 13
1.2.1.3	Bitfehlerwahrscheinlichkeit und Fehlerkorrektur	S. 15
1.2.1.4	Rauschen in optischen Systemen	S. 17
1.2.2	Amplituden-, Frequenz- und Phasenmodulation	S. 21
1.2.3	Modulation einer Trägerfrequenz	S. 22
1.2.4	Spezifische Übertragungsverfahren der opt. Nachrichtentechnik	S. 23
1.2.5	Modulation eines Zwischenträgers	S. 25
1.3	Netzarchitekturen	S. 26
1.3.1	Aktive und passive Netze	S. 26
1.3.2	Netzstrukturen	S. 27
1.3.3	Vielfachzugriffsverfahren	S. 28
1.3.3.1	Zeitmultiplex	S. 28
1.3.3.2	Frequenzmultiplex	S. 30
1.3.3.3	Kodemultiplex	S. 31
1.3.3.4	Wellenlängenmultiplex	S. 31
1.3.3.5	Besonderheiten des optischen Multiplex	S. 31
1.3.3.6	Bidirektionale Übertragung	S. 33
2.	Optische Fasern	S. 37
2.1	Grundlagen optischer Fasern	S. 37
2.1.1	Brechungsindexprofile	S. 37
2.1.2	Numerische Apertur	S. 39
2.1.3	Strahlverlauf in optischen Fasern	S. 40
2.1.4	Moden in optischen Fasern	S. 42

2.1.4.1	Der Modenbegriff	S. 42
2.1.4.2	Modenausbreitung in realen Fasern	S. 44
2.1.5	Größen zur Beschreibung von realen Fasern und Wellenleitern	S. 45
2.1.5.1	Dämpfung	S. 46
2.1.5.2	Modenabhängige Dämpfung	S. 47
2.1.5.3	Modenkopplung	S. 49
2.1.5.4	Modenkonversion	S. 50
2.1.5.5	Modenkoppellängen	S. 52
2.1.5.6	Leckwellen	S. 55
2.1.5.7	Dispersion in optischen Fasern	S. 55
2.1.5.8	Modendispersion	S. 58
2.1.5.9	Chromatische Dispersion	S. 64
2.2	Indexprofile und Fasertypen	S. 65
2.2.1	Stufenindexprofilfaser (SI)	S. 65
2.2.2	Die Stufenindexprofilfaser mit verringerter NA (Low-NA)	S. 67
2.2.3	Die Doppelstufenindexprofilfaser (DSI)	S. 68
2.2.4	Die Vielkern-Stufenindexprofilfaser (MC)	S. 70
2.2.5	Die Doppelstufenindexprofil-Vielkernfaser (DSI-MC)	S. 73
2.2.6	Die Gradientenindexprofilfaser (GI)	S. 74
2.2.7	Die Vielstufenindexprofilfaser (MSI)	S. 75
2.2.8	Die Semi-Gradientenindexprofil-Faser (Semi-GI)	S. 76
2.2.9	Indexprofile im Überblick	S. 77
2.3	Entwicklung der Polymerfasern	S. 79
2.3.1	Rückblick	S. 79
2.3.2	Stufenindexprofil-Polymerfasern	S. 80
2.3.3	Doppelstufenindexprofil-Polymerfasern	S. 83
2.3.4	Vielkern-Polymerfasern	S. 85
2.3.5	Multistufenindexprofil- und Gradientenindexprofilfasern	S. 87
2.4	Glasfasern für die Kurzstrecken-Datenübertragung	S. 93
2.4.1	200 μm Glasfasern mit Kunststoffbeschichtung	S. 93
2.4.2	Semi-Gradientenindexglasfasern	S. 97
2.4.3	Glasfaserbündel	S. 98
2.4.3.1	Quarzglasfaserbündel	S. 98
2.4.3.2	Glasfaserbündel	S. 100
2.5	Bandbreite optischer Fasern	S. 103
2.5.1	Definition der Bandbreite	S. 103
2.5.2	Experimentelle Bestimmung der Bandbreite	S. 104
2.5.3	Experimentelle Bandbreitemessungen	S. 107
2.5.3.1	Bandbreite von SI-POF	S. 107
2.5.3.2	Bandbreitemessungen an SI-POF	S. 112
2.5.3.3	Bandbreitemessungen an MC- und MSI-POF	S. 117
2.5.3.4	Bandbreitemessungen an GI-POF	S. 120
