



Bibliothek des technischen Wissens

Fachwissen Netzwerktechnik

Modelle · Geräte · Protokolle

Bernhard J. Hauser

4. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 54012

Autor:

Hauser, Bernhard J.

Dipl.-Ing.

Bisingen

Bildentwürfe: Der Autor

Bildbearbeitung:

Wissenschaftliche PublikationsTechnik Kernstock, 73230 Kirchheim unter Teck
Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

Fotos:

siehe hintere Umschlaginnenseite

4. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-5406-7

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

www.europa-Lehrmittel.de

Satz: Wissenschaftliche PublikationsTechnik Kernstock, 73230 Kirchheim unter Teck

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald, und Grafik & Sound, Köln

Druck: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, 44149 Dortmund

Vorwort

Die moderne Netzwerk- und Kommunikationstechnik hat Einzug in alle Lebensbereiche gehalten. Ein Alltag ohne Kommunikationsnetze ist kaum mehr denkbar. Die stetig fortschreitende Vernetzung in unserem Alltag sowie die schnelle Entwicklung der Technik sorgen dafür, dass ein solides Grundwissen in diesem Bereich immer wichtiger wird.

Dieses Fachbuch „**Fachwissen Netzwerktechnik – Modelle · Geräte · Protokolle**“ wendet sich an alle Leserinnen und Leser, die die Grundlagen der zeitgemäßen Netzwerktechnik lernen und verstehen möchten. Es führt die wesentlichen Begriffe ein, stellt wichtige Zusammenhänge dar und legt somit die Basis für alle, die tiefer in die Themen einsteigen möchten.

Es eignet sich daher für **Auszubildende der IT-Berufe** wie **Fachinformatiker, Informatikkaufleute, Informationselektroniker**, für Techniker der Elektro- und Datentechnik sowie **Studierende technischer Fächer**, für die Kenntnisse in Netzwerkgrundlagen inzwischen unabdingbar sind.

Das Buch gliedert sich in folgende Kapitel:

- ▶ 1 Einführung
- ▶ 2 Netzwerktopologien und Verkabelung
- ▶ 3 Öffentliche Netze
- ▶ 4 Referenzmodelle, Netzwerkgeräte
- ▶ 5 Adressierung
- ▶ 6 Netzwerkprotokolle
- ▶ 7 Switching und Routing
- ▶ 8 Virtualisierung
- ▶ 9 Cloud-Computing
- ▶ 10 Security und Verschlüsselungstechnik
- ▶ 11 Netzwerktechnik
- ▶ 12 Übertragungstechnik

Mit einer bewusst verständlich gehaltenen Sprache bietet das Buch einen leichten Zugang. Zahlreiche **Abbildungen** und **Tabellen** sowie praxisnahe **Beispiele** unterstützen die Vermittlung des Stoffes. Zahlreiche **Merksätze** tragen zum Lernerfolg bei. Am Ende der jeweiligen Kapitel kann mithilfe von **Übungsaufgaben** der eigene Kenntnisstand überprüft werden.

Neben kleineren Erweiterungen und Aktualisierungen, wie beispielsweise IoT oder Firewall-/DMZ-Systeme, wurde das Thema Netzwerkmanagement als neues Kapitel in die 3. Auflage aufgenommen. In diese 4. Auflage wurden Themen aufgenommen, die seit einiger Zeit dabei sind, die IT komplett umzukrempeln. Dies sind die Themen Virtualisierung, Cloud-Computing und Security, an denen kein Netzwerker mehr vorbeikommt. Diese Änderungen in der IT schlagen sich auch in den Lehrplänen nieder, die bspw. bei den IT-Berufen 2020 überarbeitet wurden. Diesen Neuerungen wird in dieser Auflage Rechnung getragen.

In der EUROPATHEK (siehe vordere Umschlaginnenseite) stehen eine Reihe von digitalen Zusatzmaterialien zur Verfügung: Informationen zu Normen und Normungsgremien, die Lösungen zu den Übungsaufgaben aus diesem Buch sowie Formeln und Tabellen.



Passend zu diesem Lehrbuch ist auch ein Aufgabenheft mit Übungsaufgaben zum Vertiefen des Lehrstoffes erhältlich (Europa-Nr. 54111). Der Verweis auf die Übungsaufgaben im Aufgabenheft ist anhand des Icons erkennbar.

Wir wünschen den Leserinnen und Lesern viel Freude und Erfolg mit diesem Werk.

Ihre Meinung interessiert uns! Hinweise und Verbesserungsvorschläge werden unter lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar entgegengenommen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Einführung	9
1.1 Geschichtliches	9
1.2 Das tägliche Netzwerkleben	10
1.3 Der Anfang: Von Abakus bis ZUSE	10
1.4 Mainframerechner	12
1.5 Die ersten PCs	12
1.6 PC-Netze	13
1.6.1 Die Entwicklung des Kabelnetzes	14
1.6.2 Serverdienste	15
1.7 Begriffsbestimmungen	16
1.7.1 Netzeinteilung nach geografischer Ausdehnung	16
1.7.2 Analoge und Digitale Signale	16
1.7.3 Leitungs- und Paketvermittlung	18
1.7.4 Adressierungsarten	19
1.7.5 Datenübertragung	20
1.7.6 Datenübertragungsrate C	23
1.8 Multiplexing	24
1.8.1 Die Betriebsarten	24
1.8.2 Zeitmultiplex, Time Division Multiplexing TDM	24
1.8.3 Frequenzmultiplex, Frequency Division Multiplexing FDM	26
1.8.4 Wellenlängenmultiplex, Wave Division Multiplexing WDM	26
1.8.5 Räummultiplex, Space Division Multiplexing SDM	27
1.8.6 Codemultiplex, Code Division Multiplexing CDMA	28
1.9 Übungen Grundlagen	30
2 Netzwerktopologien und Verkabelung	31
2.1 Netzwerktopologien	31
2.1.1 Bus	31
2.1.2 Stern/Star	31
2.1.3 Ring	32
2.1.4 Masche	32
2.1.5 Linie	33
2.1.6 Zelltopologie	33
2.1.7 Mischtopologien	34
2.2 Zugriffsverfahren	36
2.2.1 CSMA/CD	36
2.2.2 CSMA/CA	37
2.2.3 Token Passing	38
2.3 UGV – Universelle Gebäudeverkabelung	38
2.3.1 Strukturierte Verkabelung	38
2.3.2 Netzklassen und -kategorien	42
2.3.3 Abnahmemessung	43
2.4 Netzwerkmedien	44
2.4.1 Netzwerkbezeichnungen	45
2.4.2 Kupferleitungen	47
2.4.3 Verdrahtungsschemen	49
2.4.4 Lichtwellenleiter LWL	52
2.4.5 Drahtlose Verbindungen	53
2.5 Übungen Netzwerktopologien	54

