

Kiefer/Winterling
DWDM, SDH & Co.

Weitere Titel in unserem Telekommunikations-Programm:

Kai-Oliver Detken

Local Area Networks

Grundlagen, Internetworking und Migration

1999. 506 Seiten. Kart.

ISBN 3-7785-3911-6

Kai-Oliver Detken

ATM in TCP/IP-Netzen

Grundlagen und Migration zu High Speed Networks

1998. 401 Seiten. Geb.

ISBN 3-7785-2611-1

Hans Dodel

Satellitenkommunikation

Anwendungen, Verfahren, Wirtschaftlichkeit

1999. 258 Seiten. Kart.

ISBN 3-7785-3924-8

Wolfgang Frohberg (Hrsg.)

Access-Technologien

für den Zugang zu Telekommunikationsnetzen

2001. 408 Seiten. Kart.

ISBN 3-7785-3938-8

Detlef Führer

ADSL

High-Speed Multimedia per Telefon

2000. 166 Seiten. Kart.

ISBN 3-7785-3914-0

Jürgen Göbel

Kommunikationstechnik

Grundlagen und Anwendungen

1999. 950 Seiten. Geb.

ISBN 3-7785-3904-3

Niels Klußmann

Lexikon der Kommunikations- und Informationstechnik

Telekommunikation – Internet – Mobilfunk – Multimedia – Computer – E-Business

3., neu bearb. u. stark erw. Aufl. 2001.

1135 Seiten. Geb.

ISBN 3-7785-3951-5

Manninger, Martin et al.

Electronic Commerce – Die Technik

Technologie – Design – Implementierung

2000. 307 Seiten. Kart.

ISBN 3-7785-3943-3

Harald Orlamiünder

High-Speed-Netze

Kommunikationsinfrastruktur der Zukunft:

Internet, ATM, Multimedia

2000. 691 Seiten. Geb.

ISBN 3-7785-3940-X

Erich Pehl

Digitale und analoge Nachrichtenübertragung

Signale, Codierung, Modulation, Anwendungen

2., überarb. u. erw. Aufl. 2001. 507 Seiten.

Mit CD-ROM. Kart.

ISBN 3-7785-2801-7

Gerd Siegmund

Next Generation Networks

IP-basierte Telekommunikation

2002. 368 Seiten. Kart.

ISBN 3-7785-3963-9

Gerd Siegmund

Technik der Netze

5., völlig neu bearb. u. erw. Aufl. 2002.

1267 Seiten. Geb.

ISBN 3-7785-3954-X

Gerd Siegmund

ATM – Die Technik

Grundlagen, Netze, Schnittstellen, Protokolle

3., neu bearb. u. erw. Aufl. 1997. 552 Seiten. Geb.

ISBN 3-7785-2541-7

Gerd Siegmund (Hrsg.)

Intelligente Netze

Technik, Dienste, Vermarktung

2., neu bearb. u. erw. Aufl. 2001. 469 Seiten. Geb.

ISBN 3-7785-3948-5

Christoph P. Wrobel

Optische Übertragungstechnik in der Praxis

Grundlagen, Komponenten, Installation, Anwendungen

2., überarb. u. erw. Aufl. 1998. 307 Seiten. Kart.

ISBN 3-7785-2638-3

Roland Kiefer
Peter Winterling

DWDM, SDH & Co.

Technik und Troubleshooting in optischen Netzen

2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage



Hüthig Verlag Heidelberg

Prof. Roland Kiefer, Jahrgang 1960, studierte Nachrichtentechnik an der Universität Saarbrücken. 1988 startete er sein Berufsleben als Trainee beim Messtechnik-Marktführer Wandel & Goltermann (jetzt Acterna) und arbeitete bis 1998 als Seminarleiter, Produktmanager und Key-Account-Manager, zuletzt mit Gesamtverantwortung für Projekte mit Systemherstellern. Seit 1999 Professur für Rechnernetze an der Fachhochschule Stuttgart, Hochschule der Medien, im Studiengang Medieninformatik. Autor zahlreicher Publikationen. Lehrgebiete: LAN/WAN-Technologien und Protokolle, Internet Next Generation, Präsentations- und Verhandlungstechnik.
E-Mail: kiefer@hdm-stuttgart.de

