

# Inhalt

Informationen des Autors zur zweiten Auflage des Fachbuches .....	23
Vorwort des Autors .....	25
Geleitwort	
Dipl.-Ing. Michael Lintgen .....	30
Geleitwort	
Tim Brauckmüller .....	32
1 Einführung .....	36
2 Netzebenen in der Telekommunikation .....	42
3 Glasfaserkabelinstallation im Wandel der Zeit .....	47
3.1 Die Anfänge der Glasfaserinstallation .....	47
3.2 Die technischen Möglichkeiten der Glasfaserinstallation ....	48
3.2.1 Einziehverfahren mit Seilwinde .....	49
3.2.2 Einziehverfahren mit Zugkolben .....	51
3.2.3 Kabel EinJetten .....	52
4 Die Praxis des Ein- und Ausblasens, Havarie-Szenario als Element der Qualitätssicherung für Netzbetreiber .....	55
4.1 Die Praxis des Ein- und Ausblasens .....	55
4.2 Havarie-Szenario – ein Element der Qualitätssicherung für Netzbetreiber .....	57
5 Glasfaserkabelinstallation in der Netzebene 2 .....	60
5.1 Die Beschreibung der Netzebene 2 (NE 2) .....	60
5.2 Kabelschutzrohre in der NE 2 .....	62
5.2.1 Rohre für das Jetting-Verfahren in der NE 2 .....	62
5.2.2 Druckprüfung und Kalibrierung in der NE 2 .....	66
5.2.2.1 Die Notwendigkeit von Prüfmethode in der NE 2 .....	66

5.2.2.2	Hoch- und Niederdruckprüfung in der NE 2 .....	68
5.2.2.3	Kalibrierung in der NE 2 .....	79
5.2.3	Ortung in der NE 2 .....	88
5.2.3.1	Die Bedeutung der Ortung in der NE 2 .....	88
5.2.3.2	Die Ortung von Stromkabeln in der NE 2 .....	88
5.2.3.3	Die Ortung von Kabelschutzrohren in der NE 2 .....	90
5.2.3.4	Die Ortung von Molchsendern in der NE 2 .....	97
5.2.3.5	Die Ortung von Kugel- oder Stiftmarkern in der NE 2 .....	99
5.2.4	Einfache Handwerkzeuge für Kabelschutzrohre der NE 2 ...	101
5.2.4.1	Einziehen von Schutzrohren in der NE 2 .....	101
5.2.4.2	Handwerkzeuge zum Schneiden, Entgraten und Anfasen von Schutzrohren in der NE 2 .....	106
5.2.4.3	Reparatur und Montage von Schutzrohren in der NE 2 .....	109
5.3	Kabel in der NE 2 .....	114
5.3.1	Wichtige Kabeldaten für den Kabeleinbläser in der NE 2 ....	114
5.3.2	Bedeutung des Glasfiber-Zugentlastungselements .....	122
5.3.3	Schubkraft auf Glasfaserkabel im Kabeldatenblatt .....	125
5.4	Besonderheiten des EinJettens von Standardglasfaser- kabeln in der NE 2 .....	126
5.4.1	Besonderheiten des Jetting-Verfahrens in der NE 2 .....	126
5.4.2	Installation von 6000 m Standardkabel ungeschnitten in der NE 2 .....	131
5.4.3	Beiblasen eines zweiten oder dritten Kabels in der NE 2 ....	138
5.4.4	EinJetten von kleinen Kabeldurchmessern in der NE 2 .....	142
5.4.5	EinJetten durch wechselnde Rohrdurchmesser in der NE 2 .....	144
5.4.6	Ausblasen von Glasfaserkabeln in der NE 2 .....	147
5.4.6.1	Grundlagen des Ausblasens von Glasfaserkabeln in der NE 2 .....	147
5.4.6.2	Die Funktion des Lösekolbens in der NE 2 .....	148
5.4.6.3	Die Funktion eines Kabelverbindungsstrumpfes in der NE 2 .....	151
5.4.7	Witterungseinflüsse in der NE 2 .....	152
5.5	Maschinen, Geräte und Sonderausrüstung in der NE 2 .....	154
5.5.1	Crash-Test in der NE 2 .....	154
5.5.2	Maschinen zum EinJetten in der NE 2 .....	157
5.5.2.1	Aufbau von Einblasmaschinen in der NE 2 .....	157