2.5.3.5	Bandbreitemessungen an MC-GOF und PCS	S. 122
2.5.3.6	Vergleich von Bandbreitemessungen und Berechnungen	S. 130
2.5.4	Chromatische Dispersion in Polymerfasern	S. 133
2.5.5	Methoden zur Bandbreitevergrößerung	S. 135

2.5.6	Bitraten und Penalty	S. 141
2.6	Biegeeigenschaften von POF	S. 143
2.6.1	Biegeverluste in SI-POF	S. 144
2.6.2	Biegeverluste in GI-Fasern	S. 147
2.6.3	Bandbreiteänderungen durch Biegungen	S. 147
2.6.4	Biegungen an PCS, Vielkernfasern und dünnen POF	S. 149
2.7	Werkstoffe für Polymerfasern	S. 155
2.7.1	PMMA	S. 155
2.7.2	POF für höhere Temperaturen	S. 157
2.7.2.1	Quervernetztes PMMA	S. 158
2.7.2.2	Polycarbonat-POF	S. 160
2.7.2.3	POF aus Elastomeren	S. 162
2.7.2.4	Zyklische Polyolefine	S. 164
2.7.2.5	Vergleich von Hochtemperatur-POF	S. 164
2.7.3	Polystyrol-Polymerfasern	S. 166
2.7.4	Deuterierte Polymere	S. 168
2.7.5	Fluorierte Polymere	S. 173
2.7.6	Übersicht über Polymere für POF-Ummantelung	S. 177
2.8	Faser- und Kabelherstellung	S. 180
2.8.1	Verfahren zur POF-Herstellung	S. 180
2.8.2	Herstellung von Gradientenindexprofilen	S. 184
2.8.2.1	Oberflächen-Gel-Polymerisationstechnik	S. 184
2.8.2.2	Erzeugung des Indexprofils durch Zentrifugieren	S. 185
2.8.2.3	Kombinierte Diffusion und Rotation	S. 186
2.8.2.4	Photochemische Erzeugung des Indexprofils	S. 187
2.8.2.5	Extrusion vieler Schichten	S. 187
2.8.2.6	Herstellung von semi-GI-PCS	S. 188
2.8.2.7	Polymerisation in einer Zentrifuge	S. 189
2.8.2.8	Kontinuierliche Produktion bei Chromis Fiberoptics	S. 190
2.8.2.9	GI-POF mit zusätzlichem Mantel	S. 191
2.8.3	Kabelherstellung	S. 194
2.8.3.1	Kabelkonstruktion mit SI-POF-Elementen	S. 196
2.8.3.2	Nicht verseilte SI-POF-Kabel	S. 197
2.8.3.3	Verseilte SI-POF-Kabel	S. 202
2.8.3.4	Grundlagen der Verseilung	S. 204
2.8.3.5	Mikrowellmantel-Kabel	S. 210
2.9	Mikrostrukturierte Fasern	S. 215
2.9.1	Arten der Wellenführung	S. 216
2.9.1.1	Effektiver Brechungsindex	S. 216
2.9.1.2	Photonische Bandlücke	S. 217
2.9.1.3	Bragg-Fasern	S. 219
2.9.1.4	Hole-assisted Fibres	S. 219
2.9.2	Herstellungsmethoden	S. 220
2.9.2.1	Mikrostrukturierte Glasfasern	S. 221
2.9.2.2	Mikrostrukturierte Polymerfasern (mPOF)	S. 221
2.9.2.3	Endflächenpräparation	S. 223

2.9.3	Anwendungen mikrostrukturierter Fasern	S. 225
2.9.3.1	Dispersionskompensation	S. 225
2.9.3.2	Endlessly single-mode	S. 225
2.9.3.3	Doppelbrechung	S. 226
2.9.3.4	Hoch nichtlineare Fasern	S. 227
2.9.3.5	Kontrolle der effektiven Fläche	S. 227
2.9.3.6	Filter	S. 228
2.9.3.7	Sensorik, einstellbare Elemente	S. 228
2.9.3.8	Doppelkern- und Vielkernfasern	S. 229
2.9.3.9	Bildleiter	S. 229
2.9.3.10	Vielmoden-Gradientenindexfaser	S. 230
3.	Passive Komponenten für optische Fasern	S. 233
3.1	Verbindungstechnik für optische Fasern	S. 233
3.1.1	Steckverbindungen für Polymerfasern	S. 234
