

Christoph Meinel • Harald Sack

# WWW

Kommunikation, Internetworking,  
Web-Technologien

Mit 534 Abbildungen und 106 Tabellen



Springer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. All about</b> . . . . .	1
1.1 Das Internet – Basistechnologie des WWW . . . . .	1
1.1.1 Das Netz der Netze . . . . .	1
1.1.2 Basiswissen Netzwerktechnik . . . . .	2
1.1.3 Internet-Kommunikationsprotokolle . . . . .	4
1.1.4 Internet-Dienste und -Anwendungen . . . . .	9
1.2 Das World Wide Web – eine erste Annäherung . . . . .	12
1.2.1 Browser . . . . .	13
1.2.2 Hypertext und Hypermedia . . . . .	14
1.2.3 HTML und Dokumentendarstellung . . . . .	19
1.2.4 Identifikation von Dokumenten . . . . .	21
1.2.5 Dokumententransport . . . . .	22
1.2.6 Browserarchitektur . . . . .	22
1.3 Die untrennbare Geschichte von Internet und WWW . . . . .	25
1.3.1 Das ARPANET – wie alles begann... . . . . .	25
1.3.2 The Internet goes public . . . . .	29
1.3.3 Das WWW revolutioniert das Internet . . . . .	33
1.4 Das Who-is-Who in Internet und WWW . . . . .	37
1.4.1 Internet Architecture Board – IAB . . . . .	38
1.4.2 Internet Society – ISOC . . . . .	40
1.5 Offene Standards im Internet und WWW – geregelte Anarchie . . . . .	41
1.5.1 Wie entsteht ein Standard? . . . . .	41
1.5.2 Deutsche Akteure und Provider . . . . .	48
1.6 Glossar . . . . .	49

---

## Teil I. Die Kommunikation und ihre Medien

---

<b>2. Kommunikationsmedien im Wandel – von der Höhlenmalerei zum WWW</b> . . . . .	55
2.1 Entwicklung der Schrift . . . . .	55
2.2 Buchdruck und erste Kommunikationsnetze . . . . .	58
2.3 Entstehung des Zeitungswesen . . . . .	64
2.4 Telekommunikationssysteme und Elektrizität . . . . .	66

2.4.1	Optische Telegrafie . . . . .	66
2.4.2	Elektrische Telegrafie . . . . .	67
2.5	Der Vormarsch der Individual-Telekommunikation . . . . .	69
2.5.1	Telefon . . . . .	69
2.5.2	Vom Phonograph zum Grammophon . . . . .	71
2.5.3	Fotografie . . . . .	72
2.6	Drahtlose Telekommunikation - Rundfunk und Fernsehen . . . . .	74
2.6.1	Funktelegrafie . . . . .	74
2.6.2	Rundfunk . . . . .	76
2.6.3	Film und Kino . . . . .	77
2.6.4	Fernsehen . . . . .	78
2.6.5	Der Computer als universeller persönlicher Kommunikationsmanager . . . . .	82
<b>3.</b>	<b>WWW – das universelle Kommunikationsmedium . . . . .</b>	<b>91</b>
3.1	Medienvielfalt und Multimedia - eine Formatfrage . . . . .	91
3.2	Text - Datenformate und Komprimierung . . . . .	94
	<b>Exkurs 1: Einfache Verfahren der Datenkomprimierung . . . . .</b>	<b>100</b>
3.3	Grafik - Datenformate und Komprimierung . . . . .	102
3.3.1	Varianten der Lauflängenkodierung für Grafikdaten . . . . .	106
3.3.2	LZW-Verfahren . . . . .	106
3.3.3	GIF-Format . . . . .	111
	<b>Exkurs 2: GIF – Dateiaufbau . . . . .</b>	<b>113</b>
3.3.4	JPEG-Format . . . . .	115
	<b>Exkurs 3: JPEG – Komprimierungsprozeß . . . . .</b>	<b>118</b>
	<b>Exkurs 4: JPEG – Dateiaufbau . . . . .</b>	<b>120</b>
3.4	Audio – Datenformate und Komprimierung . . . . .	122
3.4.1	Analog-Digital-Umwandlung . . . . .	124
3.4.2	Unkomprimierte Audio-Datenformate . . . . .	128
3.4.3	Audiokomprimierung . . . . .	132
3.4.4	MPEG Audiokodierung . . . . .	137
	<b>Exkurs 5: MPEG-1 Audiokodierung . . . . .</b>	<b>139</b>
	<b>Exkurs 6: MP3 – Dateiaufbau . . . . .</b>	<b>142</b>
3.4.5	Weitere Audio-Komprimierungsverfahren . . . . .	147
3.4.6	Streamingtechniken . . . . .	150
3.5	Video und Animation - Datenformate und Komprimierung . . . . .	152
3.5.1	Digitale Videokodierung . . . . .	153
3.5.2	Komprimierung von Videosignalen . . . . .	156
3.5.3	Bewegungskompensation und Bewegungsvorhersage . . . . .	158
3.5.4	MPEG Komprimierung: Schlüsselprobleme . . . . .	160
3.5.5	MPEG Komprimierung: Prinzipielles Vorgehen . . . . .	161
3.5.6	MPEG-2 Standard . . . . .	166
	<b>Exkurs 7: MPEG – Datenformat . . . . .</b>	<b>168</b>
3.5.7	MPEG-4 Standard . . . . .	173
3.5.8	MPEG-7 Standard . . . . .	176