3	Öffentliche Netze	55
3.1	Festnetz	55
3.1.1	Das Analogtelefon	55
3.1.2	ISDN – Integrated Services Digital Network	56
3.1.3	POTS – Plain Old Telephone Service	57
3.1.4	PSTN – Public Switched Telephone Network	59
3.1.5	Zugangsnetz	60
3.1.6	DSL – Digital Subscriber Line	61
3.2	Mobilfunk	63
3.2.1	GSM, das 2G-Netz	64
3.2.2	GPRS, das 2,5G-Netz	68
3.2.3	UMTS, das 3G-Netz	68
3.2.4	LTE, das 4G-Netz, das NGMN	68
3.2.5	Das Mobilfunknetz der 5. Generation, 5G-Netz	69
3.2.6	Anzeige im Handydisplay	70
3.3	Internet	71
3.4	Kabelfernsehnetz	71
3.4.1	Der Netzaufbau	71
3.4.2	Datenraten bei Internet über Kabelfernsehnetze	74
3.5	VoIP – Voice over Internet-Protocol	74
3.6	IoT – Internet of Things, das Internet der Dinge	76
3.7	Übungen öffentliche Netze	77
4	Referenzmodelle, Netzwerkgeräte	79
4.1	Schichtenmodelle	79
4.1.1	Schichtenmodelle in der Kommunikation	80
4.1.2	Das DoD- oder TCP/IP-Modell	82
4.1.3	Das ISO/OSI-Schichtenmodell	83
4.1.4	Protocolstack, Protokollstapel	85
4.1.5	Encapsulation, Verkapselung	85
4.2	Netzwerkgeräte	86
4.2.1	Repeater und Hub	86
4.2.2	Bridge und Switch	88
4.2.3	Router	90
4.2.4	Gateway	91
4.3	Firewall	91
4.4	DMZ – Demilitarisierte Zone	93
4.5	SDN – Software Defined Networking	94
4.6	Übungen Schichtenmodelle	96
5	Adressierung	97
5.1	Ports – Transport-Layer	98
5.2	IP-Adressen – Network-Layer	99
5.3	MAC-Adressen – Network-Access-Layer	101
5.4	IPv4-Adressklassen	102
5.4.1	Class A	102
5.4.2	Class B	103
5.4.3	Class C	103
5.4.4	Class D	104
5.4.5	Class E	104
5.5	Aufteilen der IP in Netz- und Hostanteil	104
5.5.1	Subnetzmaske	105
5.5.2	CIDR-Notation	105
5.6	Subnetting I	107
5.7	IPv4-Spezialadressen und Ausnahmen	109
5.8	Subnetting II	110

5.9	Private IPv4-Adressbereiche	111
5.10	IPv6-Adressen	111
5.11	IP-Einstellungen	114
5.12	Übungen Adressen und Subnetting	115
5.12.1	Adressen	115
5.12.2	Subnetting	115
6	Netzwerkprotokolle	117
6.1	Application-Layer, TCP/IP Layer 4, OSI Layer 7	117
6.2	Transport-Layer, TCP/IP Layer 3, OSI Layer 4	117
6.2.1	Das TCP-Protokoll	118
6.2.2	Das User Datagram Protocol	120
6.3	Internet-Layer, TCP/IP Layer 2, OSI Layer 3	121
6.4	Network-Access-Layer, TCP/IP Layer 1, OSI Layer 1 und 2	123
6.5	Ethernet	124
6.6	Verkapselung eines Datenpakets	126
6.7	Adressauflösung	128
6.7.1	ARP – Address Resolution Protocol	128
6.7.2	NDP – Neighbor Discovery Protocol	130
6.7.3	DNS-Protocol	131
6.7.4	Ein Beispiel zur Namensauflösung	138
6.7.5	DHCP-Protocol	138
6.8	TCP-Handshake	140
6.8.1	Windowing	144
6.9	Übungen Netzwerkprotokolle	147
7	Switching und Routing	149
7.1	Switching	149
7.1.1	Fast-Forward-Switch	150
7.1.2	Store-and-Forward-Switch	151
7.1.3	Fragment-Free-Switch	151
7.1.4	Spanning Tree	152
7.1.5	Virtuelle LANs, VLANs	155
7.2	Routing	157
7.2.1	Routing – Wie arbeitet ein Router?	159
7.2.2	Routing Protocols/Dynamisches Routing	160
7.2.3	Count-to-Infinity	160
7.2.4	Routing-Tabellen	161
7.2.5	Routed Protocols	162
7.2.6	Berechnen der Netz-Adresse	163
7.2.7	Default Gateway	167
7.2.8	NAT/PAT – Network Address Translation / Port Address Translation	167
7.2.9	Proxy-Routing	169
7.2.10	Virtual Private Network, VPN, IP-Tunnel	171
7.3	IP-Konfiguration überprüfen	174
7.3.1	IP-Konfiguration bei WINDOWS-Rechnern überprüfen	174
7.3.2	IP-Konfiguration bei Linux-/Unix-Rechnern überprüfen	174
7.3.3	Verbindungen testen	175
7.3.4	DNS überprüfen	176
7.4	Übungsaufgaben Routing/Switching	177
8	Virtualisierung	181
8.1	Grundlagen der Virtualisierung	181
8.2	Hardware- und Softwarevirtualisierung	182
8.2.1	Hardware-Virtualisierung	184
8.2.2	Software-Virtualisierung (Container)	185

8.2.3	Servervirtualisierung: Container und Virtuelle Maschinen	185
8.3	Netzwerk-Virtualisierung	187
8.4	Praktische Einsatzgebiete von Virtualisierung	188
8.4.1	Einsatz und Bewertung von Virtualisierung	189
8.5	Übungsaufgaben Virtualisierung	191
9	Cloud-Computing	193
9.1	Cloud-Definition und Festlegungen nach NIST	194
9.1.1	Cloud-Service-Modelle	195
9.1.2	Cloud-Liefermodelle	196
9.1.3	Skalierbarkeit	197
9.2	Typische Anwendungen	198
9.3	Endgeräte für Cloud-Computing	199
9.4	Edge vs. Cloud-Computing	199
9.5	Übungsaufgaben Cloud-Computing	201
10	Security und Verschlüsselungstechnik	203
10.1	Datensicherheit / Informationssicherheit	203
10.2	Typische Bedrohungsszenarien	205
10.3	Schutz durch Firewall und DMZ	206
10.4	Verschlüsselungstechnik	209
10.4.1	Symmetrische Verschlüsselung	211
10.4.2	Hash-Funktion / Integrität der Daten	212
10.4.3	Asymmetrische Verschlüsselung / Public-Key-Verfahren	213
10.4.4	Public Key Infrastructure, PKI	214
10.4.5	Domainnamen sicher auflösen	215
10.5	Übungsaufgaben Security	215
11	Netzwerkmanagement	217
11.1	Systemkennwerte	217
11.1.1	Erstellen einer Baseline	217
11.1.2	Network Reporting	218
11.2	Verfügbarkeit, Availability	220
11.3	Fehlervorhersage	222
11.3.1	Fehlerbaumanalyse	223
11.3.2	Risikomatrix	226
11.3.3	ABC-Analyse	227
11.4	Übungsaufgaben	228
12	Übertragungstechnik	229
12.1	Ersatzschaltbild einer Kupferleitung	229
12.2	HF-Verhalten einer Leitung	231
12.2.1	Signaldämpfung	232
12.2.2	Signallaufzeit	233
12.2.3	Verkürzungsfaktor k bzw. NVP	234
12.2.4	Signalreflexion	234
12.2.5	Reflexionsgrad	236
12.2.6	Berechnen der Leitungslänge	237
12.3	Der Wellenwiderstand Z_W	237
12.3.1	Wellenwiderstand allgemein	238
12.3.2	Wellenwiderstand in der Praxis	238
12.4	Aufbau von Kupferleitungen	239
12.4.1	Koaxialleitungen – Unsymmetrische Leitung	240
12.4.2	Twisted-Pair-Leitungen – Symmetrische Leitung	241
12.5	Dämpfung und Übersprechen	242
12.5.1	Logarithmisches Dämpfungsmaß in dB	242

