

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Kurze Informationen über die Autoren	IX
1 Einführung	1
1.1 Lebenszyklus von Rechnernetzen	1
1.2 Grobplanung	4
1.3 Beispiele	6
1.3.1 Projekttyp I – Reparatur/Modernisierung von Netzwerken	6
1.3.2 Projekttyp II – Ergänzung von Netzwerken	6
1.3.3 Projekttyp III – Erneuerung von Netzwerken	7
1.3.4 Projekttyp IV – Entwurf neuer Netzwerke	7
1.4 Feinplanung	7
1.5 Workflow bei einer qualifizierten Rechnernetzplanung	8
1.6 Kostenplanung und Optimierung	9
1.6.1 Kostenmodellierung kombinierter drahtgebundener und drahtloser LANs	9
1.6.2 Optimierung der Gesamtkosten eines Netzwerkes	11
1.6.3 Allgemeiner Netzwerkertrag und Optimierung der Erweiterungskosten eines Netzwerkes	12
1.6.4 Kostenmodelle und Ermittlung der Gesamtkosten	14
1.6.5 Bestimmung der Amortisierungskoeffizienten	18
1.6.6 Optimierung der Erweiterungskosten	19
2 Grundlagen	23
2.1 Optik – Historie	23
2.2 Elektrodynamik – Historie	24
2.2.1 Frühe Entdeckungen	24
2.2.2 Elektrische und magnetische Felder	25
2.2.2.1 Statische Felder	26
2.2.2.2 Zeitveränderliche Felder	28
2.3 Elektromagnetische Wellen	31
2.4 Funktechnik	36
2.4.1 Ursprung	36
2.4.2 Antennentechnik	38

2.5	Angewandte Probleme der Elektrodynamik	44
2.5.1	Klassifikation von elektromagnetischen Wellen	44
2.5.2	Funksignalausbreitungsaspekte	44
2.5.3	Dämpfung	47
2.5.4	Reflexion	49
2.5.5	Diffraction (Beugung)	53
2.5.6	Einfluss elektrischer Parameter der Erdatmosphäre auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	62
2.6	Kurzfassung der Geschichte der Entwicklung von Kommu- nikationssystemen und der Informationstheorie im XIX. und XX. Jahrhundert	69
3	Infrastrukturplanung kabelgebundener Netze.	
	Strukturierte Verkabelung	75
3.1	Praktische relevante Übertragungsmedien	75
3.2	Verkabelungstopologien	80
3.3	Bedarfsverkabelung	81
3.4	Strukturierte Verkabelung	84
3.5	Aktuelle Netzwerkklassen bzw. -kategorien	90
3.6	Methodik der Qualitätsmessung und Zertifizierung, Fehlerdiagnostik	94
4	Infrastrukturplanung drahtloser Netze. Ausleuchtungsmodelle	101
4.1	Empirische Ausleuchtungsmodelle	102
4.1.1	Freiraumdämpfungsmodelle (Free Space Loss/ One Slope/Linear Attenuation)	103
4.1.2	Okumura-Modell	105
4.1.3	Okumura-Hata-Modell	106
4.1.4	COST 231 Hata-Modell	108
4.1.5	Freiraumdämpfung im Link-Budget-Modell	108
4.1.6	Clearance-Modell	110
4.2	Semi-empirische Ausleuchtungsmodelle	112
4.2.1	Multi-Wall-Modell	112
4.2.2	COST 231 Walfisch-Ikegami-Modell	115
4.2.3	Shadowing-Modell	118
4.3	Strahlenoptische Ausleuchtungsmodelle	120
4.3.1	Motley-Keenan-Modell	120
4.3.2	Ray-Tracing-Modell	121
4.3.3	Ray-Launching-Modell	122
4.3.4	Dominant-Path-Prediction-Modell	123