3.5.9	MPEG-21 Standard . . . . .	179
	<b>Exkurs 8:</b> Andere Videodatenformate und -komprimierungs- verfahren . . . . .	180
3.6	Glossar . . . . .	183

---

**Teil II. Basics der Internet-Technologie**

---

<b>4. Wie sich Rechner unterhalten –</b>		
	<b>Grundkonzepte der Rechnervernetzung . . . . .</b>	<b>193</b>
4.1	Grundlagen und Konzepte . . . . .	193
	4.1.1 Kommunikation und Datenübertragung . . . . .	193
	4.1.2 Klassifikationen von Kommunikationssystemen . . . . .	196
4.2	Rechnernetze und Paketvermittlung . . . . .	200
	4.2.1 Klassische Punkt-zu-Punkt Verbindung . . . . .	201
	4.2.2 Leitungsvermittelte Netzwerke . . . . .	202
	4.2.3 Von der Leitungsvermittlung zur Paketvermittlung . . . . .	203
	4.2.4 Das Prinzip der Paketvermittlung . . . . .	205
	4.2.5 Vorteile der Paketvermittlung . . . . .	206
	4.2.6 Paketheader . . . . .	208
	4.2.7 Nachteile der Paketvermittlung . . . . .	209
	4.2.8 Verbindungslose und verbindungsorientierte Netzwerk- dienste . . . . .	210
	4.2.9 Dienstparadigmen von Rechnernetzen . . . . .	212
	4.2.10 Fehlererkennung . . . . .	214
	<b>Exkurs 9:</b> Fehlererkennende und fehlerkorrigierende Codes . . . . .	215
4.3	Leistungskennziffern von Rechnernetzen . . . . .	222
	4.3.1 Benutzerbezogene Kenngrößen . . . . .	223
	4.3.2 Quality of Service . . . . .	223
	<b>Exkurs 10:</b> Verzögerung in paketvermittelten Netzwerken . . . . .	227
	4.3.3 Qualitative Leistungskriterien . . . . .	230
4.4	Grundlagen der Sicherheit in Rechnernetzen . . . . .	232
	4.4.1 Bedrohungen und Sicherheitsziele . . . . .	233
	4.4.2 Kryptografische Grundbegriffe . . . . .	235
4.5	Kommunikationsprotokolle . . . . .	236
	4.5.1 Protokollfamilien . . . . .	237
	4.5.2 Schichtenmodell . . . . .	239
	<b>Exkurs 11:</b> Das ISO/OSI-Schichtenmodell . . . . .	241
	4.5.3 Protokollfunktionen . . . . .	244
4.6	Das TCP/IP-Schichtenmodell . . . . .	247
	4.6.1 Bitübertragungsschicht . . . . .	248
	4.6.2 Internetschicht . . . . .	249
	4.6.3 Transportschicht . . . . .	250
	4.6.4 Anwendungsschicht . . . . .	252
4.7	Glossar . . . . .	252

