

Inhalt

Vorwort	XVII
----------------------	-------------

1	Einleitung	1
1.1	Telefonie im Sinne dieses Buchs	1
1.2	Das Phänomen der menschlichen Sprache	2
1.2.1	Am Anfang steht die Signalisierung	2
1.2.2	Sprechen sie dieselbe Sprache?	2
1.2.3	Gut gebrüllt, „Löwe“!	3
1.3	„Echtzeit“-Kommunikation	4
1.4	Fernmeldetechnik – gestern und heute	5
1.4.1	Wer war der Erfinder der Telefonie?	5
1.4.2	Alles hat seinen Preis	6
1.4.3	Telefonie wird zur Privatsache	6
1.5	Thesen zu VoIP – worum geht es den Benutzern?	7
1.5.1	THESE 1: Effektivität (Zeit) und Effizienz (Geld)	7
1.5.2	THESE 2: die fünf „S“ der Benutzererwartungen	8
1.5.3	THESE 3: Profile für Prozesse, Dienste und Benutzer	9
1.5.4	THESE 4: intelligente Büroumgebungen	11
1.5.5	THESE 5: IP-Transformation der Kommunikation	12
1.5.6	THESE 6: Konvergenz der Kommunikation und „Cloud“	12
1.5.7	THESE 7: Paradigmenwechsel	14
1.6	VoIP wird Realität	14
1.6.1	IP-fähige Telekommunikation	14
1.6.2	Telefonierendes IP	15
1.6.3	Der lange Weg von der PBX zum SoftSwitch und zur Cloud	15
1.7	Die Businessstreiber für VoIP	16
1.8	Die IP-Transformation der Sprache	18
1.8.1	Wozu braucht man eine ganzheitliche Betrachtung?	18
1.8.2	Das Modell der IP-Transformation	19
1.9	VoIP im praktischen Einsatz	29
1.9.1	Einsatzgebiete für VoIP	30

1.9.2	Ist VoIP billiger als klassische Telefonie?	32
1.10	VoIP und das OSI-Modell	33
1.10.1	Die Bedeutung von TCP und IP für VoIP	34
1.10.2	Geht Sprache auch auf Schicht zwei?	36
1.10.3	VoIP und das ISO/OSI-Modell	37
1.11	Essenz	40
2	Infrastrukturen im VoIP-Umfeld	43
2.1	Was gehört zur Infrastruktur?	43
2.2	Kabel, Leitungen und Drähte	44
2.2.1	Klassische Telefonkabel	45
2.2.2	Kabelkategorien	46
2.2.3	Verdrillung der Adernpaare	49
2.2.4	Schirmung der Adernpaare und der Kabel	50
2.2.5	Erdung und/oder Schirmung	51
2.2.6	Verkabelungsarten und Längenbeschränkungen	53
2.2.7	Lichtwellenleiter (LWL)	55
2.3	Kabel- und Leitungsarchitekturen	56
2.3.1	Ringförmige Verkabelungsarchitekturen	56
2.3.2	Sternförmige Verkabelungsarchitekturen	57
2.3.3	Strukturierte Verkabelungsarchitekturen	58
2.3.4	Redundante Verkabelungsarchitekturen	59
2.4	Endgeräte für die Kommunikation	60
2.4.1	Akustikdesign der TEG	61
2.4.2	Das Telefonendgerät (TEG)	61
2.4.3	Anschaltung bei klassischer Telefonie	62
2.4.4	IP-Endgeräte/-Telefone (IP-TEG)	64
2.5	Anschlüsse für Verkabelungssysteme	66
2.5.1	Stecker und Buchsen	66
2.5.2	Auflegeverfahren	69
2.6	Stromversorgung	70
2.6.1	Power over Ethernet	70
2.6.2	Zusätzlicher Betriebsstrom an den Komponenten	73
2.6.3	Zusätzlicher Betriebsstrom für IP-TEG	74
2.6.4	Versorgung mit Notstrom	74
2.7	Die Luft als Infrastruktur	75
2.8	Kommunikation ohne Drähte, Leitungen und Kabel	76
2.9	Aktive Netzwerkkomponenten für VoIP	77
2.9.1	Anschlussvervielfacher – HUB	78
2.9.2	Anschlussverteiler – Switch	78
2.9.3	Kommunikationsflussverteiler – Router	80
2.9.4	Gateways	83