3.1.2	Oberflächenpräparation von POF-Steckern	S. 235
3.1.2.1	POF-Präparation durch Schleifen und Polieren	S. 237
3.1.2.2	Oberflächenpräparation durch Hot-Plate	S. 238
3.1.2.3	Das POF-Press-Cut-Verfahren	S. 238
3.1.2.4	POF-Präparation durch Fräsen	S. 240
3.1.3	Übersicht der Steckersysteme	S. 241
3.1.3.1	Das V-pin-Steckersystem	S. 241
3.1.3.2	FSMA-Stecker	S. 244
3.1.3.3	Das DNP-System	S. 234
3.1.3.4	F05 und F07	S. 246
3.1.3.5	ST und SC-Stecker	S. 247
3.1.3.6	Stecker für zukünftige Hausnetze	S. 249
3.1.3.7	Stecker für Fahrzeugnetze	S. 250
3.1.3.8	Sonstige Stecker	S. 252
3.1.4	Bearbeitungswerkzeuge für POF-Stecker	S. 253
3.1.5	Stecker für Glasfasern	S. 257
3.2	Berechnungsgrundlagen für Steckerverluste	S. 259
3.2.1	Berechnung der Steckerverluste mit Modengleichverteilung	S. 259
3.2.2	Differenzen im Kerndurchmesser	S. 259
3.2.3	Differenzen der numerischen Apertur	S. 260
3.2.4	Seitlicher Versatz der Fasern	S. 261
3.2.5	Verluste durch raue Oberflächen	S. 262
3.2.6	Verluste durch Winkel zwischen den Faserachsen	S. 263
3.2.7	Verluste durch Fresnelreflexion	S. 264
3.2.8	Verluste durch axialen Abstand der Fasern	S. 265
3.2.9	Verluste durch mehrere Ursachen	S. 268
3.3	POF-Koppler	S. 269
3.3.1	Koppler-Prinzipien	S. 269
3.3.2	Kommerzielle Koppler	S. 271
3.3.2.1	Anschliffkoppler von DieMount	S. 273
3.3.2.2	Abgeformte Koppler des IMM	S. 274

3.3.2.3	Wellenleiterkoppler der Universität Sendai	S. 275
3.4	Filter und Abschwächer für POF	S. 276
3.4.1	Filter	S. 276
3.4.2	Abschwächer	S. 277
3.5	Modemischer und -konverter	S. 282
3.6	Optische Schleifringe und Drehübertrager	S. 285
3.6.1	Drehübertrager	S. 285
3.6.2	Das Mikrodreh-Projekt	S. 286
3.6.3	POF-Schleifringe	S. 288
3.6.4	Prismenkoppler-Schleifring	S. 290
3.6.5	Der Spiegelgraben-Schleifring	S. 292
4.	Aktive Komponenten für optische Systeme	S. 295
4.1	Sender und Empfänger	S. 295
4.1.1	Prinzip der Lichterzeugung in Halbleitern	S. 296
4.1.2	Strukturierung von Halbleiterbauelementen	S. 300
4.1.3	Strukturen von Halbleitersendern	S. 302
4.1.3.1	Lumineszenzdiode	S. 302
4.1.3.2	Laser- und Superlumineszenzdiode	S. 302
4.1.3.3	Oberflächenemittierende Laser	S. 304
4.1.3.4	Resonant Cavity LED	S. 305
4.1.3.5	Non Resonant Cavity LED	S. 306
4.2	Sendedioden für die Datenkommunikation	S. 307
4.2.1	Rote LED und SLED	S. 307
4.2.2	Rote Laserdioden	S. 309
4.2.3	Blaue und grüne LED	S. 314
4.2.4	Grüne Laserdioden	S. 320
4.2.5	Vertikallaserdioden und RC-LED	S. 321
4.2.5.1	Rote RC-LED	S. 321
4.2.5.2	Rote VCSEL	S. 327
4.2.5.3	VCSEL im IR-Bereich	S. 333
4.2.6	Non Resonant Cavity LED	S. 334
4.2.7	Pyramiden-LED	S. 336
4.3	Wellenlängen für POF-Quellen	S. 337
4.4	Empfänger	S. 338
4.4.1	Wirkungsgrad und Empfindlichkeit	S. 339
4.4.2	Photodiodenstrukturen	S. 340