5.5.2.2	CableJet™ – die Kultmaschine in der NE 2 .....	158
5.5.2.3	SuperJet™ – die Powermaschine in der NE 2 .....	159
5.5.3	Automatisierung der Maschinen zum EinJetten in der NE 2 .....	161
5.5.4	Kompressoren in der NE 2 .....	161
5.5.5	Abtrommelgeräte, Gleit- und Hilfsmittel in der NE 2 .....	166
5.5.5.1	Abtrommelgeräte in der NE 2 .....	166
5.5.5.2	Gleit- und Hilfsmittel in der NE 2 .....	169
5.6	Einziehen von Standardkabeln mit Kabelziehwinde in der NE 2 .....	173
5.6.1	Heutige Bedeutung des „klassischen Einziehens“ für Standardkabel in der NE 2 .....	173
5.6.2	Röhrenschlange zum Einziehen kurzer Glasfaserkabel in der NE 2 .....	173
5.6.3	Röhrenschlangen-Schubeinheit für Glasfaserkabel in der NE 2 .....	176
5.6.4	Hilfsseilwinde mit Zubehör für Glasfaserkabel in der NE 2 .....	178
5.7	Einschwemmen von Standardkabeln in der NE 2 .....	182
6	Die Glasfaserkabelinstallation in der Netzebene 3 .....	184
6.1	Die Beschreibung der Netzebene 3 (NE 3) .....	184
6.1.1	Basisinformationen zur NE 3 .....	184
6.1.2	Ausführungsformen der NE 3 .....	186
6.1.3	Grundversionen des Netzkonzepts in der NE 3 .....	191
6.2	Kabelschutzrohre in der NE 3 .....	193
6.2.1	Überblick über Rohrversionen in der NE 3 .....	193
6.2.2	Rohr-in-Rohr-System in der NE 3 .....	197
6.2.2.1	Rohr-in-Rohr-System – Einblasen der Subducts in der NE 3 – notwendige Qualitäten der Subducts .....	197
6.2.2.2	Rohr-in-Rohr-System – Beiblasen von Subducts zu vorhandenem Standardkabel – Kooperation von NE 2 und 3 .....	205
6.2.2.3	Rohr-in-Rohr-System – Einziehen von Subducts und Rohrverbänden in der NE 3 .....	209
6.2.2.4	Notwendige Werkzeuge und Hilfsmittel bei der Installation von Subducts und erdverlegbaren Rohrverbänden in der NE 3 .....	211

6.2.2.5	Maschinen für das Einziehen von Subducts und Rohrverbänden in der NE 3 .....	225
6.2.2.6	Kabel-X Verfahren – Ausziehen von Kabeelseelen in der NE 3 .....	230
6.2.3	Erdverlegbare Rohrverbände in der NE 3 .....	232
6.2.3.1	Die Bedeutung der erdverlegbaren Rohrverbände für Qualität und Wirtschaftlichkeit in der NE 3 .....	232
6.2.3.2	Umspulen von erdverlegbaren Rohrverbänden in der NE 3 .....	237
6.2.3.3	Erdverlegbarer Rohrverband – Verlegung im offenen Graben in der NE 3 .....	239
6.2.3.4	Erdverlegbarer Rohrverband – Verlegung „Pflügen“ in der NE 3 .....	242
6.2.3.5	Erdverlegbarer Rohrverband – Verlegung „Horizontalbohren“ in der NE 3 .....	247
6.2.3.6	Erdverlegbarer Rohrverband – Verlegung „Trenching“ in der NE 3 .....	256
6.2.3.7	Erdverlegbarer Rohrverband – Verlegung „LAYJET“ in der NE 3 .....	263
6.2.4	Druckprüfung und Kalibrierung in der NE 3 .....	268
6.2.4.1	Die Notwendigkeit von Prüfmethode in der NE 3 .....	268
6.2.4.2	Die Hochdruckprüfung in der NE 3 .....	271
6.2.4.3	Kalibrierung in der NE 3 .....	279
6.2.4.4	Grenzen von Druckprüfung und Kalibrierung in der NE 3 ...	289
6.2.5	Ortung in der NE 3 .....	290
6.2.5.1	Die Bedeutung der Ortung in der NE 3 .....	290
6.2.5.2	Die Ortung von Molch- und Mikrosendern in der NE 3 .....	291
6.2.5.3	Die Ortung von Kugel- oder Stiftmarkern in der NE 3 .....	294
6.3	Kabel in der NE 3 .....	298
6.3.1	Wichtige Kabeldaten für den Kabeleinbläser der NE 3 .....	299
6.3.2	Unterschiedliche Kabel in der NE 3 .....	302
6.3.2.1	Minikabel in der NE 3 .....	303
6.3.2.2	Mikrokabel der NE 3 .....	314
6.3.2.3	Bündelfaser – Blown Fiber Unit in der NE 3 .....	318
6.4	Besonderheiten des EinJettens von Mini- und Mikrokabeln in der NE 3 .....	326
6.4.1	Besonderheiten des Jetting-Verfahrens in der NE 3 .....	326