Dipl. Ing. (FH) Peter Winterling, Jahrgang 1956, studierte Nachrichtentechnik an der Fachhochschule Coburg. Seinen beruflichen Werdegang begann er 1984 bei ANT Nachrichtentechnik im technischen Vertrieb des Fachbereichs Richtfunk. Nach fünfjähriger Tätigkeit, zum Schluss als technischer Projektleiter, wechselte er zum Messtechnikhersteller Wandel & Goltermann (jetzt Acterna) und war dort als Produktmanager und Trainer für verschiedene Technologien wie GSM und SDH beschäftigt. 1993 wechselte er in den Technologiebereich Fiber Optik. Inzwischen ist er bei Acterna als „Network Solution Specialist Fiber Optic“ für die Region Zentraleuropa verantwortlich. Peter Winterling ist Autor verschiedener messtechnischer Publikationen sowie Mitglied der Informationstechnischen Gesellschaft ITG des VDE, Fachgruppe „Photonische Netze“.
E-Mail: peter.winterling@acterna.com.

Diejenigen Bezeichnungen von im Buch genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung ® nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegt.

Autoren und Verlag haben alle Texte und Abbildungen mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Deshalb übernehmen weder Autoren noch Verlag irgendwelche Garantien für die in diesem Buch gegebenen Informationen. In keinem Fall haften Autoren oder Verlag für irgendwelche direkten oder indirekten Schäden, die aus der Anwendung dieser Informationen folgen.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Weg und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Bei Vervielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

ISBN 3-7785-3960-4

2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage

© 2002 Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg

Printed in Germany

Umschlaggestaltung: Lytas Concept + Design, Mannheim

Satz: Satzpunkt Bayreuth GmbH, Bayreuth

Druck und Bindung: J. P. Himmer GmbH, Augsburg

Inhaltsverzeichnis

1	Netze im Umbruch	1
2	Die Glasfaser als Übertragungsweg	5
2.1	Physikalische Grundlagen und ihre Bedeutung in der LWL-Technik.	6
2.1.1	Die Glasfaser als Übertragungsmedium.	6
2.1.2	Grundbegriffe der geometrischen Optik	7
2.1.3	Nutzbarer Wellenlängenbereich für die Nachrichtenübertragung	11
2.1.4	Brechzahl und Gruppenbrechzahl.	12
2.1.5	Singlemode- und Multimodefaser: Einsatzmöglichkeiten und Kenndaten	13
2.2	Optische Eigenschaften des Übertragungsweges	16
2.2.1	Dispersion	16
2.2.2	Profile	17
2.2.3	Modenfelddurchmesser	21
2.2.4	Dämpfungsmechanismen in der Faser	22
2.2.5	Dispersion in der Standard-Singlemodefaser SSMF	26
2.2.6	Dispersionsverschobene Faser DSF, dispersionsgeglättete Faser DFF	28
2.2.7	Polarisationsmodendispersion PMD	29
2.3	Fasern unter dem Gesichtspunkt moderner Hochleistungsnetze.	32
2.4	Nichtlineare Effekte in der Glasfaser	33
2.4.1	Vierwellenmischung FWM	33
2.4.2	Selbstphasenmodulation SPM	35
2.4.3	Kreuzphasenmodulation	36
2.4.4	Raman-Streuung	36
2.4.5	Brillouin-Streuung	37
2.5	Non Zero Dispersion Shifted Fiber nach ITU-T G.655	37
2.5.1	Eigenschaften	37
2.5.2	TrueWave-, Teralight- und LEAF-Faser	38
2.5.3	Full-Spectrum Faser AllWave und MetroCor	40
2.5.4	Generelle Überlegungen zur Faserwahl	41
3	Plesiochrone Digitale Hierarchie PDH	43
3.1	Plesiochrone Übertragungssysteme bei 2 Mbit/s	43
3.1.1	Bedeutung der PDH	43
3.1.2	Übertragung bei 2 Mbit/s	46
3.1.3	2-Mbit/s-Pulsrahmen	46
3.1.4	CRC-4-Verfahren	47
3.1.5	Aufgaben des Rahmenmeldewortes	49
3.1.6	Systemkomponenten für die 2-Mbit/s-Übertragung	50
3.2	Plesiochrone Digitale Hierarchie PDH bis 140 Mbit/s	53
3.2.1	Funktionsprinzip eines plesiochronen Multiplexers	55
3.2.2	PDH-Rahmenaufbau	57