4.4.3	Sperrschichtkapazität und Bandbreite	S. 343
4.4.4	Empfängerübersicht	S. 343
4.4.5	Kommerzielle Produkte	S. 344
4.4.6	Verbesserung der Empfindlichkeit	S. 346
4.5	Transceiver	S. 347
4.5.1	Komponenten bis 2000	S. 347
4.5.2	Fast Ethernet-Transceiver	S. 350
4.5.2.1	POF-Lösungen von DieMount Wernigerode	S. 350
4.5.2.2	Optische Klemmen von Ratioplast	S. 352

4.5.2.3	Transceiverfamilie von Avago	S. 352
4.5.2.4	Hausinstallation von RDM	S. 353
4.5.2.5	POF-Transceiver von Infineon/Siemens	S. 353
4.5.3	Andere Systeme	S. 354
4.5.3.1	Comoss	S. 354
4.5.3.2	IEEE1394, MOST und Fast Ethernet von Firecomms	S. 355
4.5.3.3	Japanische Hersteller	S. 356
4.5.3.4	Fast Ethernet, Ethernet und Video bei Lucent	S. 356
4.5.3.5	DSL-Modem mit POF	S. 357
5.	Planare Wellenleiter	S. 359
5.1	Materialien für Wellenleiterstrukturen	S. 360
5.2	Herstellung polymerer Wellenleiter	S. 361
5.3	Einmoden-Wellenleiter	S. 364
5.4	Mehrmoden-Wellenleiter	S. 368
5.5	Funktionelle Bauelemente als Wellenleiter	S. 371
5.5.1	Thermooptische Schalter	S. 371
5.5.2	Modulatoren	S. 373
5.5.3	Kopplerbauelemente	S. 373
5.5.4	Wellenleitergitter	S. 374
5.6	Wellenleiter als Interconnection-Lösungen	S. 375
5.6.1	Optische Rückwandssysteme von DaimlerChrysler	S. 375
5.6.2	Systeme der Universität Ulm	S. 378
5.6.3	Elektro-optische leiterplatte der Universität Siegen	S. 379
5.6.4	IBM-Forschungszentrum Zürich/ETH Zürich	S. 380
5.6.5	Ergebnisse des Projektes NeGIT	S. 382
6.	Systemdesign	S. 387
6.1	Leistungsbilanzberechnungen	S. 387
6.1.1	Änderung der Sendeleistung	S. 387
6.1.2	Empfindlichkeit des Empfängers	S. 388
6.1.3	Dämpfung der Faserstrecke	S. 391
6.1.3.1	Koppelverluste vom Sender in die POF	S. 391
6.1.3.2	Verluste auf der Faserstrecke	S. 393
6.1.3.3	Verluste an Steckverbindungen	S. 394
6.1.3.4	Verluste an passiven Bauelementen	S. 395
6.1.3.5	Verluste bei der Kopplung der POF an den Empfänger	S. 397
6.1.4	Die Leistungsbilanz der ATM-Forum-Spezifikation	S. 398
6.1.4.1	Die ATM-Forum-Verlustanalyse	S. 398
6.1.4.2	Änderung der Sendeleistung	S. 398
6.1.4.3	Dämpfung der Polymerfaserstrecke	S. 400
6.1.4.4	Verluste an Steckverbindungen	S. 407
6.1.4.5	Zusatzverluste durch äußere Einflüsse	S. 408
6.1.5	Wahl der Wellenlänge für POF-Systeme	S. 410
6.1.5.1	LED als Sender für POF-Systeme	S. 411
6.1.5.2	Wahl des Quellen-Typs	S. 418

6.1.5.3	Typische Verluste für LED-Quellen	S. 419
6.1.5.4	Laser für POF-Systeme	S. 421
6.1.5.5	VCSEL und RC-LED für POF-Systeme	S. 422
6.1.6	Definition neuer LED-Parameter	S. 423
6.2	Beispiele für Leistungsbilanzen	S. 427
6.2.1	ATM-Forum-Spezifikation	S. 427
6.2.2	IEEE1394b	S. 428
6.2.3	D2B und MOST	S. 429
6.2.4	ISDN über POF	S. 431
6.2.5	Leistungsbilanz für bidirektionale Übertragung	S. 431
6.2.5.1	Asymmetrische Koppler	S. 432