6.4.2	EinJetten von kleinen Kabeldurchmessern in der NE 3 .....	334
6.4.3	Einblasverhalten von Mikrokabeln bei unterschiedlichen SpeedNet-Rohrdurchmessern im Netz der Deutschen Telekom – Besonderheiten durch das Materialkonzept des Bundes .....	338
6.4.3.1	Einführung durch den Autor .....	338
6.4.3.2	Ausgangssituation EinJetten Mikrokabel bei der Deutschen Telekom .....	339
6.4.3.3	Beschreibung der Einblastests .....	340
6.4.3.4	Ergebnisse und Ausblick .....	342
6.4.4	Installation von 6000 m Minikabel ungeschnitten in der NE 3 .....	343
6.4.5	Ausblasen von Glasfasern in der NE 3 .....	349
6.4.6	Einblasen in Luftröhrchen von Hauptkabeln der Deutschen Telekom .....	350
6.4.7	Witterungseinflüsse in der NE 3 .....	354
6.4.8	Aufgeplatzte Kabelmäntel in der NE 3 .....	356
6.5	Maschinen, Geräte und Sonderausrüstungen zum EinJetten in der Netzebene 3 .....	358
6.5.1	Crash-Test in der NE 3 .....	358
6.5.2	Maschinen zum EinJetten in der NE 3 .....	362
6.5.2.1	Aufbau von Einblasmaschinen in der NE 3 .....	362
6.5.2.2	MiniJet™ P 02 – die Powermaschine in der NE 3 .....	363
6.5.2.3	MicroJet™ PRM 196 – die handliche Maschine in der NE 3 .....	366
6.5.3	Automatisierung der Maschinen zum EinJetten in der NE 3 .....	368
6.5.3.1	Die Notwendigkeit zur Automatisierung in der NE 3 .....	368
6.5.3.2	Derzeitige Versionen der Automatisierung in der NE 3 .....	371
6.5.3.3	IntelliJet™ PI 02 – Weltweit erste halbautomatische Einblasmaschine in der NE 3 .....	374
6.5.3.4	Intelli-MicroJet™ PRMI 196 – Halbautomat für Mikrokabel in der NE 3 .....	377
6.5.3.5	OptiJet™ – Die neue Intelligenz des Jahres 2022 .....	378
6.5.3.6	Die Interpretation von Einblasdatenprotokollen in der NE 3 .....	382
6.5.3.7	Weitere Trends der Automatisierungstechnik in der NE 3 ...	391
6.5.4	Kompressoren in der NE 3 .....	393