4	Synchrone Digitale Hierarchie SDH	59
4.1	Von PDH zu SDH	59
4.2	Funktionsprinzip der SDH	60
4.2.1	SDH-Analogie Güterbahnhof	60
4.2.2	Begriffe und Definitionen	63
4.3	Von der Nutzlast zum Synchronen Transportmodul	65
4.3.1	Mapping	65
4.3.2	Path Overhead (POH)	70
4.3.3	Section Overhead (SOH)	73
4.3.4	Pointer	76
4.4	Transportmodule STM-N	82
4.4.1	Zusammenfassung durch Multiplexen	82
4.4.2	Containerverkettung – Concatenation	84
4.5	Fehler- und Alarmüberwachung	87
4.5.1	Fehlerüberwachung durch Paritätsvergleich	87
4.5.2	Fehlerüberwachung durch Tandem Connection Monitoring TCM	88
4.5.3	Alarime in der SDH	90
4.6	Netzelemente und Netzstrukturen	95
4.7	Automatic Protection Switching APS	99
4.8	SONET – die amerikanische SDH	101
4.9	Netzmanagement in der SDH	106
4.10	Synchronisation digitaler Netze	107
5	Optische Netze	112
5.1	DWDM-Übertragungssystem	112
5.1.1	Konzept und Motivation	112
5.1.2	Kanalraster und Schnittstellen nach ITU	114
5.1.3	Sendebaugruppe: Lasertypen und Eigenschaften	118
5.1.4	Optischer Faserverstärker OA	120
5.1.4.1	Prinzip des EDFA-Verstärkers	120
5.1.4.2	Charakteristik des EDFAs	123
5.1.4.3	Verstärkungslinearisierter Faserverstärker (Gain Flatness)	125
5.1.4.4	EDFA mit Schräglagenkompensation	127
5.1.4.5	Einsatz im C- und L-Band	128
5.1.5	Optische Halbleiterverstärker SOA	129
5.1.6	Raman-Amplifier	130
5.1.7	Variable Abschwächer VOA	131
5.1.8	DWDM-Multiplexer und -Demultiplexer	132
5.2	Funktionsbaugruppen zur Realisierung von optischen Netzen	139
5.2.1	Optischer Add/Drop-Multiplexer OADM	140
5.2.2	Optische Schaltfelder	141
5.2.3	Wellenlängenkonverter	144
5.2.4	Optischer Cross-Connect OXC	146
5.2.5	Elektromechanische Schaltmatrix (MEMS)	148
5.2.6	Realisierung einer Schaltmatrix mit 2 x 2 elektrooptischen Schaltern	151