6.2.5.2	Symmetrischer Koppler	S. 432
6.3	Übersicht der POF-Systeme	S. 434
6.3.1	Stufenindexprofil-POF-Systeme bei 650 nm	S. 435
6.3.1.1	Erste SI-POF-Systeme	S. 435
6.3.1.2	SI-POF-Systeme mit 500 Mbit/s	S. 440
6.3.1.3	SI-POF-Systeme mit über 500 Mbit/s	S. 444
6.3.1.4	SI-POF-Systeme am POF-AC Nürnberg	S. 451
6.3.2	Systeme mit PMMA-SI-POF bei Wellenlängen unter 600 nm	S. 458
6.3.2.1	Systeme mit $A_{III}B_V$ -Halbleiter-LED	S. 458
6.3.2.2	Systeme mit GaN-LED	S. 459
6.3.2.3	Kommerzielle Entwicklungen	S. 466
6.3.2.4	Systeme des POF-AC	S. 469
6.3.3	Systeme mit SI-POF bei Wellenlängen im nahen Infrarot	S. 472
6.3.3.1	PMMA-Faser-Systeme im Infrarot	S. 472
6.3.3.2	PC-Faser-Systeme im Infrarot	S. 475
6.3.3.3	Systemexperimente am POF-AC	S. 475
6.3.4	Systeme mit PMMA-GI-POF, MSI-POF und MC-POF	S. 479
6.3.4.1	PMMA-GI-POF Systemexperimente vor 2000	S. 480
6.3.4.2	Neuere PMMA-GI-POF-Systeme	S. 486
6.3.4.3	Systemexperimente Telekom und POF-AC	S. 487
6.3.5	Systeme mit fluorierten POF	S. 491
6.3.5.1	Erste Systeme mit PF-GI-POF	S. 492
6.3.5.2	Experimente der TU Eindhoven	S. 495
6.3.5.3	Datenraten über 5 Gbit/s mit GI-POF	S. 500
6.3.6	POF-Multiplex	S. 507
6.3.6.1	Wellenlängenmultiplexsysteme mit PMMA-POF	S. 508
6.3.6.2	Wellenlängenmultiplexsysteme mit PF-GI-POF	S. 514
6.3.6.3	Bi-direktionale Systeme mit POF	S. 519
6.3.7	spezielle Systeme, z.B. mit analogen Signalen	S. 528
6.3.7.1	Videoübertragung mit POF	S. 528
6.3.7.2	Übertragung analog modulierter digitaler Signale	S. 533
6.3.7.3	Radio over Fiber	S. 540
6.3.7.4	Modenmultiplex	S. 541
6.3.7.5	Bändchenfasersysteme	S. 544
6.4	Weitere optische Übertragungssysteme	S. 546

6.4.1	Datenübertragung auf Hochtemperatur-POF	S. 546
6.4.2	Multiparallele POF-Verbindungen	S. 548
6.4.3	Systeme mit 200 μm PCS und semi-GI-PCS	S. 550
6.4.4	Systeme mit Glasfaserbündeln	S. 555
6.5	Übersicht und Vergleich der Multiplexverfahren	S. 557
7.	Standards	S. 561
7.1	Standards für Polymer- und Glasfasern	S. 562
7.1.1	Polymerfasern	S. 562
7.1.2	Kunststoffummantelte Glasfasern	S. 564
7.1.3	Fasern allgemein	S. 565
7.2	Anwendungs-Standards	S. 566
7.2.1	ATM-Forum (Asynchronous Transfer Mode)	S. 566
7.2.2	IEEE 1394b	S. 569
7.2.3	SERCOS (SErial Realtime COmmunication System)	S. 572
7.2.4	Profibus	S. 573
7.2.5	INTERBUS	S. 574
7.2.6	Industrial Ethernet over POF	S. 575
7.2.7	D2B (Domestic Digital Bus)	S. 578
7.2.8	MOST (Media Oriented System Transport)	S. 580
7.2.9	IDB-1394	S. 582
7.2.10	EN 50173	S. 583
7.3	Standards für Meßverfahren	S. 587
7.3.1	Die VDE/VDI-Richtlinie 5570	S. 588
8.	Anwendungen optischer Polymer- und Glasfasern	S. 593
8.1	Datenübertragung mit POF	S. 593
8.1.1	Optische Datennetze im Automobilbereich	S. 595
8.1.1.1	D2B	S. 598
8.1.1.2	MOST	S. 599
8.1.1.3	Byteflight	S. 603
8.1.1.4	IDB1394	S. 604