6.5.5	Abtrommelgeräte, Gleit- und Hilfsmittel in der NE 3 .....	397
6.5.5.1	Abtrommelgeräte in der NE 3 .....	397
6.5.5.2	Gleit- und Hilfsmittel in der NE 3 .....	404
6.6	Einziehen und Einschieben von Glasfaserkabeln in der NE 3 .....	412
6.7	Einschwemmen von Minikabeln in der NE 3 .....	412
7	Die Glasfaserkabelinstallation der Netzebene 4 .....	416
7.1	Beschreibung der Netzebene 4 (NE 4) – Abgrenzung zur NE 5 und NE 6 .....	416
7.2	Kabelschutzrohre in der NE 4 .....	419
7.2.1	Vorschriften und Brandschutz für Kabelschutzrohre in der NE 4 .....	421
7.2.2	Kabelschutzrohre, Schächte und sonstige Hohlräume in Bestandsgebäuden der NE 4 .....	424
7.2.3	Kabelschutzrohre für Einblasverfahren in der NE 4 .....	425
7.2.4	Kabelschutzrohre vorkonfektioniert in der NE 4 .....	428
7.3	Kabel in der NE 4 .....	431
7.3.1	Brandschutz für Kabel in der NE 4 .....	433
7.3.2	Kabel für Einziehverfahren in der NE 4 .....	435
7.3.3	Kabel für Einschiebeverfahren in der NE 4 .....	437
7.3.4	Kabel für Einblasverfahren in der NE 4 .....	439
7.3.4.1	Kabel zum Einblasen in der NE 4 .....	439
7.3.4.2	Kabel zum Einblasen – vorkonfektioniert in der NE 4 .....	444
7.4	Gehäuse in der NE 4 .....	449
7.5	Installationsverfahren in der NE 4 .....	453
7.5.1	Einziehverfahren in der NE 4 .....	454
7.5.2	Einschiebeverfahren in der NE 4 .....	456
7.5.3	Einblasverfahren in der NE 4 .....	457
7.5.3.1	Einblasverfahren für konventionelle Kabel in der NE 4 .....	457
7.5.3.2	Einblasverfahren für vorkonfektionierte Mikrokabel in der NE 4 .....	460
7.6	Maschinen, Geräte und Sonderausrüstungen zum EinJetten in der NE 4 .....	464
7.6.1	Crash-Test in der NE 4 – Havarie-Szenario in der NE 4 .....	464

7.6.2	Aufbau von Einblasmaschinen in der NE 4 .....	465
7.6.3	Maschinen zum EinJetten in der NE 4 .....	466
7.6.4	Automatisierung beim EinJetten in der NE 4 .....	471
7.6.5	Kompressoren und Druckgeräte in der NE 4 .....	472
7.6.6	Abtrommelgeräte, Gleit- und Hilfsmittel in der NE 4 .....	477
7.6.6.1	Abtrommelgeräte in der NE 4 .....	477
7.6.6.2	Gleit- und Hilfsmittel in der NE 4 .....	482
7.6.7	Zukunftschancen für Unternehmen in der NE 4 .....	484
8	Service-Leistungen rund um die Installation von Glasfaserkabeln für alle Netzebenen .....	486
8.1	Bedeutung des Service bei der Glasfaserkabel-Installation .....	486
8.2	Trainingsprozesse für alle Beteiligten des Ausbaus von Glasfasernetzen aller Netzebenen .....	487
8.2.1	Seminare/Lehrgänge .....	487
8.2.2	Einweisungen/Schulungen .....	491
8.2.3	Messen, Ausstellungen, Symposien und Fachkongresse ...	493
8.3	Baustellenbetreuung .....	495
8.4	Service für Maschinenteknik, Wartungen, Reparaturen und UVV-Prüfungen .....	496
8.5	Service für sicheren Umgang mit eingesetzter Maschinenteknik .....	497
8.6	Hinweise für Neueinsteiger bei Auftraggebern und Auftragnehmern .....	498
8.6.1	Auftraggeber .....	498
8.6.2	Auftragnehmer .....	499
8.6.2.1	Unternehmen, die in den Bereich Glasfaserinstallation einsteigen .....	499
8.6.2.2	Mitarbeiter, die in den Bereich Glasfaserinstallation einsteigen .....	501
8.7	Kabel- und Subducttests für Kabelhersteller und Carrier in den NE 2, 3 und 4, Service und Besonderheiten von Testanlagen .....	502
8.7.1	Kabeltests für Glasfaserkabel der NE 2 und 3 .....	502
8.7.2	Kabeltests für Glasfaserkabel der NE 4 .....	510