5.2.7	Optische oder elektrische Cross-Connects für zukünftige Netze?	152
5.3	Von der Punkt-zu-Punkt-Verbindung hin zu optischen Netzen	154
5.3.1	Migration bestehender, gewachsener Strukturen in ein modernes, skalierbares Netz.	154
5.3.2	Automatic Switched Telecom Network ASTN	156
5.3.3	Metro-Netze.	157
6	IP over X – die Alternativen	160
6.1	„Anything over IP“ oder „IP over anything“?	160
6.2	Packet over SONET	162
6.2.1	Packet over Sonet – wozu?	162
6.2.2	Funktionsweise von PoS	163
6.2.3	Nachteile von PoS.	165
6.2.4	Bewertung von PoS	165
6.3	Asynchroner Transfer Modus ATM.	166
6.3.1	Einführung.	166
6.3.2	ATM-Grundlagen	166
6.3.3	Aufbau einer ATM-Zelle	167
6.3.4	ATM-Zelltypen	169
6.3.5	Von den Nutzdaten zur ATM-Zelle	170
6.3.6	Dienstklassen im ATM.	171
6.3.7	Verkehrsprofil und Quality of Service (QoS)	172
6.3.8	Signalisierung im ATM	175
6.3.9	ATM-Netzelemente	176
6.4	Ethernet everywhere – Wachablösung für SDH/SONET?	177
6.4.1	Ethernet – auf dem Weg ins WAN	177
6.4.2	Ethernet zur LAN/WAN-Kopplung.	178
6.4.3	Der neue Standard für 10-Gigabit-Ethernet	180
6.4.4	10-G-Ethernet im WAN	181
6.4.5	10-G-Ethernet im LAN.	181
6.4.6	Resilient Packet Ring	182
7	Einsatzgebiete und Aufgaben der Messtechnik.	185
7.1	Wo wird Messtechnik eingesetzt?	185
7.2	Messtechnik – wozu?	186
7.2.1	Proaktiv oder reaktiv?	186
7.2.2	Typische Störungen und Fehlerfälle	186
7.3	Messtechnik und Netzmanagement – Konkurrenz oder Teamwork?	188
7.4	Wie viel Messtechnik braucht ein Netz?	189
8	Abnahmemessungen an LWL-Kabeln	191
8.1	Dämpfungsmessung an Fasern.	192
8.1.1	Messmethoden 6 und 7	192
8.1.2	Notwendigkeit der Messung bei verschiedenen Wellenlängen.	195
8.1.3	Pegelgenauigkeit über der Wellenlänge.	195
8.1.4	Referenzgenauigkeit und -stabilität.	196
8.1.5	Praktischer Umgang mit der Pegelmessung	197
8.1.6	Pegelmessung an Kabeln hoher Faserzahl.	198

8.2	Grundsätzliche Überlegungen bei Pegelmessern.	200
8.2.1	Prinzip der Pegelmessung, spektrale Empfindlichkeit	200
8.2.2	Einsatz verschiedener Empfangsdioden.	200
8.2.3	Messung hoher optischer Leistung	201
8.2.4	Genauigkeiten bei Pegelmessern für die Betriebsmesstechnik .	202
8.2.5	Praktische Hinweise für Pegelmesser	204
8.3	Abnahmemessungen mit dem OTDR	207
8.3.1	Dämpfungswert mittels Spleißgerät oder ODTR?	207
8.3.2	Prinzipielle Funktionsweise eines OTDRs	208
8.3.3	Einstellparameter	212
8.3.4	Kennwerte beim OTDR: Totzone, Dynamik, Messpunkte- abstand	217
8.3.5	Auswertung der Ereignisse in der OTDR-Kurve	222
8.3.6	Längenbestimmung einer Faser und Fehlerabschätzung	226
8.3.7	Ergebnisse bei verschiedenen Wellenlängen (1310, 1550, 1625 nm)	226
8.3.8	Auflösung versus Dynamik mit praktischen Beispielen	227
8.3.9	Verwendung von Vorlauf- und Nachlauf Fasern	232
8.3.10	Ergebnisverarbeitung und Dokumentation	232
8.4	Qualifizierung der Faser hinsichtlich der PMD	235
8.4.1	Messprinzipien für die Ermittlung der PMD	235
8.4.2	Messwertermittlung mit der Fixed-Analyser-Methode	236
8.4.3	Ergebnisdarstellung und Auswertung	238
8.4.4	Praktische Betrachtungen zum PMD-Analysator	241
9	Inbetriebnahme und Störungssuche an DWDM-Systemen	243
9.1	Messungen an optischen Systemen mit praktischen Beispielen	243
9.1.1	Schnittstellen in einem DWDM-System	243
9.1.2	Messung der Wellenlänge und der Kanalleistung	244
9.1.3	Optisches Signal-to-Noise Ratio OSNR	245
9.2	Optischer Spektrumanalysator OSA	246
9.2.1	OSA mit Fabry-Perot-Filter	247
9.2.2	Interferometer	248
9.2.3	OSA mit Monochromator	249
9.3	Spektrale Messungen für DWDM-Systeme.	251
9.3.1	Transponder und Multiplexer	251
9.3.2	Messungen an optischen Faserverstärkern	254
9.3.3	Messungen auf der Empfängerseite	257
9.4	Einmess- und Optimierungsroutinen für DWDM-Systeme.	259
9.4.1	Bedingungen bei der Einmessung eines DWDM-Systems	260
9.4.2	Messung der chromatischen Dispersion.	262
9.4.3	Kompensation der chromatischen Dispersion	266
9.4.4	Bestimmung des Quality of Service in optischen Übertragungssystemen	268
9.4.5	OSA im praktischen Einsatz	270
10	Q-Faktor-Analyse	273
10.1	Problematik bei der Endabnahme bei DWDM-Systemen hoher Kanalzahl	273
10.2	Was ist der Q-Faktor?	276