<b>5.</b>	<b>Datentransfer ins Nachbarbüro – LAN-Technologien . . . .</b>	<b>259</b>
5.1	Local Area Networks - LANs . . . . .	259
5.1.1	Nutzung gemeinsamer Kommunikationskanäle . . . . .	259
5.1.2	Bedeutung von LANs . . . . .	260
5.2	Grundlagen der Datenverwaltung im LAN . . . . .	261
5.2.1	Lokale Adreßverwaltung . . . . .	261
5.2.2	Lokale Datenverwaltung . . . . .	264
5.3	Spezielle LAN Hardware . . . . .	266
5.3.1	LAN-Schnittstellenkarte . . . . .	266
5.3.2	Netz-Analyzer . . . . .	267
5.4	LAN-Topologien . . . . .	267
5.4.1	Ethernet . . . . .	272
	<b>Exkurs 12:</b> Ethernet – Timing und Kollisionsbehandlung . .	280
	<b>Exkurs 13:</b> Ethernet – Effizienz-Betrachtung . . . . .	302
5.4.2	Token Ring . . . . .	304
	<b>Exkurs 14:</b> Token Ring – Datenformat und Funktionen . . .	310
	<b>Exkurs 15:</b> Token Ring – Management . . . . .	313
5.4.3	Token Ring Netzaufbau . . . . .	316
5.4.4	FDDI . . . . .	324
5.4.5	ATM . . . . .	340
	<b>Exkurs 16:</b> ATM – Zellvermittlung (Switching) . . . . .	356
5.4.6	Wireless LAN (WLAN) . . . . .	358
5.5	LAN-Erweiterung . . . . .	369
5.5.1	Grenzen der LAN-Technologie . . . . .	369
5.5.2	Optische Modems . . . . .	370
5.5.3	Repeater . . . . .	371
5.5.4	Bridges . . . . .	372
5.5.5	Switches . . . . .	379
5.6	Glossar . . . . .	380
<b>6.</b>	<b>Datentransfer bis ans andere Ende der Welt – WAN-Technologien . . . . .</b>	<b>383</b>
6.1	Einleitung . . . . .	383
6.2	Paketvermittlung im WAN . . . . .	385
6.2.1	Grundprinzipien . . . . .	385
6.2.2	Aufbau eines WANs . . . . .	386
6.2.3	Speichervermittlung . . . . .	387
6.2.4	Adressierung im WAN . . . . .	388
6.3	Routing . . . . .	389
6.3.1	Das Netzwerk als Graph . . . . .	390
6.3.2	Berechnung der Routingtabelle im WAN . . . . .	391
6.3.3	Isolierte Routing-Algorithmen . . . . .	395
	<b>Exkurs 17:</b> Dijkstra-Algorithmus . . . . .	397
6.3.4	Distanzvektor-Routing (RIP) . . . . .	399
6.3.5	Link-State-Routing (OSPF) . . . . .	401