9	Havarie-Management .....	514
9.1	Einführung .....	514
9.2	Havarie-Szenario .....	515
9.3	Havarie-Management – Nachhaltiges Reparatursystem für beschädigte Subducts .....	516
9.3.1	Prioritäten der Schadensbeseitigung .....	516
9.3.2	Mögliches Beschädigungs-Szenario .....	517
9.3.3	Derzeitiger Stand der Reparaturmöglichkeiten .....	519
9.3.4	Lösungsansatz der Elitex GmbH .....	519
9.3.5	Spezialwerkzeuge auch für andere Anwendungen .....	521
9.3.6	Kaskadierung der Reparaturstelle .....	521
9.4	Weiterentwicklung Havarie-Management .....	523
10	Zusammenfassung .....	524
11	Success Stories – Besondere Glasfaserkabelinstallationen .....	533
11.1	Industrielle Produktion von Preform, Multimode- und Singlemodedfasern in Deutschland .....	534
11.2	Einschwemmen eines Standardkabels in Teillängen auf über 24 km in eine 400 kV-Anlage in der Innenstadt von Wien Dipl.-Ing. Thomas Weigel .....	545
11.3	Installation eines Standardkabels in einem Trinkwasser- stollen in der Nordeifel Hans-Peter Abt .....	553
11.4	Ein Ausbau der Glasfasernetze bedarf einer höheren Qualitätssicherung und eines Monitorings der Funktionalität Holger Apitz .....	561
11.5	Glasfaserverlegung in einem Schritt dank FibreFlow FIT Stefanie Sill .....	573
11.6	Innovative Verlegeverfahren beim Glasfaserausbau gewinnbringend nutzen Dr. Martin Fornefeld .....	583
11.7	Ein Kabel für alle (Rohr-)Fälle? Stefan Schreiber .....	591

11.8	Realisierung von FTTH-Anschlüssen in oberirdischer Bauweise bei der Deutschen Telekom AG Mario Zerson .....	599
11.9	Weltneuheit: „Flüster POP“ der Firma ZweiCom-Hauff GmbH Sebastian Knecht .....	611
11.10	Hauff-Technik verändert den Glasfaserausbau grundlegend Jörg Schmid .....	615
11.11	Kabel zieh'n an jedem Ort – Firma Geppert kommt sofort Geppert Fernmeldebau GmbH .....	620
11.12	Das neue 5G-Fronthaul-Netz – Installation und Wartung von 5G-Basisstationen – Einführung in die Testanforderungen für Glasfaser und HF Genis Sanchez .....	625
11.13	Glasfaser-Minikabel mit hoher Faserdichte zur Optimierung der Mikrorohr-Infrastruktur und Reduzierung der Gesamtbetriebskosten Andreas Krieger .....	645
11.14	FlexRibbon/Scirocco Extreme – Innovationen für höhere Faserdichten (Densification) Andreas Waßmuth .....	657
11.15	Inhausnetze nachhaltig und zukunftssicher planen Andreas Bätz-Hammer .....	675
11.16	Faber-UTL – Die platzoptimierte Lösung für ihre Mikrorohrsysteme Kai Theile .....	691
11.17	Flexibilität und Schnelligkeit – DIE Erfolgsfaktoren im Breitbandausbau Falco Lehmann .....	697
11.18	Einsatz faseroptischer Sensoren im Witterungsabhängigen Freileitungsbetrieb WAFB Dipl.-Ing. Christian Großer, Dr.-Ing. Uwe Ziebold, David Skrovanek M. Sc. ....	706
11.19	Kabelrückgewinnung Copperfield Dipl.-Ing. (FH) Helmut Welz .....	723

12	Literaturverzeichnis .....	728
13	Abkürzungen .....	734
14	Fachbegriffe .....	739
15	Stichwortverzeichnis .....	749
	Danksagung des Autors .....	759