

### 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.

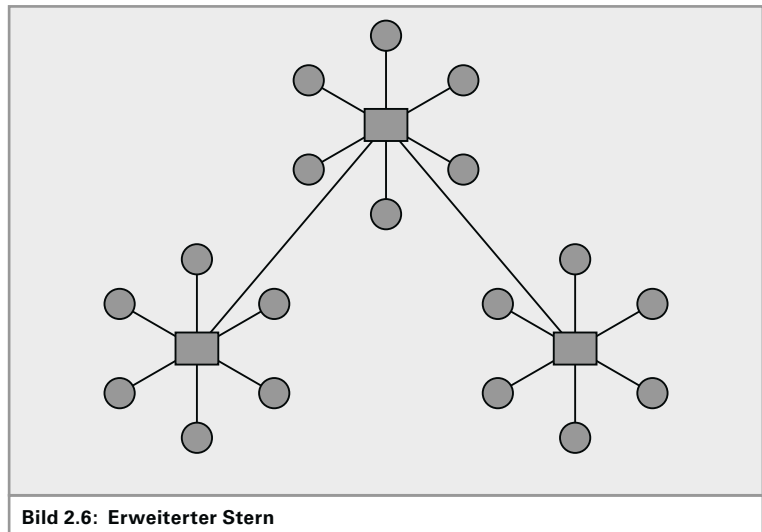
**Backbone:** Rückgrat

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 Sternknoten 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

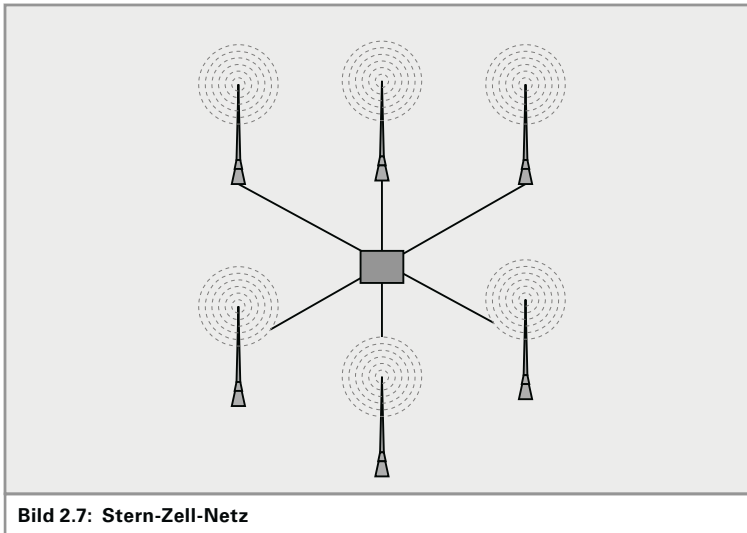


Bild 2.7: Stern-Zell-Netz

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).

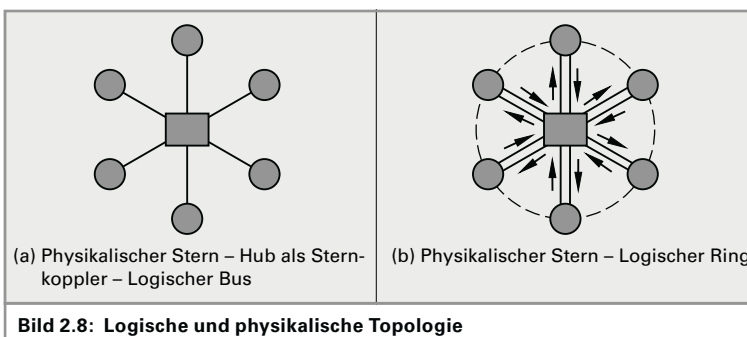


Bild 2.8: Logische und physikalische Topologie

### 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.*

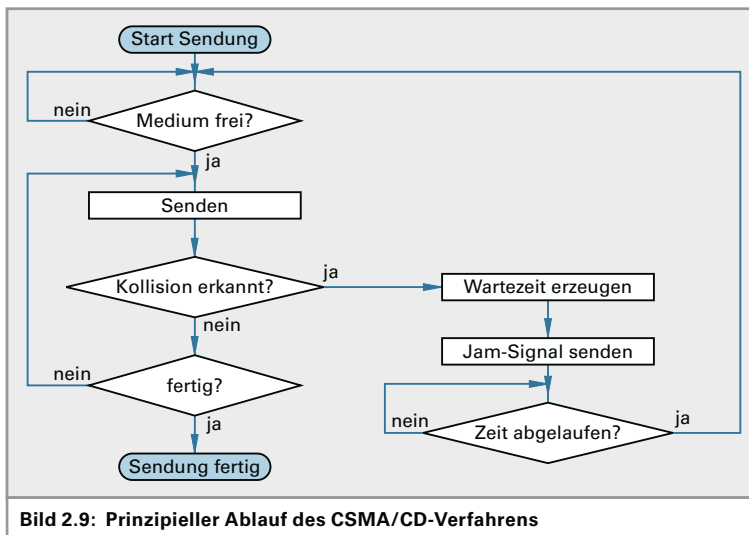
Das **CSMA/CD**-Verfahren ist das Zugriffsverfahren bei leitungsgeführten Ethernet-Netzwerken. Das Verfahren ist ganz simpel und deshalb auch sehr effektiv. Die Abkürzung steht für *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*, was soviel bedeutet wie: Trägererkennung auf einem Medium mit Mehrfachzugriff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