10.3	Ermittlung des Q-Faktors.....	278
10.3.1	Asynchrone Abtastung oder Histogramm-Methode.....	278
10.3.2	Synchrone Abtastung.....	278
10.3.3	Synchrone Abtastung mit variabler Entscheiderschwelle.....	279
10.4	Ergebnisdarstellung, Messwertinterpretation und Vertrauensintervall.....	280
10.5	Einsatzmöglichkeiten für den Q-Faktor-Analysator: Chancen und Grenzen.....	282
10.6	Der Q-Faktor-Analysator in der Praxis.....	283
10.7	DWDM-Kanalfilter und Faserverstärker als Hilfsmittel für optische Netze.....	285
10.8	Die ITU und der Q-Faktor.....	288
11	Das Remote Fiber Test System RFTS als Element eines Network-Managementsystems.....	290
11.1	Überwachung des Übertragungsweges.....	290
11.2	Ursachen von Ausfällen auf dem Übertragungsweg.....	291
11.3	Traditionelle Fehlersuche bei Störungen am Übertragungsweg.....	293
11.4	Das Prinzip eines Remote Fiber Systems RFTS.....	294
11.4.1	Überwachung unbeschalteter Fasern.....	294
11.4.2	Überwachung aktiver Fasern.....	297
11.4.3	Das RFTS im Technikraum.....	300
11.5	Die Architektur in einem Managementsystem.....	303
11.6	Ergebnisaufarbeitung einer RTU.....	305
11.6.1	OTDR-Kurve und Netzplan.....	306
11.6.2	GIS-Datenbank und Objektdarstellung.....	306
11.7	Fiber Performance Monitoring.....	309
12	Fehlermessungen an Übertragungssystemen – generelle Bemerkungen... ..	312
12.1	Wodurch entstehen Bitfehler?.....	312
12.2	Auswirkungen von Übertragungsfehlern.....	313
12.3	Fehler messen – aber wie?.....	315
12.4	Funktionsprinzip eines Bitfehlermessers.....	317
12.5	Bestimmung der Bitfehlerhäufigkeit.....	320
12.6	Einfluss der Messdauer.....	320
13	Messungen an Übertragungssystemen von 2 bis 140 Mbit/s (PDH).....	323
13.1	Einführung.....	323
13.2	Außer-Betrieb-Messungen bei 2 Mbit/s.....	323
13.2.1	Tests von Multiplexeinrichtungen.....	325
13.2.2	Messung mit $n \times 64$ -kbit/s-Signalen.....	325
13.2.3	Messung der Laufzeit.....	326
13.2.4	Überwachung von Fehlern mithilfe des Meldewortes (S_A -Bits).....	327
13.3	Messungen bei 2 Mbit/s während des Systembetriebs.....	330
13.3.1	Fehlermessung im Rahmenkennungswort.....	330
13.3.2	Analyse von CRC- und E-Bit-Fehlern.....	331
13.3.3	Überwachung von Codefehlern.....	331
13.3.4	Auswertung von Alarmen und Übertragungsstörungen.....	332
13.3.5	Beispiele für die In-Betrieb-Fehlerüberwachung.....	333
13.3.6	Drop&Insert-Messungen.....	334

