

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	14
<b>Geleitwort</b>	
Tim Brauckmüller .....	16
<b>Konstruktion von LWL-Kabeln und -fasern – ihre Einsatzgebiete und Installationsbedingungen</b>	
Thomas Gehrke .....	21
Einführung .....	22
Anforderungen an das Brandverhalten .....	36
Welche Faser darf es denn sein? .....	43
<b>Die Achillesferse kritische Infrastruktur – Glasfaser- und Infrastrukturüberwachung, Netzwerk-Leistungsmanagement</b>	
Dr. Andreas Hornsteiner .....	57
Einleitung .....	58
Störungsfälle .....	60
Schutz tut Not: Zunehmende Vernetzung bedeutet Abhängigkeit und Risikoerhöhung .....	61
Glasfaserüberwachung .....	63
Infrastrukturüberwachung .....	66
BOTDR – das patentierte Brillouin Reflektometer als Bestandteil der Überwachung .....	68
Kontrolle des Datenverkehrs .....	69
Zusammenfassung .....	70
<b>Inhouse-Kabelverlegung nach Vorgaben des Brandschutzes</b>	
Jonas Bals (gesponserter Artikel) .....	73
<b>Faber-UTL – Die platzoptimierte Lösung für ihre Mikrorohrsysteme</b>	
Kai Theile (gesponserter Artikel) .....	77
<b>Glasfasernetze – Kabelverlegung für Praktiker – Tipps und Tricks</b>	
Dipl.-Ing. Thomas Weigel .....	83
1    Vorwort des Autors .....	84
2    Netzebenen der Telekommunikation .....	85
3    Glasfaserkabelinstallation .....	87
4    Die Praxis des Ein- und Ausblasens .....	90
5    Glasfaserkabelinstallation in der Netzebene 2 (NE 2) .....	92
5.1  Die Beschreibung der NE 2 .....	92

5.2	Kabelschutzrohre in der NE 2	93
5.3	Kabel in der NE 2	95
5.4	Besonderheiten des EinJettens in der NE 2	97
5.5	Einblastechnik in der NE 2	99
6	Glasfaserkabelinstallation in der Netzebene 3 (NE 3)	101
6.1	Beschreibung der NE 3	101
6.2	Kabelschutzrohre in der NE 3	103
6.3	Kabel in der NE 3	107
6.4	Besonderheiten des EinJettens in der NE 3	109
6.5	Einblastechnik in der NE 3	115
7	Glasfaserkabelinstallation in der Netzebene 4 (NE 4)	120
7.1	Beschreibung der NE 4	120
7.2	Kabelschutzrohre in der NE 4	121
7.3	Kabel in der NE 4	123
7.4	Installationsverfahren in der NE 4	127
7.5	Einblastechnik in der NE 4	132
8	Havarie-Management	136
8.1	Einführung	136
8.2	Lösungsansätze der Elitex GmbH	139
8.3	Weiterentwicklung Havarie-Management	141
9	Ausblicke	142
	Literaturverzeichnis	142

## **Verlegung und Montage von Micro- und Macroduct Rohren**

Jörg Göbbling	145
Microduct Mono	146
Zuverlässiges Mikrorohrsystem für den Schutz von Glasfasernetzen	146
Microduct Multi	149
Die Rohr-in-Rohr-Lösung für den Neubau oder die Erweiterung von Glasfasertrassen einsetzbar	149
Microduct Multi protec	151
System für die sandbettfreie und grabenlose Verlegung	151
Macroduct Mono	153
egeFit® Systemzubehör	154
Verbinden, Reduzieren, Abdichten – für jedes System die passende Lösung	154
Einblasmuffe (EBM)	155
Einzelzugabdichtung – teilbar (EZA-t)	156
Multi-fit-Abdichtung – teilbar (MfA-t)	156
Schutzmuffen	157
Werkzeuge	158