	<b>Exkurs 18: Spezielle Routingverfahren</b> .....	405
6.4	Beispiele der WAN-Technologie .....	412
	6.4.1 ARPANET .....	413
	6.4.2 X.25 .....	417
	6.4.3 ISDN .....	420
	<b>Exkurs 19: ISDN – Datenformate</b> .....	427
	6.4.4 Frame Relay .....	429
6.5	Hochgeschwindigkeitsnetzwerke .....	437
	6.5.1 Asynchronous Transfer Mode – ATM .....	438
	6.5.2 Distributed Queue Dual Bus – DQDB .....	438
	6.5.3 Plesiochrone Digital Hierarchy – PDH .....	443
	6.5.4 Synchronous Digital Hierarchy – SDH, SONET .....	447
6.6	Zugang zum WAN .....	450
	6.6.1 Schnittstellen für Datenendgeräte .....	451
	6.6.2 Zugang über das Telefonnetz - Modems .....	453
	6.6.3 Zugang über ISDN .....	458
	6.6.4 Alternative Zugangsverfahren .....	460
6.7	Glossar .....	469
<b>7.</b>	<b>Wie das Internet funktioniert – Internetworking</b> .....	475
7.1	Virtuelle Netze .....	476
	7.1.1 Zusammenschluß von WANs/LANs .....	477
	7.1.2 Internetworking .....	481
7.2	TCP/IP en Detail .....	492
	7.2.1 IP-Adressierung .....	493
	7.2.2 Bindung von Protokolladressen .....	504
	7.2.3 IP-Datagramme .....	510
	<b>Exkurs 20: IP-Kapselung und IP-Fragmentierung</b> .....	515
	<b>Exkurs 21: Das zukünftige IPv6</b> .....	518
	7.2.4 ICMP-Protokoll .....	532
	<b>Exkurs 22: Mobile IP</b> .....	538
	7.2.5 TCP als zuverlässiger Transportdienst .....	544
	<b>Exkurs 23: TCP – Verbindungsmanagement</b> .....	555
	7.2.6 UDP-Protokoll .....	565
7.3	Glossar .....	567
<b>8.</b>	<b>Wozu das Internet alles gut ist –</b>	
	<b>Dienste und Anwendungen im Internet</b> .....	573
8.1	Grundbegriffe und Überblick .....	573
	8.1.1 Client-/Server-Interaktionsmodell .....	575
	8.1.2 Socket-Schnittstellen .....	577
8.2	Namens- und Verzeichnisdienste .....	578
	8.2.1 Domain Name Service - DNS .....	578
	8.2.2 Verzeichnisdienste .....	585
8.3	Elektronische Post - Email .....	588

8.3.1	Email Nachrichtenformat	591
8.3.2	MIME Standard	592
8.3.3	SMTP	595
8.3.4	IMAP und POP	598
8.3.5	Pretty Good Privacy - PGP	600
8.3.6	X.400-Message Handling System	601
8.4	Dateitransfer	601
8.4.1	File Transfer Protocol – FTP	601
8.4.2	Trivial File Transfer Protocol – TFTP	605
8.4.3	Network File System – NFS	606
8.4.4	Remote Procedure Call – RPC	607
8.5	Remote Login	609
8.5.1	Telnet	610
8.5.2	Remote Login – rlogin	614
8.5.3	Secure Shell – SSH	616
8.6	Netzwerkmanagement	616
8.6.1	Simple Network Management Protocol – SNMP	618
8.6.2	SNMPv3	624
8.7	Audio- und Videokommunikation	626
8.7.1	Multimedia Anwendungen im Internet	626
8.7.2	Anforderungen und Realität	628
8.7.3	Real-Time Transport Protocol – RTP	630
8.7.4	Real-Time Transport Control Protocol - RTCP	632
8.7.5	Real-Time Streaming Protocol – RTSP	633
8.7.6	Ressourcenreservierung und Dienstqualität	636
8.8	Weitere Dienste und Anwendungen im Internet	638
8.8.1	Internet Relay Chat – IRC	639
8.8.2	Usenet News	640
8.8.3	Sonstige Dienstangebote über TCP/IP	642
8.9	Glossar	644
<b>9.</b>	<b>Unter vier Augen – Sicherheit im Internet</b>	<b>649</b>
9.1	Sicherheitsanforderungen	650
9.1.1	Sicherheitsziele	650
9.2	Sicherheitsmechanismen	653
9.2.1	Vertraulichkeit und Verschlüsselung	653
9.2.2	Authentifikation und Verschlüsselung	657
9.2.3	Datenintegrität und Digitale Signaturen	663
9.2.4	Schlüsselverteilung und Zertifizierung	666
9.3	Absicherung der Protokolle	670
9.3.1	Sicherheitsarchitekturen – Absicherung auf unterschiedlichen Ebenen	671
9.3.2	PGP – Absicherung auf der Anwendungsschicht	673
9.3.3	SSL/TLS – Absicherung auf der Transportschicht	677
	<b>Exkurs 24: SSL Handshake-Verfahren</b>	<b>681</b>