2.1.7 Mischtopologien

Bus-Bus und Bus-Stern

Mischtopologien sind möglich.

In der Regel kommen **Mischtopologien** vor, d.h., eine oder mehrere der Grundtopologien werden miteinander kombiniert. Früher war der Bus-Bus und später der Bus-Stern weit verbreitet. Heute herrscht der *Extended Star* vor. Bustopologien sind heute in Verkabelungen sehr unüblich, aber in Altinstallationen noch anzutreffen.

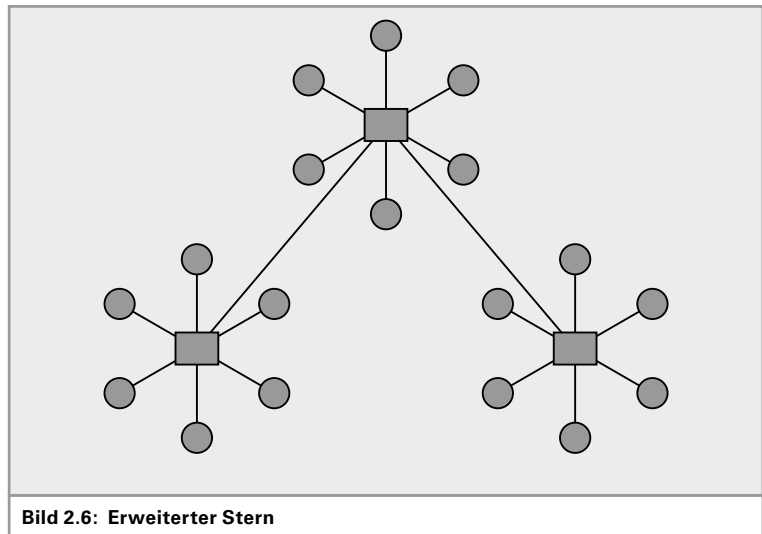
Backbone: Rückgrat

Reine Busverkabelungen sind sehr veraltet. Mit dem Aufkommen der Twisted-Pair-Verkabelungen kam auch die Sterntopologie auf. Häufig wurde im **Backbone**-Bereich wegen längerer Kabelstrecken eine Koaxialleitung als Busleitung benutzt, und daran waren Sternverkabelungen angeschlossen, die die Stockwerke und Räume erschlossen.

Erweiterter Stern

Erweiterter Stern: die Standard-Topologie in Netzen

Der **Erweiterte Stern**, engl. *extended star*, ist die heute vorherrschende Topologie im LAN. Anstelle eines Rechners oder eines Endgerätes wird ein weiterer Sternkoppler angeschlossen (Bild 2.6).



Baumtopologie ist in Wirklichkeit ein *erweiterter Stern!*

Gelegentlich hört und liest man auch von der **Baumtopologie**. Diese ist nichts anderes als ein *extended star*. Eine Baum-Verkabelung gibt es nicht, auch wenn sie in Lehrbüchern gelegentlich beschrieben wird.

Stern-Zell-Topologie

Typisches Funknetz: Stern-Verkabelung mit Funkzellen.

Die Kombination aus drahtgebundener Sterntopologie und drahtloser Zelltopologie wird eingesetzt bei WLANs, DECT-Telefonie und Mobilfunknetzen (Bild 2.7).

Sonstige Mischtopologien

Beliebige andere Kombinationen von Grundtopologien wie Stern-Ring, Ring-Bus usw. sind möglich und sicher auch in einer vorhandenen

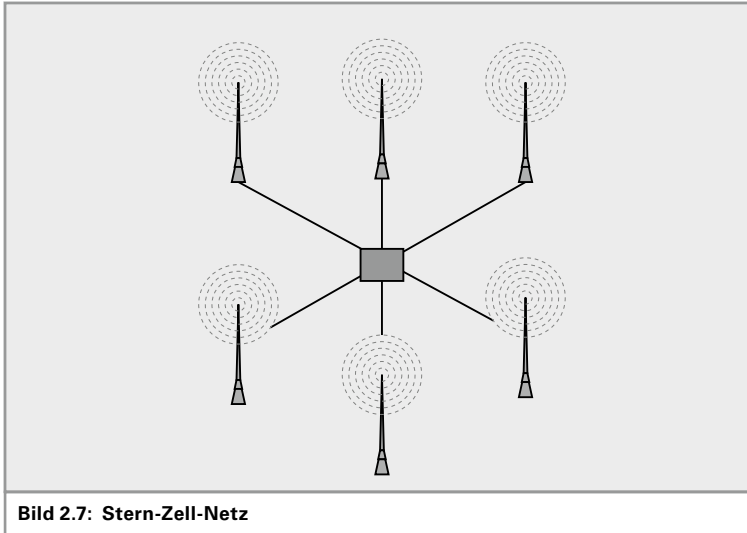


Bild 2.7: Stern-Zell-Netz

Installation zu finden. Komplexe Strukturen aus Bus-Ring-Stern-Masche-Zelle sind ebenso möglich.