2.9.5	Firewalls	84
2.9.6	SBC – Session Border Controller	86
2.10	Essenz	86
3	Netze, QoS, Pakete und Bandbreite	89
3.1	Festnetze für VoIP	90
3.1.1	Geografische und funktionale Differenzierung	90
3.1.2	Technologische Differenzierung der Netze	91
3.1.3	IP-Netze	93
3.1.4	Breitbandnetze	97
3.2	Mobilnetze für VoIP	98
3.2.1	WLAN IEEE 802.11 und seine Komponenten	99
3.2.2	WLAN-Architekturen	100
3.2.3	Planung und Implementierung von WLANs	104
3.2.4	Voice over WLAN (VoWLAN)	106
3.2.5	Praktischer Einsatz von VoWLAN	110
3.3	Qualitätsanforderungen der Dienste (QoS)	113
3.3.1	Subjektive Güte der Sprache – ohne MOS nichts los	113
3.3.2	Die Kodierung der Sprache	115
3.4	Parameter der QoS im VoIP-Umfeld	117
3.4.1	Laufzeit, Laufzeitschwankungen und Paketverluste	117
3.4.2	Die IP-Paketgröße für Sprachdaten	120
3.4.3	Paketmarkierungen für VoIP	121
3.5	IP-Pakete im VoIP-Umfeld	124
3.5.1	UDP und TCP	124
3.5.2	IPSec – IP Security	125
3.5.3	Die Paketstruktur im VPN-Tunnel	127
3.5.4	RTP – Real-Time Transport Protocol	128
3.5.5	RTCP – Real Time Control Protocol	129
3.6	QoS für die Signalisierung	132
3.7	Bandbreite und Komprimierung	134
3.7.1	Was ist ERLANG?	134
3.7.2	Bandbreitenkalkulation für VoIP	135
3.7.3	Bandbreitenkalkulation für Fax und Modem over IP	136
3.7.4	Komprimierung	136
3.7.5	Bandbreitenbedarf der Signalisierung	137
3.8	Essenz	138
4	Nummern, Adressen und Namen	141
4.1	Nummern in der Telefonie	142
4.1.1	Das internationale Rufnummernformat E.164	142
4.1.2	Notruf- und andere Sondernummern	144

- 4.1.3 Der interne Rufnummernplan 145
 - 4.1.4 Übersetzung zwischen internem und externem RNP 148
 - 4.2 Adressen in der IP-Welt 149
 - 4.3 Die MAC-Adresse 149
 - 4.3.1 Aufbau der MAC-Adresse 150
 - 4.3.2 Die Funktion der MAC-Adresse im VoIP-Umfeld 151
 - 4.4 Die IP-Adresse 151
 - 4.4.1 Struktur und Funktion der IP-Adressen 152
 - 4.4.2 Vergabe der IP-Adressen 155
 - 4.4.3 DHCP für VLAN-Zuordnung 157
 - 4.4.4 Probleme mit DHCP 157
 - 4.4.5 LLDP 159
 - 4.4.6 VoIP und IP-Routing 159
 - 4.5 Nummern und Namen im Telefonieumfeld 161
 - 4.5.1 Mit Namen wählen 161
 - 4.5.2 Das Telefonbuch 162
 - 4.5.3 Verzeichnisdienst und Telefonbuch 163
 - 4.6 Namen in der IP-Welt 166
 - 4.6.1 DNS – der Namensdienst im IP 166
 - 4.6.2 Suche im DNS 167
 - 4.6.3 DNS im VoIP-Umfeld 168
 - 4.7 ENUM – Nummern im Namenformat 169
 - 4.8 Essenz 170
- 5 Protokolle und Dienste für VoIP 171**
 - 5.1 Protokolle der klassischen Telefonie 173
 - 5.1.1 Protokolle und Dienste des ISDN 173
 - 5.1.2 Digitale Anschlüsse zum ISDN und zu Teilnehmern 174
 - 5.1.3 Standardprotokolle für die digitale Vernetzung 176
 - 5.1.4 Herstellereigene Protokolle für die digitale Vernetzung 178
 - 5.1.5 Protokolle und Dienste für analoge Kommunikation 178
 - 5.2 Protokolle der IP-Telefonie 179
 - 5.3 IP-Protokolle für Management und Konfiguration 180
 - 5.3.1 Klassische, ungesicherte Managementprotokolle 181
 - 5.3.2 Gesicherte Managementprotokolle 183
 - 5.4 IP-Protokolle für die Steuerung und Signalisierung 184
 - 5.4.1 H.323 zum Teilnehmer 185
 - 5.4.2 H.323 zur Vernetzung 185
 - 5.4.3 Weitere wichtige Steuerungs- und Signalisierungsprotokolle 186
 - 5.5 Protokolle für VoIP-Medienübertragung 188
 - 5.5.1 Protokolle für Sprache im VoIP-Umfeld 188
 - 5.5.2 Protokolle für Fax- und Modemdienste 188