9.3.4	IPsec – Absicherung auf der Netzwerkschicht . . . . .	690
	<b>Exkurs 25:</b> IPsec – Schlüsselmanagement . . . . .	697
9.4	Paketfilter und Firewalls . . . . .	704
9.4.1	Paketfilter . . . . .	706
9.4.2	Gateways . . . . .	708
9.4.3	Firewalls – Topologie . . . . .	708
9.5	Glossar . . . . .	712

---

### Teil III. Web-Technologien

---

<b>10. Jedes Ding braucht einen Namen -</b>		
<b>URL: Universal Resource Identifier</b> . . . . .		721
10.1	Hyperlink und Identifikation . . . . .	721
10.2	Uniform Resource Identifier - URI . . . . .	723
10.2.1	Uniform Resource Locator - URL . . . . .	726
10.2.2	Uniform Resource Name - URN . . . . .	731
10.3	Glossar . . . . .	732
<b>11. Zustelldienst im Web – HTTP: Hypertext Transfer Protocol</b> . . . . .		735
11.1	Einführung . . . . .	735
11.1.1	HTTP - Basisoperationen . . . . .	736
11.1.2	HTTP-Zwischensystem . . . . .	736
11.2	Historische Entwicklung . . . . .	739
11.2.1	HTTP/1.0 . . . . .	740
11.2.2	Unzulänglichkeiten von HTTP/1.0 . . . . .	740
11.2.3	HTTP/1.1 . . . . .	741
11.3	HTTP en Detail . . . . .	743
11.3.1	HTTP-Nachrichtenformat . . . . .	743
11.3.2	Content Negotiation . . . . .	754
11.3.3	Authentifikation . . . . .	757
11.3.4	Sicherheit – SSL, TLS und S-HTTP . . . . .	763
11.3.5	Persistente Verbindungen . . . . .	765
11.3.6	Caching-Strategien . . . . .	767
<b>Exkurs 26:</b>	HTTP Cache Kontrolle und Implementierung . . . . .	775
11.3.7	Cookies . . . . .	779
<b>Exkurs 27:</b>	HTTP – Erweiterungen . . . . .	782
11.4	HTTP-Server-Konfiguration . . . . .	785
11.4.1	HTTP-Server Betrieb . . . . .	785
11.4.2	Virtuelle Hosts . . . . .	787
11.4.3	Origin Server . . . . .	788
11.4.4	Proxy-Server . . . . .	793
11.4.5	Logfile-Analyse . . . . .	796
11.5	Glossar . . . . .	801



<b>12. Die erste Sprache des Web –</b>	
<b>HTML: Hypertext Markup Language</b>	805
12.1 Einführung	805
12.1.1 Grundbegriffe	805
<b>Exkurs 28: SGML – Standard Generalized Markup</b>	
Language	806
12.1.2 Grundstruktur eines HTML-Dokuments	821
12.1.3 Kurze Geschichte von HTML	823
12.2 HTML en Detail	826
12.2.1 HTML 4.0 – Document Type Definition	826
12.2.2 Dokumentenheader und Metatags	828
12.2.3 Dokumentenbody	831
12.2.4 Hyperlinks	844
12.2.5 Bilder und Image Maps	846
12.2.6 Frames	853
12.2.7 Formulare	859
12.2.8 Dynamisches HTML und Multimediaobjekte	870
<b>Exkurs 29: Unterschiede zwischen HTML 4.0 und XHTML</b>	877
12.3 Glossar	880
<b>13. Für jeden Zweck das passende Design –</b>	
<b>CSS: Cascading Stylesheets</b>	885
13.1 Einführung	885
13.1.1 Prinzipien der Cascading Style Sheets	886
13.1.2 Einbinden von Stylesheets in HTML	888
13.2 CSS en Detail	891
13.2.1 CSS Syntax	892
<b>Exkurs 30: CSS – Maßeinheiten, Längenangaben und</b>	
Konstanten	898
<b>Exkurs 31: CSS für spezielle Ausgabemedien</b>	921
13.2.2 Exaktes Positionieren – CSS-P und CSS 2	929
13.2.3 Mehrere Stylesheets	934
13.3 Glossar	939
<b>14. Alles ist möglich – XML: Extensible Markup Language</b>	943
14.1 Warum XML?	943
14.2 XML – Grundlagen	945
14.2.1 Wohlgeformtes XML	946
14.2.2 Document Type Definition	947
14.2.3 Document Object Model – DOM	947
14.2.4 Namensräume und Schemata	951
14.2.5 Dokumentverknüpfungen	954
14.2.6 Transformation von XML-Dokumenten	954
14.3 XML en Detail	955
14.3.1 XML 1.0 Syntax	955