8.1.1.5	MOST mit PCS	S. 605
8.1.1.6	Ausblick der Automobilnetze	S. 609
8.1.1.7	Mikrowellmantel-POF im Auto	S. 611
8.1.1.8	Optische Kameralinks für LKW	S. 611
8.1.2	Datennetze in Wohnungen und Gebäuden	S. 614
8.1.2.1	Einsatz von POF in LAN-Anwendungen	S. 615
8.1.2.2	Einsatz von POF in privaten Netzen	S. 616
8.1.2.3	POF und die Breitbandnetzentwicklung	S. 623
8.1.2.4	POF und Funk	S. 626
8.1.2.5	POF-Topologien	S. 629
8.1.3	Interconnectionssysteme mit POF	S. 631
8.1.3.1	Parallele Datenübertragung mit Glasfasern	S. 631
8.1.3.2	Parallele Datenübertragung mit POF	S. 631
8.2	POF in der Beleuchtungstechnik	S. 634

8.2.1	POF zur Lichtführung	S. 634
8.2.1.1	POF zur Litfaßsäulenbeleuchtung	S. 636
8.2.1.2	POF-Sternhimmel	S. 637
8.2.2	Seitenlichtfasern	S. 639
8.3	POF in der Sensorik	S. 643
8.3.1	Ferngespeiste Sensoren	S. 644
8.3.2	Transmissions- und Reflexions-Sensoren	S. 645
8.3.2.1	POF als Abstandssensor	S. 645
8.3.2.2	POF-Konzentrationssensoren	S. 647
8.3.2.3	Deformations- und Drucksensor	S. 647
8.3.3	Sensoren mit Fasern als empfindliche Elemente	S. 649
8.3.3.1	Die POF-Waage	S. 649
8.3.3.2	POF-Dehnungssensor	S. 650
8.3.4	Sensoren mit oberflächenveränderten Fasern	S. 652
8.3.4.1	Biegesensor mit geritzten Fasern	S. 652
8.3.4.2	POF-Evaneszenzfeld-Sensoren	S. 654
8.3.4.3	Füllstandssensoren	S. 656
8.3.4.4	POF-Bragg-Gittersensoren	S. 657
8.3.5	Sensoren für chemische Stoffe	S. 658
8.3.5.1	Luftfeuchtigkeit	S. 659
8.3.5.2	Biosensoren	S. 660
8.3.5.3	Flüssigkeiten	S. 661
8.3.5.4	Korrosion	S. 662
8.3.6	Glasfasersensoren	
9.	Optische Meß- und Prüftechnik	S. 665
9.1	Übersicht	S. 665
9.2	Leistungsmessung	S. 666
9.3	Abhängigkeit von den Anregungsbedingungen	S. 670
9.4	Messung der optischen Kenngrößen	S. 674
9.4.1	Nahfeld	S. 675
9.4.2	Fernfeld	S. 679
9.4.3	inverses Fernfeld	S. 684
9.4.4	Indexprofil	S. 687
9.4.5	Optische Dämpfung	S. 688
9.4.5.1	Einfüge- und Substitutionsverfahren	S. 688
9.4.5.2	Rückschneide-Verfahren	S. 690
9.4.5.3	Dämpfungsmessung bei diskreter Wellenlänge	S. 690
9.4.5.4	Dämpfungsmessung über einen größeren Spektralbereich	S. 692
9.4.5.5	Beispiele für Meßergebnisse	S. 698
9.4.6	Optisches Rückstreumeßverfahren	S. 704
9.4.6.1	Prinzip des optischen ODTR	S. 704
9.4.6.2	Verbesserung der Auflösung durch Rückfaltung	S. 708
9.4.6.3	Kommerzielle POF-OTDR	S. 709
9.4.6.4	Experimentelle POF-OTDR	S. 711
9.4.6.5	Messung der Steckerdämpfung	S. 713

9.4.6.6	Bandbreitemessungen mit OTDR	S. 714
9.4.7	Dispersion	S. 716
9.4.7.1	Messung im Zeitbereich	S. 716
9.4.7.2	Messung im Frequenzbereich	S. 718
9.5	Messungen an Steckverbindungen	S. 719
9.6	Zuverlässigkeit von POF	S. 722
9.6.1	Einflüsse der Umwelt auf Polymerfasern	S. 722
9.6.2	Auswirkung von Umwelteinflüssen auf das Transmissionsverhalten	S. 724