5.6	SIP – das IP-Protokoll für Multimedia und Mobilität	195
5.6.1	Wozu dient SIP?	196
5.6.2	Was unterscheidet SIP von anderen Protokollen?	196
5.6.3	Wie funktioniert SIP?	197
5.6.4	SIP als Protokoll zu den Endgeräten	200
5.6.5	SIP als Trunk-Anschluss (Private/Public)	202
5.6.6	SIP und Sicherheit	206
5.7	WebRTC – Echtzeitkommunikation Browser	209
5.7.1	Wozu dient WebRTC?	209
5.7.2	Was unterscheidet WebRTC von anderen Protokollen?	210
5.7.3	Wie funktioniert WebRTC?	211
5.7.4	Überwindung von Netzwerkbarrieren	214
5.7.5	Zusammenspiel von WebRTC und SIP	216
5.7.6	WebRTC und Sicherheit	217
5.8	Essenz	218
6	Leistungsmerkmale	219
6.1	Standardisierte Leistungsmerkmale	219
6.1.1	Leistungsmerkmale für die Teilnehmeridentifikation	220
6.1.2	Leistungsmerkmale für den Aufbau von Anrufen	228
6.1.3	Leistungsmerkmale während des Anrufs	233
6.1.4	Leistungsmerkmale für mehrere Teilnehmer	237
6.1.5	Weitere standardisierte Leistungsmerkmale	239
6.2	Nicht standardisierte Leistungsmerkmale	242
6.2.1	Spezielle Konferenzvarianten	243
6.2.2	Teamfunktionen	245
6.2.3	Chef/Sekretär-Funktionen	249
6.2.4	Präferenzfunktionen	250
6.2.5	ACD – Automatische Anrufverteilung	251
6.2.6	Vermittlungsplatz	254
6.2.7	DISA – Direct Inward System Access	256
6.3	Essenz	257
7	Ports, Kanäle und Bündel	259
7.1	Kanäle und Bündel	259
7.2	Ports in der IP-Welt	260
7.2.1	Einsatz der IP-Ports	260
7.2.2	„Well known“ IP-Ports	262
7.2.3	Standard-IP-Ports für VoIP	263
7.2.4	Dynamische IP-Ports	264
7.3	Essenz	265