Logische und physikalische Topologien

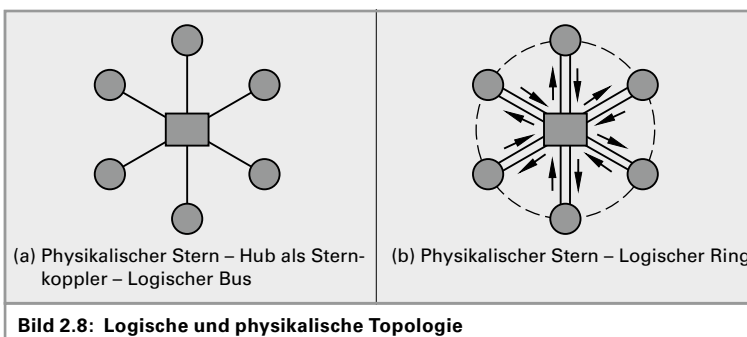
Bei der Beschreibung der Topologie muss man zwischen der **logischen** und der **physikalischen Topologie** unterscheiden (Bild 2.8). Unter der logischen Topologie versteht man den Weg, den die Datenpakete nehmen. Die physikalische Topologie ist die Leitung, die Hardware. Eine Verkabelung kann durchaus anders aussehen, als sie funktioniert; man muss sich eine Verkabelung und Verschaltung schon genauer ansehen, um zu verstehen, um welche Art von logischer Topologie es sich handelt.

Logische Topologie:
Wie ist der Datenfluss?

Physikalische Topologie:
Wie ist die Leitungsführung?

Beispiel 2.1:

In Bild 2.8, links, wird ein Netzwerk sternförmig verkabelt. Im Sternmittelpunkt befindet sich ein Sternkoppler, der alle Leitungen miteinander verbindet. Wenn alle Leitungen miteinander verbunden sind, hat man einen Bus, ein *shared media* – ein geteiltes Medium. Es handelt sich hierbei also um eine physikalische Sternverkabelung (da die Leitungen sternförmig verschaltet sind) und um eine logische Busverkabelung (da alle Leitungen parallel geschaltet sind).



(a) Physikalischer Stern – Hub als Sternkoppler – Logischer Bus

(b) Physikalischer Stern – Logischer Ring

Bild 2.8: Logische und physikalische Topologie

Beispiel 2.2:

In Bild 2.8 rechts wird ein Ringnetzwerk so verkabelt, dass die Sende- und Empfangsleitungen jeder Station in einem Kabel zusammengefasst werden. Über einen Sternkoppler werden diese Leitungen sternförmig zusammengeschaltet, wobei weiterhin die Stationen hintereinander geschaltet werden. Es handelt sich hierbei also um einen logischen Ring und um eine physikalische Sternverkabelung.

2.2 Zugriffsverfahren

Am Anfang war die Busverkabelung – ein *shared media*, ein gemeinsam genutztes Medium. Wie leicht einzusehen ist, kann auf einer Busleitung immer nur eine Station senden, die anderen müssen ruhig sein und dürfen nicht zur gleichen Zeit senden. Sobald zwei oder mehrere Stationen gleichzeitig senden, überlagern sich deren Signale auf der Leitung, sodass ein fehlerfreier Empfang der Daten nicht mehr gewährleistet ist. (Wenn in einem Klassenzimmer mehrere Lehrer gleichzeitig reden, versteht kein Schüler mehr, was gesagt wird.)

Es muss also ein Verfahren zum Einsatz kommen, welches den Zugriff auf das gemeinsame Medium regelt, sodass immer nur eine Station sendet.

Es muss geregelt werden, wer wann das Medium benutzen darf.

Man kann die Rede- bzw. Sendeerlaubnis von einer Zentralstelle aus steuern, so wie beispielsweise der Bundestagspräsident den Abgeordneten das Wort erteilt. Man kann auch Regeln erlassen, wer wann senden darf (man denke hier nur an das beliebte Managerspiel: Man sitzt im Stuhlkreis und wirft sich einen Gummiball zu; wer den Ball hat, der darf reden).

Im LAN haben sich 3 Verfahren durchgesetzt:

- ▶ CSMA/CD
- ▶ CSMA/CA und
- ▶ Token Passing

2.2.1 CSMA/CD

CSMA/CD ist Standard in leitungsgebundenen Netzen.

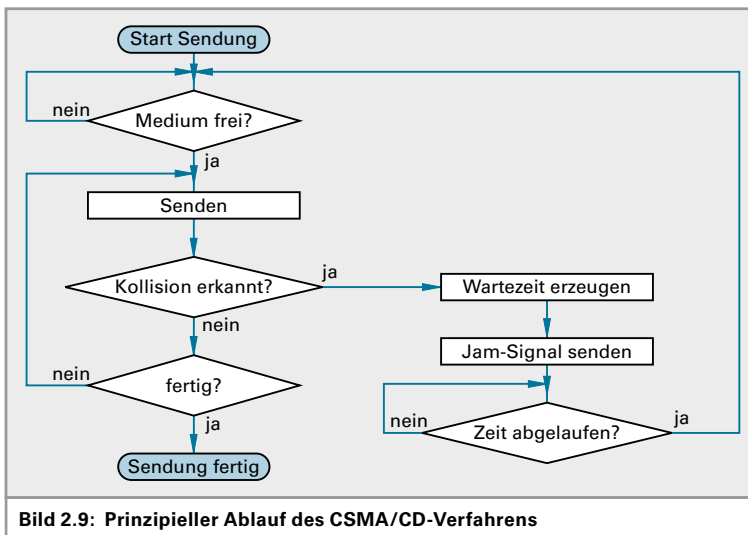
Das **CSMA/CD**-Verfahren ist das Zugriffsverfahren bei leitungsgeführten Ethernet-Netzwerken. Das Verfahren ist ganz simpel und deshalb auch sehr effektiv. Die Abkürzung steht für *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*, was soviel bedeutet wie: Trägererkennung auf einem Medium mit Mehrfachzugriff und Kollisionserkennung.

CSMA/CD funktioniert wie eine Schulklasse (funktionieren sollte). Derjenige, der etwas sagen möchte, redet nicht einfach darauf los. Er hört erst eine Weile in den Raum (*carrier sense*) und bleibt ruhig, solange noch geredet wird. Prinzipiell kann jeder reden (*multiple access*). Erst wenn er sich sicher ist, dass kein anderer redet, kann er selbst anfangen zu reden. Wenn er redet, hört er weiterhin in den Raum, um sicher zu stellen, dass er der einzige ist, der redet. Stellt er fest, dass ein anderer dazwischen redet, unterbricht er sofort seine Rede, da sie durch das Zwischengerede des anderen von den restlichen Zuhörern nicht mehr korrekt empfangen werden konnte (*collision detection*).

Abbrechen der Übertragung bei Kollision, Zufalls-Wartezeit abwarten und erneut versuchen.

