

Christian Baum

Computernetze kompakt

3. Auflage

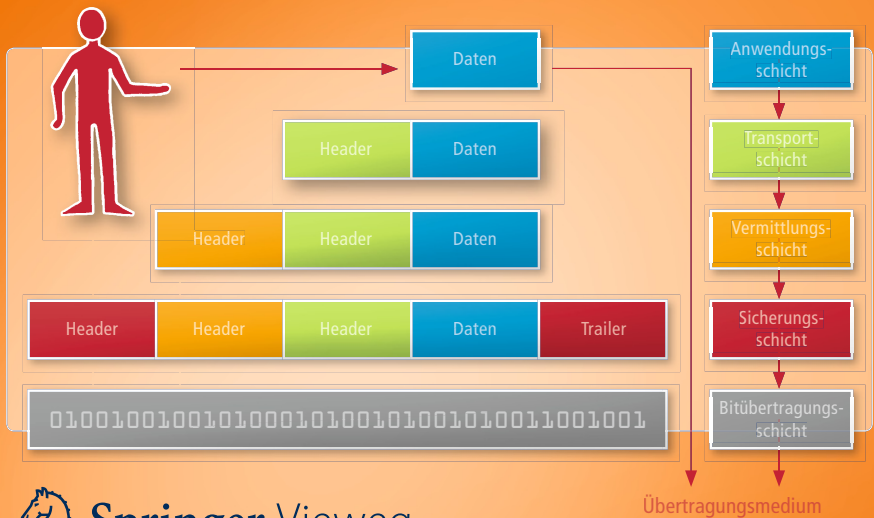


Springer Vieweg

Christian Baun

Computernetze kompakt

3. Auflage



IT kompakt

Werke der „kompakt-Reihe“ zu wichtigen Konzepten und Technologien der IT-Branche:

- ermöglichen einen raschen Einstieg,
- bieten einen fundierten Überblick,
- sind praxisorientiert, aktuell und immer ihren Preis wert.

Weitere Titel der Reihe siehe: <http://www.springer.com/series/8297>.

Christian Baun

Computernetze kompakt

3. Auflage



Springer Viewweg

Christian Baun
Fachbereich Informatik
Fachhochschule Frankfurt am Main
Frankfurt, Deutschland

ISBN 978-3-662-46931-6

ISBN 978-3-662-46932-3 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-46932-3

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, 2013, 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media

(www.springer.com)

Vorwort

Vorwort zur 3. Auflage

Erneut erscheint nach wenig mehr als einem Jahr eine neue Auflage. Diese enthält im Vergleich zur 2. Auflage zahlreiche Korrekturen. Verbessert wurden unter anderem die Abbildungen zu Broadcast-Domänen und Kollisionsdomänen und die Unterscheidung zwischen Router und Layer-3-Switch.

Neu hinzugekommen ist Kapitel 11, das eine Übersicht über wichtige Kommandozeilenwerkzeuge zur Netzwerkkonfiguration und Analyse von Netzwerkproblemen enthält. Der Aufbau des Kapitels orientiert sich an den Schichten im hybriden Referenzmodell und damit auch am Aufbau dieses Buches.

An dieser Stelle möchte ich Kristian Kraljic, Tobias Kurze, Michael Stapelberg, Torsten Wiens und ganz besonders Katrin Baun für das Korrekturlesen des neuen Kapitels danken.

Frankfurt am Main

Prof. Dr. Christian Baun
Februar 2015

Vorwort zur 2. Auflage

Aufgrund der positiven Rückmeldungen und Verbesserungsvorschläge haben ich nach nur knapp einem Jahr seit Erscheinen der 1. Auflage einige Teile des Buches überarbeitet und erweitert.

Neu hinzugekommen ist Abschnitt 3.10, der eine Beschreibung der Themen Bandbreite und Latenz und des damit verbundenen Bandbreite-Verzögerung-Produkts enthält.

Umfangreich erweitert wurde das Thema Rahmen bei WLAN in Abschnitt 6.4. Neu hinzugekommen ist ebenfalls Abschnitt 6.5, der die Maximum Transmission Unit (MTU) beschreibt.

Die sehr knappe Beschreibung der verschiedenen Routing-Protokolle ist einer detaillierteren Betrachtung der beiden Routing-Protokolle RIP und OSPF in den Abschnitten 7.4 und 7.5 gewichen. Neu hinzugekommen ist eine ausführliche Beschreibung des *Internetworking*, also der Kommunikation über verschiedene physische Netze in Abschnitt 7.6.

Die Beschreibung des Transportprotokolls TCP in Abschnitt 8.4 wurde unter anderem um die Themen Flusskontrolle und Überlastkontrolle erweitert.

Überarbeitet wurden auch die Abschnitte 9.1 und 9.2, in denen die Anwendungsprotokolle DNS und DHCP beschrieben sind.

Komplett neu hinzugekommen ist Kapitel 10, das eine Einführung in die Netzwerkvirtualisierung enthält.