<b>Exkurs 32:</b> XML Document Type Definition - DTD . . . . .	960
14.3.2 XML-Schemata . . . . .	967
14.3.3 XML Information Set . . . . .	973
<b>Exkurs 33:</b> XML Hyperlinks - XLink, XPointer und XPath . . . . .	977
14.3.4 Transformationen von XML-Dokumenten . . . . .	989
<b>Exkurs 34:</b> Extensible Style Language - XSL und XSLT . . . . .	990
14.4 Spezielle XML-Entwicklungen . . . . .	1004
14.4.1 XML-Abfragesprachen . . . . .	1004
14.4.2 XML basierte Markup-Sprachen für spezielle Anwen- dungen . . . . .	1007
14.5 Glossar . . . . .	1015
<b>15. Das Web wird lebendig -</b>	
<b>Skriptsprachen und CGI-Programmierung</b> . . . . .	1021
15.1 Document Object Model - DOM . . . . .	1022
15.1.1 DOM - Grundbegriffe . . . . .	1022
15.1.2 DOM - Objektmodell . . . . .	1024
15.1.3 DOM - Referenz . . . . .	1027
15.2 Programmierung von WWW-Applikationen . . . . .	1030
15.2.1 Clientseitige WWW-Programmierung . . . . .	1032
<b>Exkurs 35:</b> JavaScript und andere Skriptsprachen . . . . .	1035
<b>Exkurs 36:</b> Java und Java-Applets . . . . .	1050
15.2.2 Serverseitige WWW-Programmierung . . . . .	1072
15.3 Common Gateway Interface - CGI . . . . .	1076
<b>Exkurs 37:</b> CGI-Programmierung mit Perl . . . . .	1085
<b>Exkurs 38:</b> CGI-Programmierung mit PHP . . . . .	1097
15.4 Glossar . . . . .	1106
<b>A. Personenregister</b> . . . . .	1111
<b>B. Wichtige RFCs</b> . . . . .	1125
B.1 Internet Namens- und Adreß-Konventionen . . . . .	1125
B.2 Internet Standardisierungsprozeß . . . . .	1125
B.3 Network Layer Protokolle . . . . .	1126
B.4 Internet Layer Protokolle . . . . .	1126
B.5 Internet Transport Layer Protokolle . . . . .	1127
B.6 Internet Application Layer Protokolle . . . . .	1128
B.7 Email, Kodierung und Darstellung . . . . .	1128
B.8 World Wide Web . . . . .	1128
B.9 FYE - For Your Enjoyment . . . . .	1129
B.10 FYI - For Your Information . . . . .	1129

<b>C. Wichtige Internetadressen</b> . . . . .	1131
C.1 Institutionen und Organisationen . . . . .	1131
C.2 Internet - Geschichte und Wachstum . . . . .	1132
C.3 Internet - Protokolle und Standards . . . . .	1132
C.4 Informationen rund um das Internet . . . . .	1133
C.5 Archive und Bibliotheken . . . . .	1133
C.6 Ausgewählte Internet-Anwendungen und Dienste . . . . .	1133
<b>D. Abkürzungen und Akronyme</b> . . . . .	1135
<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	1147
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	1157