

Christian Baun

# Computernetze kompakt

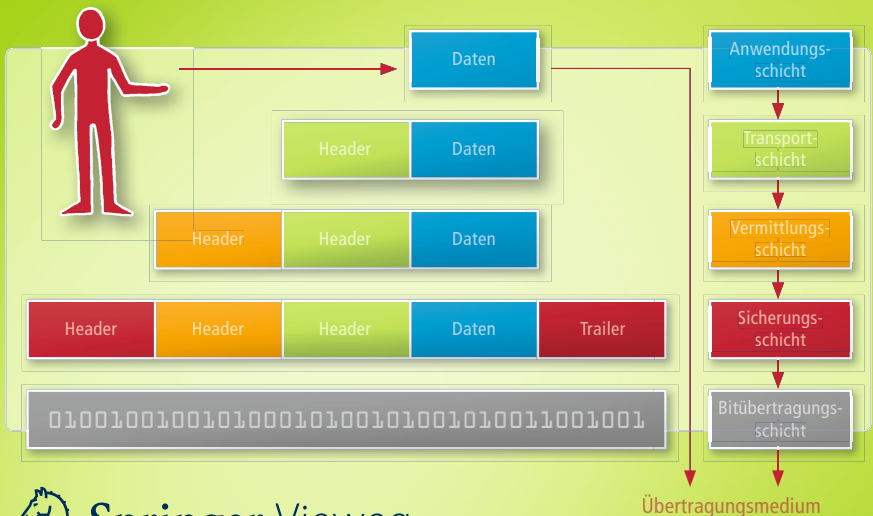
2. Auflage



Christian Baun

# Computernetze kompakt

2. Auflage



Springer Vieweg

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

2., aktualisierte und erweiterte Auflage



**Springer** Vieweg

Christian Baun  
FB 2: Informatik  
Fachhochschule Frankfurt am Main  
Frankfurt, Deutschland

ISBN 978-3-642-41652-1

ISBN 978-3-642-41653-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-41653-8

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

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.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media

[www.springer-vieweg.de](http://www.springer-vieweg.de)

---

# 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 Baun*  
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

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Informationstechnik</b> .....	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 .....	7
2.3	Datei- und Speichergrößen .....	8
2.4	Informationsdarstellung .....	10
2.4.1	ASCII-Kodierung .....	10
2.4.2	Unicode .....	12
2.4.3	Darstellung von Zeichenketten .....	13
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Computervernetzung</b> .....	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	24
3.6.3	Stern-Topologie	25
3.6.4	Maschen-Topologie	25
3.6.5	Baum-Topologie	26
3.6.6	Zellen-Topologie	26
3.7	Frequenz und Datensignal	27
3.8	Fourierreihe und Bandbreite	27
3.9	Bitrate und Baudrate	28
3.10	Bandbreite und Latenz	28
3.10.1	Bandbreite-Verzögerung-Produkt	29
3.11	Zugriffsverfahren	30
3.11.1	Deterministisches Zugriffsverfahren	31
3.11.2	Nicht-deterministisches Zugriffsverfahren	31
3.12	Kollisionsdomäne (Kollisionsgemeinschaft)	32
<b>4</b>	<b>Protokolle und Protokollschichten</b>	<b>33</b>
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
<b>5</b>	<b>Bitübertragungsschicht</b>	<b>43</b>
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	65
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)	74
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	78
5.6.2	5B6B	80
5.6.3	8B10B-Kodierung	80
5.7	Weitere Leitungscodes	82
5.7.1	8B6T-Kodierung	82
<b>6</b>	<b>Sicherungsschicht</b>	<b>85</b>
6.1	Geräte der Sicherungsschicht	85
6.1.1	Lernende Bridges	87
6.1.2	Kreise auf der Sicherungsschicht	87
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 . . . . .	94
6.3.1	Längenangabe im Header . . . . .	95
6.3.2	Zeichenstopfen . . . . .	95
6.3.3	Bitstopfen . . . . .	96
6.3.4	Verstöße gegen Regeln des Leitungscodes . . . . .	97
6.4	Rahmenformate aktueller Computernetze . . . . .	97
6.4.1	Rahmen bei Ethernet . . . . .	97
6.4.2	Rahmen bei WLAN . . . . .	98
6.4.3	Spezielle Rahmen bei WLAN . . . . .	101
6.5	Maximum Transmission Unit (MTU) . . . . .	102
6.6	Fehlererkennung . . . . .	103
6.6.1	Zweidimensionale Parität . . . . .	103
6.6.2	Zyklische Redundanzprüfung . . . . .	104
6.7	Medienzugriffsverfahren . . . . .	106
6.7.1	Medienzugriffsverfahren bei Ethernet . . . . .	106
6.7.2	Medienzugriffsverfahren bei WLAN . . . . .	109
6.8	Adressauflösung mit dem Address Resolution Protocol . . . . .	114
<b>7</b>	<b>Vermittlungsschicht . . . . .</b>	<b>117</b>
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 . . . . .	120
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 . . . . .	127
7.3	Weiterleitung und Wegbestimmung . . . . .	128
7.4	Routing Information Protocol (RIP) . . . . .	129
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)	135
7.5.1	Routing-Hierarchie mit OSPF	136
7.5.2	Arbeitsweise von OSPF	136
7.5.3	Aufbau von OSPF-Nachrichten	138
7.5.4	Fazit zu OSPF	140
7.6	Netzübergreifende Kommunikation	140
7.7	Diagnose und Fehlermeldungen mit ICMP	143
<b>8</b>	<b>Vermittlungsschicht</b>	<b>147</b>
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	157
8.4.4	Überlastkontrolle	161
<b>9</b>	<b>Vermittlungsschicht</b>	<b>169</b>
9.1	Domain Name System (DNS)	169
9.1.1	Arbeitsweise des DNS	170
9.1.2	Auflösung eines Domainnamens	171
9.2	DHCP	172
9.2.1	Arbeitsweise von DHCP	173
9.2.2	Aufbau von DHCP-Nachrichten	175
9.2.3	DHCP-Relay	175
9.3	Telecommunication Network (Telnet)	176
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
<b>10</b>	<b>Vermittlungsschicht</b>	<b>185</b>
10.1	Virtual Private Networks (VPN)	185
10.1.1	Technische Arten von VPNs	186
10.2	Virtual Local Area Networks (VLAN)	187

<b>Glossar</b> . . . . .	191
<b>Literatur</b> . . . . .	195
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	197

Dieses Buch will einen Überblick über Computernetze und deren Komponenten schaffen, ohne dabei den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Das Ziel ist es, den Leserinnen und Lesern ein grundlegendes Wissen über die Funktionsweise moderner Computernetze und deren Komponenten zu vermitteln. Technische Vorkenntnisse sind dabei nicht erforderlich.

In den Kap. 2 und 3 findet eine Einführung in die Grundlagen der Informationstechnik (IT) und der Computervernetzung statt. Dies ist nötig, um die Thematik Computernetze und den Inhalt dieses Buchs verstehen zu können.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit den Grundlagen von Protokollen und deren Einordnung in etablierte Referenzmodelle. Das Kapitel beschreibt auch den Ablauf der Kommunikation und den Weg der Nutzdaten durch die einzelnen Protokollschichten.

In den Kap. 5 bis 9 werden die einzelnen Protokollschichten von der untersten Schicht, der Bitübertragungsschicht, bis zur obersten Schicht, der Anwendungsschicht, behandelt.

In Kap. 10 findet eine Einführung in die Varianten der Netzwerkvirtualisierung statt.