Frankfurt am Main

Prof. Dr. Christian Baum
September 2013

Vorwort zur 1. Auflage

Computernetze sind ein dauerhaft aktuelles Thema der Informatik. Waren in der Vergangenheit die kabelgebundene Vernetzung von PCs und Workstations sowie das globale Internet dominierende Themen, sind es heute zunehmend mobile Systeme und Funknetze.

Dieses kompakte Werk über das breite Thema Computernetze wurde mit dem Ziel geschrieben, dem Leser einen Überblick über die wichtigsten Vernetzungstechnologien, Netzwerkgeräte, Protokolle und Übertragungsmedien zu verschaffen und so das Verständnis dafür zu wecken, wie Computernetze funktionieren.

Für das Korrekturlesen danke ich Maximilian Hoecker, Kristian Kraljic, Michael Stapelberg und Torsten Wiens.

An dieser Stelle möchte ich ganz besonders meiner Familie danken, die mich auch bei diesem Werk so viel unterstützt hat.

Mannheim

Dr. Christian Baun

Juli 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Informationstechnik	3
2.1	Bit	3
2.2	Repräsentation von Zahlen	4
2.2.1	Dezimalsystem	5
2.2.2	Dualsystem	5
2.2.3	Oktalsystem	6
2.2.4	Hexadezimalsystem	6
2.3	Datei- und Speichergrößen	8
2.4	Informationsdarstellung	9
2.4.1	ASCII-Kodierung	10
2.4.2	Unicode	12
2.4.3	Darstellung von Zeichenketten	13
3	Grundlagen der Computervernetzung	15
3.1	Entwicklung der Computernetze	15
3.2	Komponenten von Computernetzen	17
3.3	Räumliche Ausdehnung von Computernetzen	17
3.4	Datenübertragung	18
3.4.1	Serielle und parallele Übertragung	19
3.4.2	Synchrone und asynchrone Übertragung	19
3.4.3	Richtungsabhängigkeit der Übertragung	20
3.5	Geräte in Computernetzen	21

3.6	Topologien von Computernetzen	23
3.6.1	Bus-Topologie	23
3.6.2	Ring-Topologie	25
3.6.3	Stern-Topologie	25
3.6.4	Maschen-Topologie	26
3.6.5	Baum-Topologie	26
3.6.6	Zellen-Topologie	27
3.7	Frequenz und Datensignal	27
3.8	Fourierreihe und Bandbreite	28
3.9	Bitrate und Baudrate	28
3.10	Bandbreite und Latenz	29
3.10.1	Bandbreite-Verzögerung-Produkt	30
3.11	Zugriffsverfahren	30
3.11.1	Deterministisches Zugriffsverfahren	31
3.11.2	Nicht-deterministisches Zugriffsverfahren	31
3.12	Kollisionsdomäne (Kollisionsgemeinschaft)	32
4	Protokolle und Protokollschichten	33
4.1	TCP/IP-Referenzmodell	34
4.2	Hybrides Referenzmodell	35
4.2.1	Bitübertragungsschicht	35
4.2.2	Sicherungsschicht	36
4.2.3	Vermittlungsschicht	37
4.2.4	Transportschicht	37
4.2.5	Anwendungsschicht	38
4.3	Ablauf der Kommunikation	39
4.4	OSI-Referenzmodell	40
4.4.1	Sitzungsschicht	40
4.4.2	Darstellungsschicht	41
4.5	Fazit zu den Referenzmodellen	41
5	Bitübertragungsschicht	43
5.1	Vernetzungstechnologien	43
5.1.1	Ethernet	43
5.1.2	Token Ring	45
5.1.3	Wireless Local Area Network (WLAN)	46
5.1.4	Bluetooth	55

5.2	Übertragungsmedien	58
5.2.1	Koaxialkabel	58
5.2.2	Twisted-Pair-Kabel	60
5.2.3	Lichtwellenleiter	64
5.3	Strukturierte Verkabelung	65
5.4	Geräte der Bitübertragungsschicht	66
5.4.1	Auswirkungen von Repeatern und Hubs auf die Kollisionsdomäne	68
5.5	Kodierung von Daten in Netzwerken	69
5.5.1	Non-Return to Zero (NRZ)	71
5.5.2	Non-Return to Zero Invert (NRZI)	72
5.5.3	Multilevel Transmission Encoding – 3 Levels (MLT-3)	73
5.5.4	Return-to-Zero (RZ)	73
5.5.5	Unipolares RZ	74
5.5.6	Alternate Mark Inversion (AMI)	75
5.5.7	Bipolar with 8 Zeros Substitution (B8ZS)	75
5.5.8	Manchester	76
5.5.9	Manchester II	77
5.5.10	Differentielle Manchesterkodierung	77
5.6	Nutzdaten mit Blockcodes verbessern	78
5.6.1	4B5B	79
5.6.2	5B6B	79
5.6.3	8B10B-Kodierung	81
5.7	Weitere Leitungscodes	82
5.7.1	8B6T-Kodierung	83
6	Sicherungsschicht	85
6.1	Geräte der Sicherungsschicht	85
6.1.1	Lernende Bridges	87
6.1.2	Kreise auf der Sicherungsschicht	88
6.1.3	Spanning Tree Protocol (STP)	88
6.1.4	Auswirkungen von Bridges und Layer-2-Switches auf die Kollisionsdomäne	92
6.2	Adressierung in der Sicherungsschicht	92
6.2.1	Format der MAC-Adressen	93