Soweit ist alles logisch und einfach geregelt. Der Clou an dem Verfahren setzt aber dann ein, wenn eine Kollision auftritt, wenn also mehrere

Schüler gleichzeitig reden bzw. mehrere Stationen gleichzeitig senden. Als Reaktion auf die Kollision wird nicht nur die Sendung unterbrochen, es wird sogar ein Warnsignal gesendet, das Jam-Signal. Vergleichbar wäre dies etwa mit dem Pfeifen mit einer Trillerpfeife, sobald eine Kollision auftritt. Spätestens jetzt hört auch der Störer auf zu reden. Nun beginnt eine Wartezeit und die unterbrochene Station darf nicht sofort wieder anfangen zu senden. Damit die beiden Redner oder die beiden Stationen nicht wieder gleichzeitig anfangen zu senden, läuft bei jeder Station eine andere Wartezeit. Die Wartezeit wird durch einen Zufalls-generator festgelegt. Nach Ablauf der Wartezeit beginnt die ganze Prozedur von vorne, d. h. Hören, ob das Medium frei ist und so weiter (siehe Bild 2.9).



2.2.2 CSMA/CA

Ein anderes Zugriffsverfahren ist das **CSMA/CA**-Verfahren. Diese Abkürzung steht für *Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*, also Kollisionsverhinderung anstelle der Kollisionserkennung. Dieses Verfahren ist deutlich komplizierter als das CD-Verfahren und verursacht zusätzlichen Netzwerkverkehr. Dieses Verfahren muss eingesetzt werden, wenn das Erkennen von Kollisionen nicht möglich ist. Bei Funknetzen kann die Sendestation nicht erkennen, ob eine andere Station gleichzeitig sendet. Hier kommt das CA-Verfahren zum Einsatz. Kollisionen können hier nicht vollständig verhindert werden, aber die Anzahl der Kollisionen kann reduziert werden. Vor jeder Übertragung prüft die sendewillige Station, ob das Medium frei ist (*listen before talk*). Dazu hört diese Station für eine gewisse Zeit das Medium ab. Die Dauer des Abhörens entspricht der IFS-Zeit (*interframe-spacing-Zeit*), der Zeit zwischen zwei Datenpaketen (eine Art Sicherheitsabstand zwischen den Paketen). Ist das Medium nach dieser Zeit immer noch frei, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass es tatsächlich frei ist, ziemlich groß und die Übertragung kann beginnen.

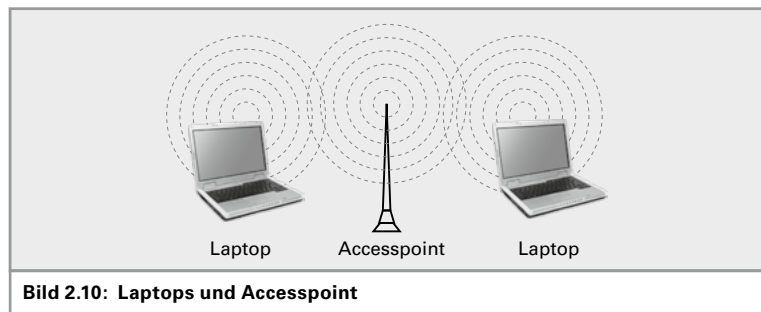
CSMA/CA: Standard in Funknetzen

„listen before talk“: erst hören, dann reden

„Hidden-Station-Problem“: zwei Stationen sehen sich nicht, wenn die Entfernung zu groß ist.

Ist das Medium aber besetzt, so stellt die Station die Übertragung für eine bestimmte Wartezeit zurück.

Folgendes Problem wird damit aber nicht gelöst (Bild 2.10): Zwei Stationen in derselben Zelle liegen beide nahe genug am Accesspoint, um mit ihm zu kommunizieren. Sie liegen aber zu weit auseinander, als dass die eine Station bemerken kann, wann die andere sendet. Deshalb kommt hier noch ein weiterer Mechanismus ins Spiel. Die sendewillige Station schickt, nachdem sie das Medium als nicht belegt überprüft hat, eine Sende-anfrage an den Empfänger, also den Accesspoint. Dieser beantwortet die Sende-anfrage (*Request to Send*, RTS) mit einer Sendefreigabe (*Clear to Send*, CTS), wenn diese senden darf. Klappt dieser RTS-CTS-Austausch problemlos, so kann die Sendestation nach Ablauf einer weiteren Wartezeit mit der eigentlichen Sendung beginnen. Klappt dieser RTS-CTS-Austausch nicht, so beginnt das Verfahren nach einer zufälligen Wartezeit wieder ganz von vorne.



2.2.3 Token Passing

Nur wer den Token hat, darf senden.

Das englische Wort *Token* bedeutet auf Deutsch soviel wie Pfand. Token-Ring ist der bekannteste Vertreter dieser Technologie, wengleich nicht mehr sehr gebräuchlich. Der Token-Bus gehört der Vergangenheit an. Das Verfahren besticht durch seine Einfachheit. Ein Token ist nichts anderes als ein elektronisches Telegrammformular. Es kreist im Ringnetzwerk und wird von Station zu Station weitergeschickt. Es darf zur selben Zeit nur einen Token geben. Wenn eine Station senden will, dann muss sie warten, bis der (leere) Token bei ihr vorbeikommt. Dann füllt sie ihn mit Daten. Sie trägt wie auf einem Telegrammformular die Empfänger- und die Absenderadresse sowie die zu übertragenden Nutzdaten ein. Dieser Token kreist nun genau ein Mal im Netz, bis er wieder beim Absender ankommt. Dieser löscht dann die Inhalte aus dem Formular und schickt das leere Formular weiter. Wenn keine Station senden möchte, dann kreist der Token leer im Netzwerk.

2.3 UGV – Universelle Gebäudeverkabelung

2.3.1 Strukturierte Verkabelung

Eine klare Struktur dient dem Verständnis.

Universelle Gebäudeverkabelung wird oft auch als „strukturierte diensteneutrale Verkabelung“ bezeichnet. Um ein Netzwerk professionell und auch kostengünstig über viele Jahre betreiben zu können, ist eine klare

Struktur der Netzwerkverkabelung absolut notwendig. Diensteneutral bedeutet in Bezug auf Netzwerkverkabelung, dass die Verkabelung unabhängig von dem Dienst ist, der die Leitungswege benutzt. Über die bisher übliche Telefonverkabelung kann man nur Dienste mit geringer Bandbreite benutzen, wie eben Telefon und Fax. Eine zukunftsfähige Verkabelung muss aber alle heutigen Dienste wie Computernetzwerk, Video und eben auch Telefon bedienen können. Statt einer separaten Verkabelung für jeden gewünschten Dienst wird in einer strukturierten, diensteneutralen Verkabelung nur eine Verkabelung realisiert, auf welcher dann die unterschiedlichsten Geräte angeschlossen werden.

Selbstverständlich ist eine gute Netzwerkleitung teurer als eine Telefonleitung. Betrachtet man aber die Gesamtkosten (*Total Cost of Ownership* TCO), so ist eine einheitliche Verkabelung jedoch deutlich billiger als zwei getrennte Verkabelungen.