4.4	Feldtheoretische Ausleuchtungsmodelle	126
4.5	Algorithmen zur Standortermittlung	127
4.5.1	Site-Finder-Algorithmus	128
4.5.2	Erweiterter Site-Finder-Algorithmus	131
4.5.3	Line of Sight (LOS) Site Finder	132
4.5.4	Multifarben-Tintenfleck-Modell und -Algorithmus	133
5	Planungsrelevante Eigenschaften konkreter Netzwerktechnologien	137
5.1	Kerntechnologien – Übersicht, Integration und Interoperabilität	137
5.2	Ethernet-Familie (IEEE 802.3)	146
5.2.1	Basistechnologien (IEEE 802.3)	146
5.2.2	10Gigabit-Ethernet (IEEE 802.3ae/an)	149
5.3	Drahtlose lokale Netze IEEE802.11 (WLAN)	155
5.3.1	Normenübersicht IEEE 802.11b, g, a	155
5.3.2	Standard IEEE 802.11n	158
5.3.3	Projektierung und Optimierung von WLAN	163
5.4	Drahtlose städtische Netze IEEE802.16 (WiMAX)	177
5.4.1	Referenzarchitektur, Einsatzgebiete und Konfigurationen von WiMAX-Netzen (IEEE802.16 a/d/e/m)	177
5.4.2	Projektierung und Optimierung von WiMAX-Netzen	187
5.5	Mobilfunknetze neuester Generation: LTE und MBWA	188
5.6	Automatisierungsnetze. Feldbusse	191
5.7	Sensornetze (WSN)	195
5.7.1	Überblick drahtloser Sensor-Netzwerke	195
5.7.2	Entwurf energieeffizienter drahtloser Sensornetze: Anforderungen und Methoden	199
5.7.3	Schichtenübergreifender Entwurf energieeffizienter WSN	201
5.7.4	Optimierung der Topologie	203
5.7.5	Anwendungsfälle bei WSN-Entwurf. ZigBee. EnOcean	204
5.8	Erforderliche Toolfunktionalität bei Projektierung drahtloser Netze	208
6	Logische Strukturierung komplexer Netze	213
6.1	Adressplanung, Subnetze, Intranet, Migrationsaspekte IPv4/IPv6 ...	213
6.1.1	IPv4-Adressierung	213
6.1.2	Subnetzbildung (Subnetting)	214
6.1.3	Fortgeschrittene Strukturierung: Intranet, NAT, Mobile IP, DHCP	217

6.1.4	IPv6 und Migrationsaspekte von IPv4 zu IPv6	222
6.1.4.1	Dual-Stack-Architektur	223
6.1.4.2	Protokollumsetzung in Schicht 3	224
6.1.4.3	Weitere Ansätze NAT – Protocol Translation	228
6.1.4.4	Tunneling als Methode zur Migration	229
6.2	Virtualisierung in Rechnernetzen (VPN, SAN/NAS, MPLS, Clouds)	235
6.2.1	Heterogene virtuelle Betriebssysteme	238
6.2.2	Servervirtualisierung	240
6.2.3	Dienste und dedizierte Server	240
6.2.4	Fortgeschrittene Virtualisierungskonzepte	241
6.2.5	Beispiel einer Servervirtualisierung	247
6.2.6	MPLS: Multiprotocol Label Switching	250
6.2.7	Cloud Computing	251
6.3	Datensicherheit: Anwendungen, Recht und Technik	255
6.3.1	Technische Aspekte von Datensicherheit gewährleistenden Anwendungen und Web-Systemen	256
6.3.2	Rechtliche Aspekte von Datensicherheit gewährleistenden Anwendungen und Web-Systemen	260
6.3.3	Fallstudien: Lösungen für Gateways und Portale	263
7	Netzwerkqualität und Netzwerkanalyse. Tools zur Netzplanung	267
7.1	Last- und Protokollsimulationstools OPNET, COMNET-III und OMNeT++	268
7.2	Netzwerksimulator NS-2	271
7.2.1	Tool Command Language (Tcl)	272
7.2.2	Installation des Systems	273
7.2.3	Grundkonzept von NS-2	274
7.2.4	Komponenten des NS-2	276
7.2.4.1	Transportagenten	276
7.2.4.2	Applikationen	277
7.2.4.3	Warteschlangen und Routing	278
7.2.5	Ein Simulationsbeispiel	278
7.2.6	Auswertung und Analyse	283
7.2.6.1	Trace-File	283
7.2.6.2	NAM: Network Animator	286
7.2.6.3	Simulationen starten	288
7.2.7	Nützliches Codebeispiel zum Erstellen von Topologie	289
7.2.8	NS-2 im Überblick. Ausführung parallelisierter Simulation	294