Anleitungen für die Verlegung, den Transport und die Lagerung von Rohren und Trommeln . . . . .	159
Verlegevorschriften . . . . .	159
Trommelbremse . . . . .	159
Transport . . . . .	160
Lagerung . . . . .	161
Temperaturen, Biegeradien und Zugkräfte . . . . .	162
Schneiden, Verbinden und Lösen . . . . .	165
Verlegeverfahren . . . . .	167
Hausanschluss einrichten: Abmanteln von Microduct Multi Rohren . . . . .	177
<b>Einblastechniken und Geräte für die moderne Inhouse-Installation</b>	
Andre Koop (gesponserter Artikel) . . . . .	181
<b>Die Glasfaser im Teilnehmeranschlußbereich (FTTx) – Der Stecker, die lösbare Verbindungstechnik</b>	
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Mayrhofer . . . . .	187
1 Grundlagen . . . . .	188
1.1 Physikalische Basis . . . . .	188
1.2 Technische Basis . . . . .	191
2 Steckerbauformen und Fasertypen . . . . .	199
2.1 Fasertypen: Material und Dimensionen . . . . .	199
2.2 BFF-, SFF- und VSFF-Stecker . . . . .	199
2.3 Mehrfaserstecker . . . . .	200
2.4 Steckernormen . . . . .	200
2.5 Stecker für verschiedene Fasern . . . . .	201
2.6 Endflächengeometrie . . . . .	201
2.7 Steckerkonfektion . . . . .	202
2.8 Spezialstecker im WAN & FTTx Bereich . . . . .	204
2.9 Optimierungsverfahren für Glasfaserstecker . . . . .	204
3. Handhabung von Steckersystemen . . . . .	206
3.1 Stecker/Pigtails/Patchkabel in der Verteil- und Abschlusstechnik . . . . .	206
3.2 Spleißen und Einbau . . . . .	206
4. Was ist, wenn... . . . .	207
4.1 Erhöhte Dämpfung . . . . .	207
4.2 Geringe Rückflussdämpfung . . . . .	209
4.3 Schwankende Dämpfungswerte (IL, RL) . . . . .	209
<b>Es tut sich etwas im Rechenzentrum</b>	
Hans Joachim (Hanno) Erichsen (gesponserter Artikel) . . . . .	211
Neue Stecker im Rechenzentrum und (k)ein Ende in Sicht? . . . . .	212
Beispiele aktueller Transceiver . . . . .	215
Neue Stecker erfordern neue Prüf- & Reinigungs-Tools . . . . .	215

Ein kurzer Ausblick auf geeignete Messtechnik .....	216
Über die Opternus GmbH .....	217

### **Fusionsspleissen – die unlösbare Verbindung von Glasfasern**

Dr.-Ing. Christina Manzke .....	221
1 Einführung .....	222
1.1 Einflußfaktoren beim Spleissen .....	222
2 Spleißgerätetypen .....	224
2.1 V-Nut Spleißgeräte .....	224
2.2 3-Achsengerät (manteljustierend) .....	225
2.3 3-Achsengerät (kernzentrierend) .....	226
3 Faserarten im FTTx .....	226
4 Der ideale Spleiß-Arbeitsplatz .....	227
5 Arbeitsschritte beim Spleißen .....	228
5.1 Vorbereitung der Faser .....	228
5.2 Brechen der Faser .....	229
5.3 Der Spleißvorgang .....	230
5.4 Zugtest und Herausnehmen der Faser .....	230
5.5 Schutz des Spleißes .....	231
6 Stecker anspleißen (SOC) .....	233
7 Was tun, wenn ... .....	233
7.1 ... das Brechgerät nicht funktioniert? .....	233
7.2 ... die Fasertypen nicht bekannt sind? .....	234
7.3 ... die Spleißdämpfung zu hoch ist? .....	235
7.4 ... ein schwarzer Strich im Spleißbereich auftritt? .....	236
7.5 ... die Faser im Spleißbereich zu dünn oder zu dick ist? .....	236
7.6 ... die Faser beim Zugtest reißt? .....	237