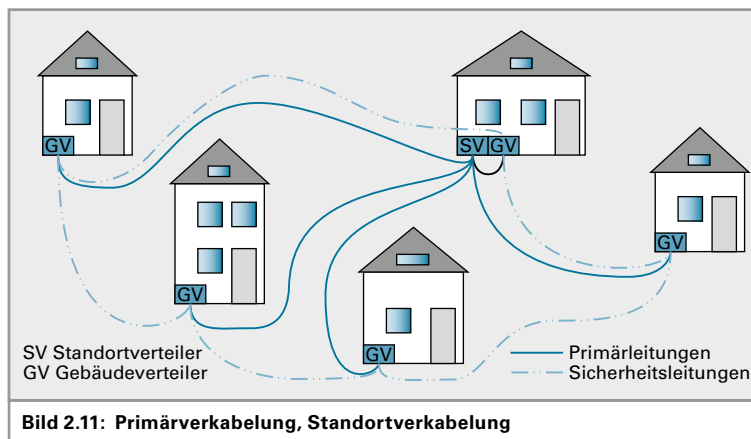
Die Normen EN50173-1 bzw. ISO/IEC 11801 regeln den Aufbau einer Kommunikationsverkabelung. Die Gesamtverkabelung wird in drei Bereiche eingeteilt:

- ▶ Primärbereich
- ▶ Sekundärbereich
- ▶ Tertiärbereich

Der erste Bereich, die **Primärverkabelung** eines Firmennetzwerkes, ist die Standortverkabelung. Im Primärbereich werden von einem Standortverteiler aus die einzelnen Gebäude auf einem Firmengelände miteinander angeschlossen. Diese Verkabelung wird oft auch *Backbone* (Rückgrat) bezeichnet. Ausgehend von einem Standortverteiler werden alle Gebäude sternförmig angeschlossen (Bild 2.11).

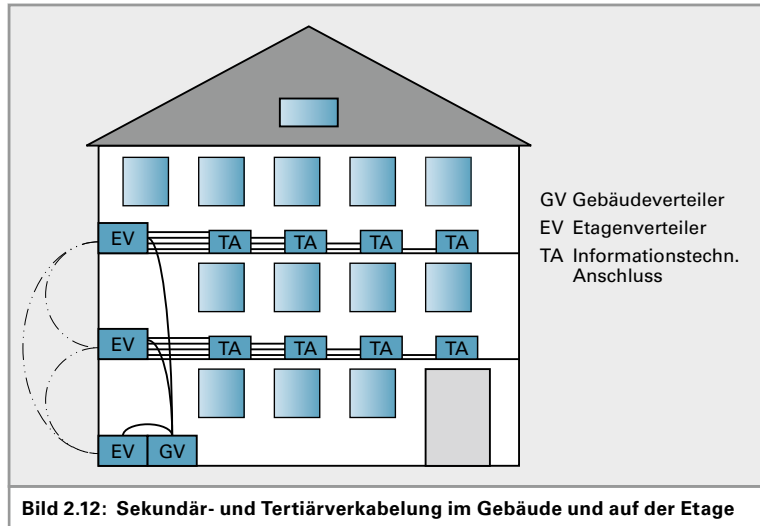
Unterschiedliche Dienste auf einer Verkabelung.

Primärbereich:
Standort-Verkabelung



Der zweite Bereich, die **Sekundärverkabelung** eines LANs, ist die Gebäudeverteilung. Im Sekundärbereich werden von einem Gebäudeverteiler aus die einzelnen Stockwerke angeschlossen. Diese Verkabelung nennt man oft auch Vertikal-Verkabelung und die Leitungen nennt man Steigleitungen, da die Leitungen von unten nach oben verlaufen (Bild 2.12).

Sekundärbereich:
Gebäude-Verkabelung

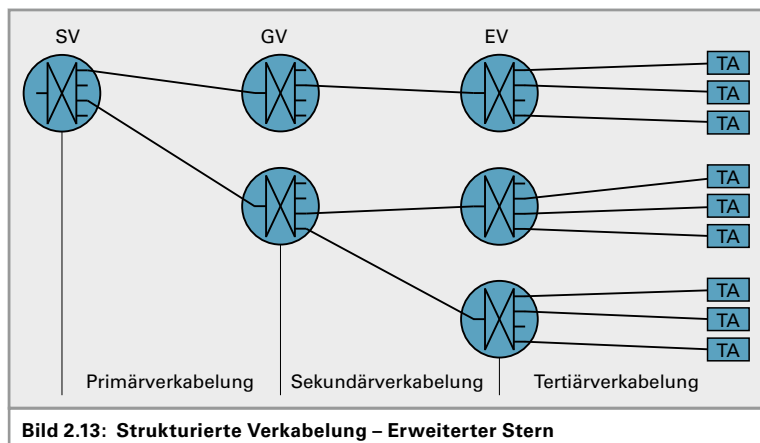


Tertiärbereich: Etagen-Verkabelung

Der dritte Bereich, die **Tertiärverkabelung** eines LANs, ist die Etagenverteilung. Im Tertiärbereich werden von einem Etagenverteiler aus die Steckdosen in den Büros usw. angeschlossen. Diese Dosen nennt man TAs (TA: Technischer Anschluss). Diese Verkabelung nennt man oft auch Horizontal-Verkabelung, bei der die Leitungen auf einer Ebene, dem Stockwerk, verlegt werden.

Jede Verkabelungsebene ist eine Sterntopologie. Zusammen ergibt sie einen erweiterten Stern.

Die übliche Topologie ist der Stern. Ausgehend vom Standortverteiler werden sternförmig die Gebäudeverteiler angefahren. Vom Gebäudeverteiler aus werden die Etagenverteiler eines jeden Gebäudes wieder sternförmig angefahren. Von jedem Etagenverteiler aus werden nun die TAs wiederum sternförmig angeschlossen (Bild 2.13).



Die Gesamttopologie ist also ein Erweiterter Stern. Es ergibt sich bei dieser Verkabelung folgendes Problem:

Querverbindungen dienen der Ausfallsicherheit.

Wird eine Leitung im Primärbereich, beispielsweise durch Kabelbruch unbrauchbar, dann ist ein ganzes Gebäude vom restlichen Firmennetzwerk isoliert.

Die Lösung ist sehr einfach: Man verbindet die Gebäude nach Möglichkeit auch mit ihren Nachbarn durch Reserveleitungen. Diese Leitungen sind im Regelfall unbenutzt. Im Fehlerfall können sie aber aktiviert werden, sodass das isolierte Gebäude über einen Umweg wieder mit dem restlichen LAN verbunden wird. Die daraus resultierende Topologie ist dann eine unvollständige Masche. Wie dies aber genau gemacht wird, wird im Kapitel über Switches beim Spanning-Tree-Verfahren erläutert. Hier dazu nur soviel: Es funktioniert automatisch, ohne dass Leitungen im Fehlerfall von Hand umgesteckt werden müssen.

Die Querverbindungen werden von den Switches bei Bedarf automatisch aktiviert.