	6.2.2	Eindeutigkeit von MAC-Adressen	93
	6.2.3	Sicherheit von MAC-Adressen	94
6.3		Rahmen abgrenzen	95
	6.3.1	Längenangabe im Header	95
	6.3.2	Zeichenstopfen	96
	6.3.3	Bitstopfen	96
	6.3.4	Verstöße gegen Regeln des Leitungscodes	97
6.4		Rahmenformate aktueller Computernetze	98
	6.4.1	Rahmen bei Ethernet	98
	6.4.2	Rahmen bei WLAN	99
	6.4.3	Spezielle Rahmen bei WLAN	102
6.5		Maximum Transmission Unit (MTU)	103
6.6		Fehlererkennung	104
	6.6.1	Zweidimensionale Parität	104
	6.6.2	Zyklische Redundanzprüfung	104
6.7		Medienzugriffsverfahren	106
	6.7.1	Medienzugriffsverfahren bei Ethernet	107
	6.7.2	Medienzugriffsverfahren bei WLAN	110
6.8		Adressauflösung mit dem Address Resolution Protocol	115
7		Vermittlungsschicht	117
	7.1	Geräte der Vermittlungsschicht	118
		7.1.1 Auswirkungen von Routern auf die Kollisionsdomäne	118
		7.1.2 Broadcast-Domäne (Rundsendedomäne)	118
	7.2	Adressierung in der Vermittlungsschicht	119
		7.2.1 Aufbau von IP-Adressen	121
		7.2.2 Subnetze	122
		7.2.3 Private IP-Adressen	125
		7.2.4 Aufbau von IP-Paketen	125
		7.2.5 Fragmentieren von IP-Paketen	128
	7.3	Weiterleitung und Wegbestimmung	128
	7.4	Routing Information Protocol (RIP)	130
		7.4.1 Count-to-Infinity	130
		7.4.2 Split Horizon	131
		7.4.3 Fazit zu RIP	133

7.5	Open Shortest Path First (OSPF)	136
7.5.1	Routing-Hierarchie mit OSPF	136
7.5.2	Arbeitsweise von OSPF	137
7.5.3	Aufbau von OSPF-Nachrichten	139
7.5.4	Fazit zu OSPF	141
7.6	Netzübergreifende Kommunikation	142
7.7	Diagnose und Fehlermeldungen mit ICMP	144
8	Transportschicht	147
8.1	Eigenschaften von Transportprotokollen	147
8.2	Adressierung in der Transportschicht	148
8.3	User Datagram Protocol (UDP)	149
8.3.1	Aufbau von UDP-Segmenten	150
8.4	Transmission Control Protocol (TCP)	151
8.4.1	Aufbau von TCP-Segmenten	152
8.4.2	Arbeitsweise von TCP	154
8.4.3	Flusskontrolle	158
8.4.4	Überlastkontrolle	161
9	Anwendungsschicht	169
9.1	Domain Name System (DNS)	169
9.1.1	Arbeitsweise des DNS	170
9.1.2	Auflösung eines Domainnamens	171
9.2	Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	172
9.2.1	Arbeitsweise von DHCP	173
9.2.2	Aufbau von DHCP-Nachrichten	175
9.2.3	DHCP-Relay	176
9.3	Telecommunication Network (Telnet)	177
9.4	Hypertext Transfer Protocol (HTTP)	178
9.5	Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)	181
9.6	Post Office Protocol Version 3 (POP3)	182
9.7	File Transfer Protocol (FTP)	182
10	Netzwerkvirtualisierung	185
10.1	Virtual Private Networks (VPN)	185
10.1.1	Technische Arten von VPNs	186
10.2	Virtual Local Area Networks (VLAN)	187

11	Kommandozeilenwerkzeuge	191
11.1	ethtool	194
11.2	mii-tool	194
11.3	iwconfig	195
11.4	iwlist	196
11.5	arp	196
11.6	ifconfig	197
11.7	ip	198
11.8	tcpdump	199
11.9	route	200
11.10	ping	200
11.11	tracert	201
11.12	netstat	201
11.13	nmap	202
11.14	dhclient	203
11.15	dig	203
11.16	ftp	204
11.17	netperf	204
11.18	nslookup	205
11.19	ssh	205
11.20	telnet	205
Glossar		207
Literatur		213
Sachverzeichnis		215