13.4	Analyse der Signalisierung	335
13.5	Auswahlkriterien für 2-Mbit/s-Messtechnik	336
13.6	Messungen an Übertragungsstrecken und -systemen bis 140 Mbit/s ..	337
13.6.1	Messungen außerhalb des Systembetriebs	337
13.6.2	Messungen während des Systembetriebs	338
14	Messaufgaben an SDH-Systemen	341
14.1	Einführung	341
14.2	Aufbau eines SDH-Messgerätes	344
14.3	Einmessung und Wartung von synchronen Systemkomponenten	344
14.3.1	Halb- und Vollkanalmessungen	344
14.3.2	Mapping-Analyse	345
14.3.3	Einmessen von Port-Schnittstellen	346
14.3.4	Messungen mit strukturierten Messsignalen	347
14.3.5	Messung der Laufzeit	349
14.3.6	Überprüfung der automatischen Ersatzschaltung	349
14.3.7	Simulation von Pointer-Aktivitäten	350
14.4	In-Betrieb-Messungen in der SDH	351
14.4.1	Analyse von Alarmmeldungen	351
14.4.2	Path Trace-Monitoring	352
14.4.3	Analyse von Pointern	353
14.4.4	Überprüfung systemintegrierter Sensoren	354
14.4.5	Überprüfung der Netzsynchronisierung	355
14.4.6	Jitter-Analyse	356
14.5	Messungen bei den Hierarchiestufen STM-N	359
14.6	Kriterien für die Auswahl eines SDH-Analysators	360
15	Messaufgaben im ATM	362
15.1	ATM-Messungen: ein Überblick	363
15.2	Zellverlust und Laufzeit	365
15.2.1	Auswirkungen von Zellverlusten	366
15.2.2	Laufzeit und Laufzeitschwankungen	366
15.2.3	Statistische Laufzeitschwankungen	367
15.3	Verkehrsvertrag und Qualitätsparameter	367
15.4	Messprinzipien im ATM: In-Betrieb-Messungen	370
15.4.1	Messung mit Zellblöcken	370
15.4.2	In-Service-Monitoring mit OAM-Zellen	370
15.4.3	Überwachung des Zellkopfes	372
15.4.4	Monitoring von ATM-Verbindungen	372
15.4.5	Durchgangsbetrieb	374
15.4.6	ATM-Ping	374
15.5	Messprinzipien im ATM: Außer-Betrieb-Messungen	375
15.5.1	Test der physikalischen Ebene	375
15.5.2	Simulation von OAM-Zellen	375
15.5.3	Tests von ATM-Verbindungen und Überwachungs- instanzen	377
15.5.4	Messung der Zelllaufzeit	378
15.5.5	Inbetriebnahme von ATM-Netzabschlüssen	380
15.5.6	Einmessung von vermittelten Kanälen (SVC)	380

15.5.7 LAN/WAN-Internetworking – Netzübergänge kritisch beleuchtet	381
15.6 Anforderungen an ein ATM-Testgerät	381
16 Kriterien für die Auswahl von Messtechnik – Testgeräte im Test	382
Anhang	
Quellen und weiterführende Literatur	386
Abkürzungen.	391
Stichwortverzeichnis	395

Vorwort

1997 erschien von Roland Kiefer die „Messtechnik in digitalen Netzen“ im gleichen Verlag wie das vorliegende Buch. Der sehr erfreuliche nationale und internationale Erfolg dieses Werkes – die englischsprachige Übersetzung lag 1999 vor – war für Verlag und Autor Ansporn, eine zweite Auflage in Betracht zu ziehen. Sehr schnell war klar, dass sich in den letzten Jahren so große Veränderungen vollzogen haben, dass eine simple Erweiterung und Aktualisierung der ersten Auflage diesem Veränderungsprozess kaum Rechnung getragen hätte. Unterstützt und motiviert von hilfreichen Rückmeldungen der zahlreichen Leser hat sich der Autor zu dem sinnvollen Schritt entschlossen, die von den Lesern der ersten Auflage geschätzten Schwerpunkte herauszupicken, sie gründlich zu überarbeiten, zu aktualisieren und vor allem das Schlüsselthema DWDM mit aufzunehmen. Die Suche nach einem schreiberprobten Experten für das Gebiet DWDM und optische Netze war recht schnell erfolgreich, so dass das vorliegende Werk als Co-Produktion zweier Autoren erscheint.