Innerhalb eines Gebäudes hat man dasselbe Problem und auch hier dieselbe Lösung. Die Etagenverteiler werden ebenfalls miteinander verbunden.

Querverbindungen bilden Maschen.

Bei kleineren Netzen wird natürlich nur ein Teilbereich der Verkabelung realisiert, abhängig von den Bedürfnissen. In einer Arztpraxis mit mehreren Zimmern auf einem Stockwerk wird natürlich nur ein Etagenverteiler und die Tertiärverkabelung realisiert. Ein Unternehmen mit einem mehrstöckigen Gebäude wird einen Gebäudeverteiler, die Sekundärverkabelung, die Etagenverteiler und die Tertiärverkabelung bekommen.

Wichtig ist, dass die Verkabelung des Netzwerkes, egal wie groß das Netzwerk auch ist, von Anfang an sauber dokumentiert wird. Die Lage der Verteiler, der Verlauf der Leitungswege und die Lage der TAs müssen in Plänen (am besten den Architektenplänen) eingetragen werden. Erweiterungen und Änderungen an der Verkabelung müssen immer sofort in den Plänen nachgetragen werden, damit immer aktuelle Unterlagen vorhanden sind.

Welche Leitungen in welchem Bereich verwendet werden, hängt von den Anforderungen des Netzwerkereibers und von den örtlichen Gegebenheiten ab. Als Richtwert kann man sagen, dass die Primärverkabelung in Lichtwellenleitern (Glasfasern) ausgeführt wird. Oft kommen hier Singlemode-Fasern zum Einsatz. Die Sekundärverkabelung wird in der Regel auch in Lichtwellenleitern ausgeführt. Hier wird meist Multimodefaser eingesetzt. Der Endbereich, die Tertiärverkabelung, wird in Kupferleitungen ausgeführt. Hier können Leitungen der Kategorie 6, 7 oder 8 oder auch Wireless-LAN eingesetzt werden.

Der Einsatzbereich entscheidet, welche Leitungen eingesetzt werden.

Die Kategorie beschreibt die Leistungsfähigkeit der Leitung.

Beschriftung von TAs und Verteilerschränken

Um das Ziel der strukturierten Verkabelung zu erreichen, muss die gesamte Verkabelung dokumentiert werden. Dazu dienen Lagepläne vom Architekten, in die Verteiler, Dosen und die Leitungsführung eingezeichnet werden.

Pläne allein reichen aber nicht aus. Die Komponenten müssen

Dokumentation und Beschriftung ist notwendig und hilfreich.

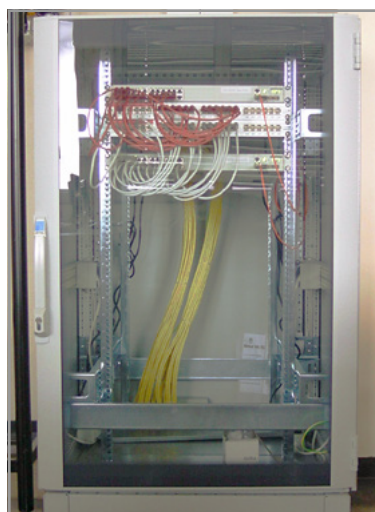


Bild 2.14: Verteilerschrank

gut sichtbar beschriftet werden. Dazu verwendet man gut haftende Aufkleber.

Jeder Verteilerschrank wird eindeutig gekennzeichnet, beispielsweise mit SV für Standortverteiler, GV1, GV2, usw. für Gebäudeverteiler, EV1, EV2, usw. für die Etagenverteiler.

Jedes Steckfeld in den Verteilern wird ebenfalls gekennzeichnet. Hier werden am einfachsten die Steckfelder von oben nach unten durchnummeriert. Die einzelnen Steckplätze sind in der Regel auf dem Steckfeld nummeriert.

Die TAs werden ebenfalls gekennzeichnet. Sie tragen die Nummer der Buchse im Etagenverteiler, auf der ihre Leitung endet.

Beispiel: Der TA mit der Bezeichnung EV2.5.12 ist mit der Buchse 12 des 5. Patchfeldes im Etagenverteiler 2 verbunden.

Die Cisco-Einteilung

Cisco teilt eine Firmenverkabelung ebenso in drei Bereiche ein:

- ▶ Core layer
- ▶ Distribution Layer
- ▶ Access Layer

Im Core-Layer befinden sich sehr leistungsstarke Switches oder Router. Sie kommen üblicherweise im Primärbereich zum Einsatz.

Im Distribution-Layer werden Switches mit guter Leistungsfähigkeit eingesetzt – also üblicherweise im Sekundär-Bereich.

Als Access-Layer wird die Tertiärverteilung bezeichnet. Hier werden Endgeräte mit typischerweise 100 Mbps oder 1 Gbps angeschlossen.

2.3.2 Netzklassen und -kategorien

Die Leistungsfähigkeit einer Netzwerkverkabelung mit symmetrischen Kupferleitungen wird in Netzwerk-Anwendungs-Klassen A bis F eingeteilt (Tabelle 2.1). Dabei werden ausschließlich die passiven Netzkomponenten bewertet.

Tabelle 2.1: Netzanwendungsklassen		
Klasse	Frequenzbereich	Anwendungen
A	≤ 100kHz	niederfrequente Anwendungen (z.B. Telefon, Fax)
B	≤ 1 MHz	Anwendungen mit niedriger Bitrate (z.B. ISDN)
C	≤ 16MHz	Anwendungen mit hoher Bitrate (z.B. Ethernet)
D	≤ 100MHz	Anwendungen mit sehr hoher Bitrate (z.B. Fast-Ethernet oder Gigabit-Ethernet)
E	≤ 250MHz	Anwendungen mit sehr hoher Bitrate (z.B. Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet oder 10-Gigabit-Ethernet, Kabelfernsehen)
E _A	≤ 500MHz	Anwendungen mit sehr hoher Bitrate (z.B. Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet oder 10-Gigabit-Ethernet, Kabelfernsehen)
F	≤ 600 MHz	reserviert für künftige Anwendungen
F _A	≤ 1000 MHz	reserviert für künftige Anwendungen

Die Firma Cisco ist ein großer Pionier auf dem Gebiet der Netzwerktechnik.

Die Klasse spezifiziert die Gesamtverkabelung.

Eine höhere Klasse einer Verkabelungsstrecke beinhaltet auch die Anforderungen an die darunter liegenden Klassen – sie sind also abwärtskompatibel. Bei den Steckern und Buchsen ist dies jedoch ab Klasse F nicht mehr gegeben, wohl aber für die Verkabelung.

Tabelle 2.2 zeigt eine Übersicht mit den wichtigsten nationalen und internationalen Normen für strukturierte Verkabelungen.