8	Applikationen im VoIP-Umfeld	267
8.1	Applikationsschnittstellen und Funktionen	269
8.1.1	CSTA: „Computer sieht Telefonanlage“	269
8.1.2	TAPI – Telephony Application Programming Interface	270
8.1.3	XML – eXtensible Markup Language	271
8.1.4	SOAP – Simple Object Access Protocol	274
8.2	Anwendungen mit Kommunikationsfunktionen	275
8.2.1	CTI (Computer Telephony Integration)	276
8.2.2	Design einer CTI-Umgebung	279
8.3	UMS – Unified Messaging System	282
8.3.1	Nur noch einen „Briefkasten“	282
8.3.2	Faxnachrichten	283
8.3.3	SMS-Nachrichten	285
8.3.4	Abhören und Lesen der Nachrichten im UMS	285
8.4	Präsenzinformationssysteme	287
8.4.1	Die Telefonpräsenz	288
8.4.2	Das Präsenzsystem	288
8.5	Sprach-Konferenzsysteme	289
8.5.1	Konferenzvarianten	289
8.5.2	VoIP und Konferenzfunktionen	290
8.6	Webkonferenzsysteme	291
8.6.1	Das Prinzip der Webkonferenzen	291
8.6.2	Die Funktionsweise von Webkonferenzen	292
8.6.3	Praktischer Einsatz von Webkonferenzen	292
8.7	Kollaborationsapplikationen	293
8.8	Alarmierungs- und Evakuierungssysteme	295
8.8.1	Alarmierung	295
8.8.2	Automatische Mitteilungsverteilungen	296
8.8.3	Evakuierung	297
8.9	Notruf im VoIP-Umfeld	298
8.9.1	Rechtliche und regulatorische Aspekte des Notrufs	298
8.9.2	Notruf und Standortinformationen	298
8.9.3	Anruferlokalisierung auf Basis von E911	299
8.9.4	Technologische Aspekte des Notrufs im VoIP-Umfeld	299
8.10	Die Vermittlung	300
8.10.1	Das Fräulein vom Amt	301
8.10.2	Der moderne Vermittlungsplatz	301
8.10.3	Die automatische Vermittlung	302
8.10.4	Persönlicher Assistent	302
8.10.5	Routing-Profile	303
8.11	Anwendungen für die Kundeninteraktion	304
8.11.1	Von der Vermittlung zum CallCenter	304
8.11.2	Das moderne CallCenter	304

8.11.3	Vorteile von VoIP-CallCentern	305
8.11.4	Multimediale CallCenter	306
8.11.5	Interne Interaktion	306
8.11.6	Vom KIZ zum „Business Process Routing“	307
8.12	Essenz	308
9	Klassische VoIP-Architekturen	309
9.1	Als die Telekommunikationssysteme VoIP „lernten“	309
9.1.1	Auf dem Weg zur VoIP-Architektur	309
9.1.2	Neu oder Migration?	309
9.1.3	Von der PBX zur IP-PCX	310
9.1.4	Von der IP-PCX zur VoIP-PCX	311
9.1.5	Von IP-enabled zu hybrid	313
9.1.6	Was ist besser: hybrid oder reines VoIP?	314
9.1.7	Von der VoIP-PCX zu Soft-VoIP	315
9.1.8	Zentral oder dezentral?	319
9.2	Komponenten von VoIP-Systemen	320
9.2.1	Die Steuereinheit	321
9.2.2	Redundanz der Steuerungen	323
9.2.3	Das Koppelfeld	325
9.2.4	VoIP-Mediagateways	326
9.2.5	Module für Sonderfunktionen	327
9.3	Sonderarchitekturen und Trends	327
9.3.1	Virtuelle Maschinen und Container-Virtualisierung	327
9.3.2	Offene VoIP-Systeme – „Open Source“-Lösungen	328
9.3.3	Ich gebe dir was und du gibst mir was	328
9.4	Essenz	329
10	VoIP-Cloud-Modelle	331
10.1	Grundsätzliches zum Thema Cloud	331
10.1.1	Akteure im Cloud-Umfeld	331
10.1.2	Von der VoIP-PCX zum CaaS CSP	332
10.1.3	Begriffsbestimmung „Cloud-Service“	334
10.1.4	VoIP-Cloud-Modelle vs. klassische VoIP-Architekturen	334
10.1.5	Server-Virtualisierung als Grundlage von CaaS	336
10.1.6	Charakteristika von Cloud-Services	337
10.2	Cloud-Liefer- und -Servicemodelle	339
10.2.1	Cloud-Liefermodelle	340
10.2.2	Cloud-Servicemodelle	343
10.3	Communication as a Service	348
10.3.1	Chancen und Risiken	348
10.3.2	Die TK/IT-Abteilung im Wandel	356