### **Die Glasfaser im Teilnehmer-Anschlußbereich (FTTH) – Technologie und Messaufgaben**

Peter Winterling .....	239
1 Einführung in die Glasfasertechnologie im Zugangsbereich .....	240
1.1 Das GPON Verteilnetz .....	240
2 Grundlegendes zur Messtechnik an Glasfasernetzen .....	244
2.1 Fiber Inspektion .....	244
2.2 Der Standard IEC 61300-3-35 zur objektiven und automatisierten Beurteilung von Steckerstirnflächen .....	246
2.3 Messung der Einfügedämpfung nach IEC 874-1, Methode 6 .....	250
3 Messungen mit dem OTDR in FTTH-Netzen .....	252
3.1 Grundlegendes zum OTDR .....	252
3.2 Punkt-zu-Punkt-(P2P-)Verbindungen .....	255

3.3	Messung in Punkt-zu-Multipunkt-(P2MP-)Verbindungen (PON-Verteilnetze) . . . . .	258
3.4	In-Haus Verkabelung bei FTTH-Netzen . . . . .	260
4	Inbetriebnahme von GPON-Systemen . . . . .	262
5	Fehlersuche und Messungen in Betrieb . . . . .	263
5.1	Messung mit OTDR mit einem gefilterten Messeingang . . . . .	263
6	Glasfaser-Überwachungssysteme . . . . .	264
7	Ausblick . . . . .	266
	Literatur . . . . .	267
<b>Das neue 5G-Fronthaul-Netz – Installation und Wartung von 5G-Basisstationen – Einführung in die Testanforderungen für Glasfaser und HF</b>		
	Genis Sanchez (gesponserter Artikel) . . . . .	269
	Die Rolle der Glasfaser in 5G-Netzen . . . . .	271
	Entwicklung des 5G-Fronthaul-Netzes . . . . .	273
	Feldtests am 5G- und 4G-Fronthaul . . . . .	274
	Schlussfolgerungen und Workflow-Automatisierung für Feldtests . . . . .	283
<b>LOOP Messung</b>		
	Stefan Schreiber, Mark Schmitz (gesponserter Artikel) . . . . .	287
	LOOP Messung . . . . .	289
	Einstellung am OTDR und Interpretation der Messergebnisse . . . . .	291
	Fazit und Grenzen der Methode . . . . .	291
<b>Abschlussmessung der Dämpfung in Netzebene 4</b>		
	Martina Uschanow, Julian Sassmann (gesponserter Artikel) . . . . .	295
	1 Messgeräte und Prüfmittel . . . . .	299
	2 Beispielmessungen in der NE4 . . . . .	300
<b>Glasfasermontage – Praxistipps</b>		
	Olaf Hunneshagen . . . . .	307
	1 Arbeitsvorbereitung . . . . .	308
	2 Montage der Garnituren . . . . .	309
	3 Spleißen . . . . .	312
<b>Einzug der Microduct-Systeme im Inhouse-Bereich</b>		
	Christian Born . . . . .	314
<b>Technisch-praktische Hinweise für die Verlegung von Microducts im Inhouse-Bereich</b>		
	Christian Marotz . . . . .	315

---

**Glasfasermontage und -installation für Praktiker – Fachbereich Mehrfamilienhäuser (MFH), Einfamilienhäuser (EFH), Doppelhäuser (DHH) im Neubau und Bestand**

Andreas Bätz-Hammer (gesponserter Artikel) .....	317
Glasfaser = weltumspannendes Netz .....	318
Lichtwellenleiter-Übertragungssysteme haben wesentliche Vorteile gegenüber anderen Breitbandanschlüssen .....	318
Einschränkungen von LWL-Übertragungssystemen .....	319
Das Glasfasernetz in Deutschland .....	319
Der Glasfaserausbau .....	320
Bauteile für Glasfasergebäudenetze .....	321
Abnahmemessung: Tier-1- und Tier-2-Zertifizierung von Glasfasern .....	324
Verlegung von Glasfaserleitungen in die Wohnungen eines Neubaus .....	326
Verlegung von Glasfaserleitungen in die Wohnung eines Bestandsbaus ..	326
Glasfasermontage .....	327
Kennzeichnung von LWL-Kabeln .....	329
Fazit .....	334
<b>Abkürzungen</b> .....	336
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	339