Netzwerkklasse	D	E	E _A	F	F _A
Bandbreite	100 MHz	250 MHz	500 MHz	600 MHz	1000 MHz
USA-Normen	TIA/EIA 568 B.2-1:2002 CAT5e	TIA/EIA 568 B.2-1:2002 CAT6	TIA/EIA 155 CAT6 Mitigation TIA/EIA 568 B.2-1:2002 CAT6A (augmented CAT6)		
Internationale Normen	ISO/IEC 11801 Ed.2:2002 CAT5/Klasse D	ISO/IEC 11801 Ed.2:2002 CAT6/Klasse E	ISO/IEC 11801:2002 Amd.1:2008 Channel Class E _A ISO/IEC 11801:2002 Amd.2:draft – Link Class E _A CAT6A ISO/IEC TR> 24750 CAT6 / Class E Mitigation	ISO/IEC 11801 Ed.2:2002 CAT7 / Klasse F	ISO/IEC 11801:2002 Amd.1:2008 Channel Class F _A ISO/IEC 11801 Ed.2:2002 Amd.2:draft – Link Class F _A CAT7A
EU-Normen		EN50173-1...5:2007 CAT6 / Class E	EN50173-1 Beiblatt 1:2008 Class E _A -Channel pTR50173-99-1 ^A CAT6 Mitigation für 10G Base-T	EN50173:2007 CAT7 / Class F	EN50173-1 Beiblatt 1:2008 Class F _A -Channel

Leitungskategorien

Aufgrund der in einer Verkabelung verwendeten Leitung und Komponenten kann die Netzwerkanwendungsklasse festgelegt werden (Tabelle 2.3). Die endgültige Einteilung in eine Klasse kann aber nur über einen messtechnischen Nachweis erfolgen. D.h., jede Verkabelungsanlage muss, auch bei sorgfältigster Planung und Installation, vor der Übergabe an den Kunden vermessen werden! Die Messprotokolle sind dem Betreiber der Kabelanlage zu übergeben. Anhand dieser Protokolle kann später entschieden werden, ob eine neue Anwendung auf der bestehenden Anlage betrieben werden kann oder nicht.

Kategorien spezifizieren einzelne Leitungen, Stecker, Dosen.

Kategorie	Frequenzbereich	Anwendung	geeignet für Klasse
3	≲ 16 MHz	Telefon, Token-Ring, Ethernet	C
5	≲ 100 MHz	Fast Ethernet, Gigabit-Ethernet	D
6	≲ 250 MHz	Gigabit-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet	D, E
6 _A	≲ 625 MHz	Gigabit-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet	D, E, E _A
6 _E	≲ 500 MHz	Gigabit-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet	D, E, E _A
7	≲ 600 MHz	10-Gigabit-Ethernet, Kabelfernsehanlagen	D, E, E _A , F
7 _A	≲ 1000 MHz	10-Gigabit-Ethernet, Kabelfernsehanlagen	D, E, E _A , F, F _A

2.3.3 Abnahmemessung

Nach Fertigstellen einer Verkabelung muss diese durchgemessen werden. Das sorgfältige Ausschauen der verwendeten Komponenten ist Grundvoraussetzung, um eine bestimmte Netzwerkklasse zu erreichen.

Jede Installation muss durchgemessen und abgenommen werden.

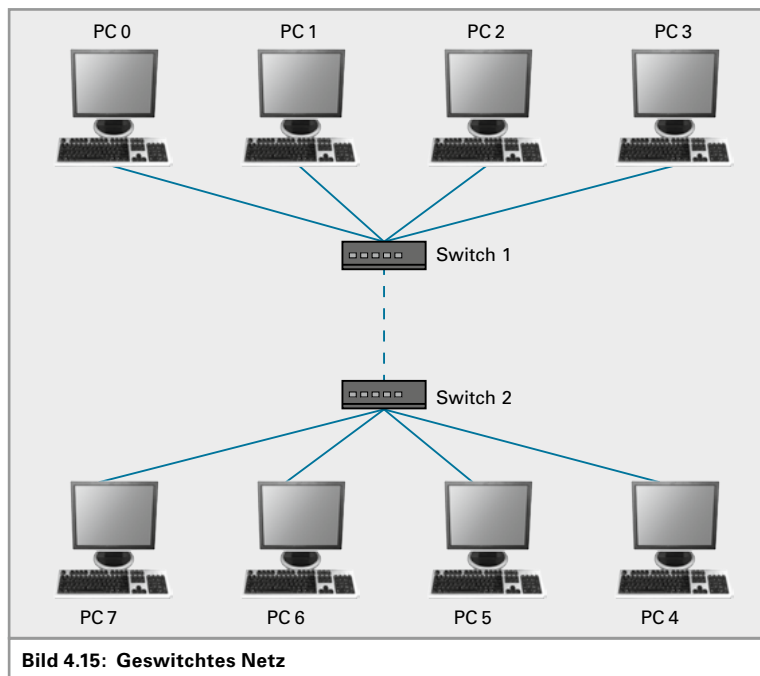
Jeder Switchport bildet eine Kollisionsdomäne.

Twisted Pair: verdrehtes Adernpaar

Ein vollgeschwitchtes Netz ist kollisionsfrei.

Heutzutage werden weder Repeater noch Hubs oder Bridges eingesetzt. Es kommen in LANs ausschließlich Switches zum Einsatz. Ein Switch verfügt genauso wie die Bridge über eine Bridging-Table, in der die Zuweisung von MAC-Adresse zum Switchport vermerkt wird.

Switches benötigen **Twisted-Pair**-Leitungen. Switches mit Koaxialleitungen gibt es nicht. Mit dieser Technik ist eine Vollduplex-Übertragung möglich. Bei einer 100Mbps-Verkabelung hat man somit 100 Megabits pro Sekunde in Sende- und ebensoviel in Empfangsrichtung, zusammen also 200 MBit/s. Schließt man an jeden Switchport nur eine Station an, dann spricht man von einem „**vollgeschwitchten Netz**“ (Bild 4.15). Da die Station mit keiner anderen die Leitung teilen muss, ist ein solches Netz völlig kollisionsfrei! Man spricht in diesem Fall auch von Mikrosegmentierung! Dies ist heute der Normalzustand, alle neueren Netze sind mikrosegmentiert.



Fazit:

Ein Switch teilt ein Netzwerk in kleinere Kollisionsdomänen auf. Broadcastdomänen werden nicht aufgeteilt. Ein Switch wertet MAC-Adressen aus und arbeitet daher auf Layer 2. Ein Switch verbindet Netzwerksegmente.

4.2.3 Router

Router arbeiten auf Layer 3.

Um große Netzwerke zu unterteilen, muss man sie in einzelne Netzwerke, nicht nur in Segmente, zerlegen.

Diese Aufgabe übernimmt der Router (Bild 4.16). Er wertet die Netzwerkadresse aus (Layer 3) und leitet nur diese Pakete weiter, die in ein bestimmtes Netzwerk gehören. Broadcasts werden nicht weitergeleitet.