7.3	Netzwerkverifikations- und -managementtools	294
7.3.1	Netzwerkverifikationstools	295
7.3.2	Netzwerkmanagementtools	296
7.3.2.1	Architektur und Funktionalität	296
7.3.2.2	Systembeispiele	307
7.4	Tools zur Darstellung von Gebäudeformaten (IFC/IFCXML)	317
7.5	Tools zur physikalischen Planung drahtloser Netze	318
7.5.1	Planung drahtloser Netze unter Nutzung von NetStumbler	319
7.5.2	Monitoring und Planung drahtloser Netze durch Ekahau Site Survey	320
7.5.3	Planung drahtloser Netze durch AWE Communications WinProp	322
7.5.4	WLAN-Planung durch RF3D WiFi-Planner	323
7.5.5	Übersicht zu führenden Rechnernetzplanungstools	324
7.5.6	Weitere Systeme und Methoden zur Planung drahtloser Netze	326
7.5.7	WLAN-Planung durch CANDY Site Finder	327
7.6	Beschreibungssprachen zur Netzwerkplanung	330
7.7	Anforderungen an integrierte CAD-Systeme	331
8	CANDY – Computer Aided Network Design Utility	335
8.1	NDML (Network Design Markup Language)	336
8.2	CANDY Framework	354
8.2.1	Systemarchitektur des CANDY Framework	354
8.2.2	Darstellung einzelner Entwurfsroutinen und -tools	356
8.2.2.1	CANDY Site Finder (CSF)	357
8.2.2.2	CANDY Trace Router (CTR)	361
8.2.2.3	CANDY Bill Reporter (CBR)	362
8.3	CANDY Online Plattform	364
8.3.1	Öffentlicher Bereich der CANDY Online-Plattform	367
8.3.2	Privater Bereich der CANDY Online-Plattform	369
8.3.3	Planungvalidierung über die CANDY Online-Plattform ...	369
8.4	CANDY – vertiefende Detailbetrachtungen	370
8.4.1	Workflow Management System	370
8.4.1.1	Projektmanagementsysteme	370
8.4.1.2	Konzept des CANDY Projekt Management Systems (CPMS)	371
8.4.1.3	Formalisierung des CPMS Workflow-Modells	372
8.4.1.4	Erstellung von Taskdefinitionen	375

8.4.2	Nutzung von Web Services	376
8.4.2.1	Grundlegende Web-Service-Technologien	377
8.4.2.2	Nutzung von Hochleistungsrechnern mittels CANDY Web Services	380
8.4.3	CANDY-Ausblick	386
8.4.3.1	Erweiterung des Gesamtworkflows um Netzwerkmanagement	386
8.4.3.2	Web-basiertes Netzwerkmanagement	387
8.4.3.3	Ein REST-basiertes SNMP-Gateway	390
8.4.3.4	REST-basierte Design/Management-Lösung für CANDY Framework	392
9	Anhang	395
9.1	Mathematik	395
9.2	Maßeinheiten	395
9.3	MatLab-Skripte für Rechnernetzplanung	396
	Literaturverzeichnis	411
	Sachwortverzeichnis	417