10.3.3	Qualitätssicherung	357
10.3.4	Methode für eine erfolgreiche CaaS-Transformation	358
10.3.5	Exemplarische Darstellung einer CaaS-Architektur	360
10.4	Ökonomische Aspekte eines CaaS	362
10.4.1	Kostenblöcke eines CaaS-Servicemodells	363
10.4.2	Kostenvorteile eines CaaS-Servicemodells	364
10.4.3	Klassische- und Cloud-Lizenzmodelle im Vergleich	366
10.4.4	TCO-Betrachtung	366
10.4.5	ROI-Betrachtung	368
10.5	Essenz	369
11	Managementsysteme für VoIP	371
11.1	Die Managementpyramide	371
11.1.1	Ebene der Basismanagement-Anwendungen	373
11.1.2	Ebene des Applikationsmanagements	374
11.1.3	Ebene des allgemeinen Netzwerkmanagements	375
11.1.4	Ebene des zentralen Ressourcenmanagements	376
11.1.5	Ebene des übergreifenden Dienstmanagements	377
11.2	Anlagenbezogenes Basismanagement	378
11.2.1	Die Managementzentrale der VoIP-Anlage	379
11.2.2	Anlagenbezogenes Elementmanagement	379
11.2.3	Elementares Ressourcenmanagement	380
11.2.4	Nutzermanagement auf der Anlagenebene	381
11.2.5	Fehler- und Alarmmanagement	384
11.2.6	Anlagenbezogenes Berechtigungsmanagement	385
11.3	Management der VoIP-Funktionen	387
11.3.1	Das QoS-Management auf dem VoIP-System	388
11.3.2	Das QoS-Management im IP-Netz	389
11.3.3	Management der DSPs und Codecs	389
11.3.4	Administration von VoIP-Domains	390
11.3.5	VoIP-Statistiken	393
11.4	SNMP im VoIP-Umfeld	394
11.5	Management zentraler VoIP-Ressourcen und -dienste	395
11.6	Performancemanagement	396
11.7	Essenz	398
12	Sicherheit, Gefahren, Risiken	399
12.1	Das Verständnis für Sicherheit	399
12.2	Sicherheit	400
12.2.1	Das Gefühl von Sicherheit	400
12.2.2	Gefahren kennen und erkennen	400
12.2.3	Die Technik ist nur das Mittel	401
12.2.4	Drei Sicherheitsbereiche	401

12.3	Risiko	402
12.4	Gefahr	403
12.5	Bedrohung	404
12.6	Warum Sicherheit für VoIP?	405
12.6.1	BASELer Beschlüsse	406
12.6.2	Kontroll- und Transparenzgesetz	406
12.7	IT-Grundschkatzkatalog	407
12.8	BSI – VoIPSec-Studie	408
12.8.1	Zu Grundlagen und Protokollen von VoIP	409
12.8.2	Zur Medienübertragung in VoIP	411
12.8.3	Zum VoIP-Routing – Wegefindung	412
12.8.4	Zum Routing – Wegefindung der Namen und Nummern	413
12.8.5	Zur Kodierung des VoIP-Stroms	414
12.8.6	Angriffspotenzial auf und im IP-Netz	416
12.9	Essenz	416
13	VoIP – aber mit Sicherheit	417
13.1	VoIP-Sicherheit – für was und für wen?	417
13.2	Bedrohungen der Vertraulichkeit	418
13.2.1	Nutzersicherheit	418
13.2.2	Administratorsicherheit	418
13.2.3	Absicherung für das Systemmanagement	421
13.3	Bedrohungen gegen die Integrität	424
13.3.1	Tunnelbildung	424
13.3.2	Verschlüsselung	425
13.4	Bedrohungen gegen die Verfügbarkeit	426
13.5	Authentisierung	427
13.5.1	Unberechtigte Personen	427
13.5.2	Authentisierung 802.1x	428
13.6	Sicherheitsfunktionen im VoIP-System	429
13.6.1	Trusted Host	430
13.6.2	TCP-Wrapper	430
13.6.3	ICMP Redirect	431
13.7	Zugangssicherheit im IP-Netz	431
13.7.1	„Lernende“ IP-Anschlusssicherheit (learned port security)	432
13.7.2	DHCP-Schutz	433
13.7.3	Zugangskontrolllisten – ACLs (access control lists)	433
13.8	Essenz	434