9.6.2.1	Dämpfungsmechanismen bei Polymerfasern	S. 724
9.6.2.2	Nachweis durch Transmissionsmessung	S. 725
9.6.2.3	Nachweis durch Rückstreuung	S. 727
9.7	Untersuchung der Zuverlässigkeit bei Umwelteinflüssen	S. 729
9.7.1	Mechanische Beanspruchungen	S. 729
9.7.1.1	Wechselbiegeprüfung	S. 729
9.7.1.2	Rollenwechselbiegung	S. 733
9.7.1.3	Torsion	S. 735
9.7.1.4	Zugfestigkeit	S. 738
9.7.1.5	Schlagfestigkeit	S. 741
9.7.1.6	Querdruckfestigkeit	S. 745
9.7.1.7	Vibration	S. 746
9.7.2	Klimawechselbeanspruchung	S. 747
9.7.3	Alterung durch hohe Temperatur- und Feuchtebeanspruchung	S. 749
9.7.4	Chemikalienbeständigkeit	S. 756
9.7.5	Beanspruchung durch UV- und energiereiche Strahlung	S. 759
9.8	Prüfnormen und -spezifikationen	S. 760
10.	Simulation optischer Wellenleiter	S. 763
10.1	Modellierung optischer Polymerfasern	S. 763
10.1.1	Fasertypen	S. 765
10.1.2	Modellierungsansätze	S. 766
10.1.2.1	Wellentheoretische Ansätze	S. 766
10.1.2.2	Ray-Tracing-Verfahren	S. 767
10.1.3	Wellentheoretische Beschreibung	S. 768
10.1.3.1	WKB-Methode	S. 768
10.1.3.2	Stufenindexprofilfaser	S. 769
10.1.3.3	Gradientenindexfasern mit Exponentialprofil	S. 770
10.1.3.4	Multi-Stufenindexfasern	S. 771
10.1.3.5	Bestimmung der Modenverteilung	S. 772
10.1.3.6	Berechnung der Übertragungsfunktion und des Ausgangssignals	S. 772
10.1.4	Ray-Tracing	S. 773
10.1.4.1	Stufenindexfasern	S. 774
10.1.4.2	Gradientenindexfasern	S. 774
10.1.4.3	Multi-Stufenindexfasern	S. 775
10.1.4.4	Biegungen	S. 776
10.1.5	Modenabhängige Dämpfung	S. 776
10.1.5.1	Wegabhängiger Zusatzdämpfungsbelag höherer Moden	S. 777

10.1.5.2	Zusatzverluste höherer Moden durch verlustbehaftete Reflexionen	S. 778
10.1.5.3	Goos-Hänchen-Effekt	S. 779
10.1.6	Modenmischung	S. 780
10.1.6.1	Coupled-Mode-Theory	S. 781
10.1.6.2	Diffusionsmodell	S. 783
10.1.6.3	Anwendung mit Hilfe des Split-Step-Algorithmus	S. 784
10.1.6.4	Phänomenologischer Ansatz	S. 785
10.2	Beispiele für Simulationsergebnisse	S. 786
10.2.1	Berechnung der Bandbreite von SI-Fasern	S. 786
10.2.2	Ein lineares POF-Ausbreitungsmodell	S. 790
10.3	Messung und Simulation der Bandbreite von PF-GI-POF	S. 793
10.4	Simulation optischer Empfänger mit großen Photodioden	S. 797
11.	POF-Clubs	S. 803
11.1	Das Japanische POF-Konsortium	S. 803
11.2	HSPN und PAVNET	S. 804
11.3	Der französische POF-Club	S. 807
11.4	Die ITG-Fachgruppe Optische Polymerfasern	S. 807
11.5	Das Polymerfaser-Anwendungszentrum an der FH Nürnberg	S. 811
11.6	Richtlinienarbeitskreis des VDI „Prüfung von Kunststoff-LWL“	S. 815
11.7	Branchenverzeichnis POF-Atlas	S. 815
11.8	Das POF-ALL-Projekt	S. 816
11.9	Der Koreanische POF-Club	S. 820
11.10	Weltweite Übersicht	S. 822
	Literatur	S. 823
	Stichwortverzeichnis	S. 875
	Inserentenverzeichnis	S. 881
	Biographien	S. 883