Das Buch soll Sie als Einsteiger beim Einarbeiten in die hochaktuelle Thematik der High-Speed-WAN-Netze begleiten, als erfahrenem Spezialisten soll es Ihnen als Nachschlagewerk und zur Abrundung Ihres Wissens dienen. Wir konzentrieren uns bewusst auf ein Teilgebiet der WAN-Übertragung, zugegebenermaßen auf das mit der mit Abstand größten Bedeutung. Wir verzichten auf weniger innovative Themen, die in der Literatur bereits gründlich durchgekauft wurden oder zu denen es bereits genügend gute Literatur gibt. Dazu gehören zum Beispiel die Thematiken ISDN oder xDSL. Stattdessen greifen wir aktuelle Diskussionen um die Gestaltung zukünftiger Netze auf. Das Literaturverzeichnis und das Verzeichnis interessanter, manchmal auch spannender Internet-Adressen helfen hier in jedem Fall weiter. Das Buch versteht sich als Soforthelfer beim Einstieg in die Thematik, soll aber auch dem erfahrenen Spezialisten Informationen zur Abrundung seines Wissens vermitteln.

Großen Wert haben wir auf gute inhaltliche Verständlichkeit gelegt, wir haben in keinem Fall – wie es leider häufig geschieht – die Normen und Standards einfach übersetzt und kommentiert, sondern uns bemüht, den Stoff didaktisch anspruchsvoll aufzubereiten.

Zum Verständnis des Buches ist grundlegendes Wissen um die Funktion von Netzen empfehlenswert. Basis-Know-how finden Sie jedoch an vielen Stellen immer wieder erwähnt. Dies soll es Ihnen erleichtern, kompliziertere Sachverhalte in bekannte Kategorien einzuordnen.

Die im zweiten Teil des Buches dargestellten Messapplikationen für WAN-Netze zeigen typische Messungen und Messaufgaben, die für Carrier und ihre Kunden unverzichtbar sind, um die Qualität der angebotenen Produkte und Dienstleistungen sicherzustellen und im Fehlerfall schnell und strategisch sinnvoll reagieren zu können. Die Informationen zum Thema Messtechnik und Troubleshooting werden Ihnen insbesondere dann wertvolle Hilfestellung leisten, wenn Sie sich mit der Konzeption von Messstrategien oder der konkreten Durchführung von Messungen beschäftigen.

Weltweit ist die Zahl der bedeutenden und global agierenden Hersteller und Lieferanten von Kommunikationmesstechnik recht begrenzt. Der hohe Standardisierungsgrad der WAN-Netze führt dazu, dass auch die Lösung von Messproblemen und die Interpretation von Messergebnissen relativ einheitlich ist. Die einzelnen Lösungen unterscheiden sich vor allem in der Produktfunktionalität und den zugrunde liegenden Bedienkonzepten. Die Produktbeispiele für Messlösungen (Screenshots) hat uns der Marktführer Acterna zur Verfügung gestellt. Wir möchten Acterna dafür ausdrücklich danken.

Apropos Danksagungen: Bedanken möchten wir uns bei den Herren Dr. W. Hoyer, Dr. T. Fuhrmann, U. Treiber, W. Mönch und V. Zeller für viele wertvolle Diskussionen und bei Herrn B. Braach für seine unermüdliche Korrekturarbeit. Dank auch an Herrn Buller vom Hüthig Verlag für die ausgezeichnete Betreuung.

Spezieller Dank geht an unsere Ehefrauen und Kinder. Erstere haben die Arbeit an diesem Werk durch ihr bewundernswertes Verständnis für viele arbeitsame Abende und Wochenenden unterstützt. Letztere haben dafür gesorgt, trotz der vielen Arbeit die Prioritäten sinnvoll zu setzen.

Tübingen und Pfullingen, im August 2002

Roland Kiefer

Peter Winterling