- 14 Betrieb und Zuverlässigkeit 435**
 - 14.1 Gesicherter Betrieb 435
 - 14.2 Zuverlässigkeit und Ausfallzeit 435
 - 14.2.1 Ausfallzeit 436
 - 14.2.2 Zuverlässigkeit 436
 - 14.2.3 Verfahren zur Zuverlässigkeitsbetrachtung 438
 - 14.2.4 Berechnung der Zuverlässigkeit 439
 - 14.2.5 Bewertung der Zuverlässigkeit eines Gesamtsystems 441
 - 14.3 Betriebsdauer und Lebenszyklus 441
 - 14.3.1 Softwarelebenszyklus 442
 - 14.3.2 Hardwarelebenszyklus 443
 - 14.4 Betriebsmodelle 444
 - 14.4.1 OUT-Tasking und -Sourcing 444
 - 14.4.2 Managed Communication Services 445
 - 14.5 Essenz 445
- 15 Fehler- und Störungsbeseitigung 447**
 - 15.1 Ziele der Fehleranalyse und Störungsbeseitigung 447
 - 15.1.1 Schnelligkeit ist keine Hexerei 448
 - 15.1.2 Fehler erkannt – Gefahr gebannt! 448
 - 15.1.3 Verhindern der Fehlerausbreitung 450
 - 15.1.4 Ein guter Plan A hat immer einen besseren Plan B 451
 - 15.1.5 Prävention – denn Vorbeugen ist besser als Heilen 452
 - 15.1.6 Aus Schaden wird man klug 453
 - 15.1.7 Wer schreibt, der bleibt 454
 - 15.2 Fehler und Störungsbilder im VoIP-Umfeld 455
 - 15.3 Das Telefon geht nicht 457
 - 15.3.1 Steckt der Fehler in der Physik? 457
 - 15.3.2 Steckt der Fehler im System? 459
 - 15.4 Die Verbindung klappt nicht 460
 - 15.5 Die Sprachqualität bei VoIP ist schlecht 461
 - 15.5.1 Kriterien für die Sprachqualität 462
 - 15.5.2 Schwankende und wechselnde Gesprächsqualität 462
 - 15.5.3 Die Lautstärke ist ungenügend oder unpassend 463
 - 15.5.4 Störende Echos und Hall während der Verbindung 466
 - 15.5.5 Verstümmelte und bruchstückhafte Kommunikation 468
 - 15.6 Essenz 470
- 16 VoIP-Analyse 471**
 - 16.1 Ziel und Methode der VoIP-Analyse 471
 - 16.1.1 Ziele der VoIP-Analyse 471
 - 16.1.2 Bestandteile der VoIP-Analyse 472

16.2	Gemessene QoS-Werte der VoIP-Analyse	473
16.3	MOS-Wert bei der VoIP-Analyse	474
16.4	Berechnung des MOS-Werts mittels E-Modell	474
16.4.1	Entwicklung und Ziel des E-Modells	474
16.4.2	Aufbau und Struktur des E-Modells	475
16.4.3	Parameter des E-Modells und deren Standardwerte	480
16.4.4	Der R-Faktor	481
16.4.5	Die Berechnung des R-Faktors	482
16.5	Werkzeuge für VoIP-Analysen	483
16.6	Durchführung der VoIP-Analyse	484
16.6.1	Planung der VoIP-Analyse	485
16.6.2	Konfiguration der VoIP-Analyse	488
16.6.3	Auswertung der VoIP-Analyse	494
16.6.4	Hilfreiche Sonderfunktionen	497
16.7	Essenz	500
Verzeichnis der Abkürzungen		501
Literatur		513
Index		515