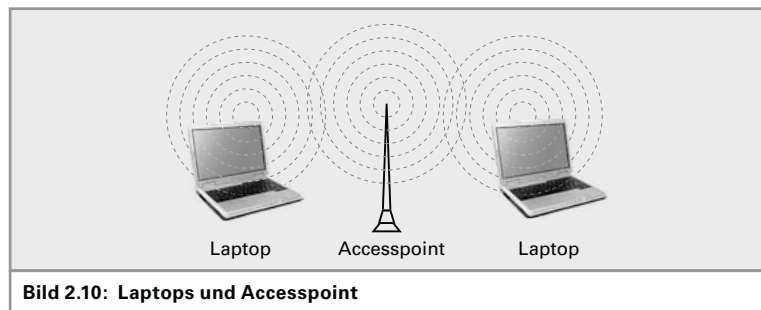
**CSMA/CA:** Standard in Funknetzen

„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. Klappert dieser RTS-CTS-Austausch problemlos, so kann die Sendestation nach Ablauf einer weiteren Wartezeit mit der eigentlichen Sendung beginnen. Klappert 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 diens-teneutrale 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.

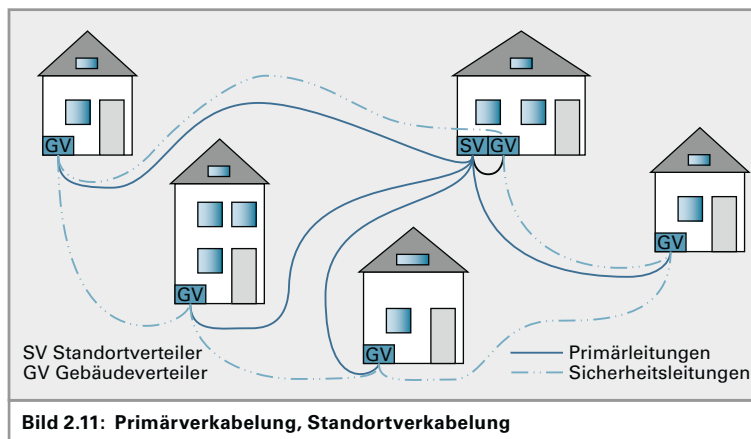
Die Normen EN50173-1 bzw. ISO/IEC 11801 regeln den Aufbau einer Kommunikationsverkabelung. Die Gesamtverkabelung wird in drei Bereiche eingeteilt:

- ▶ 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).

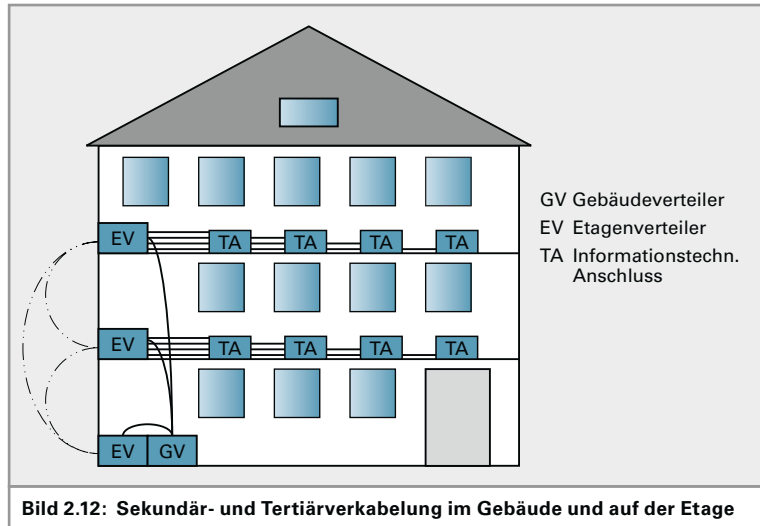
*Unterschiedliche Dienste auf einer Verkabelung.*

**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*

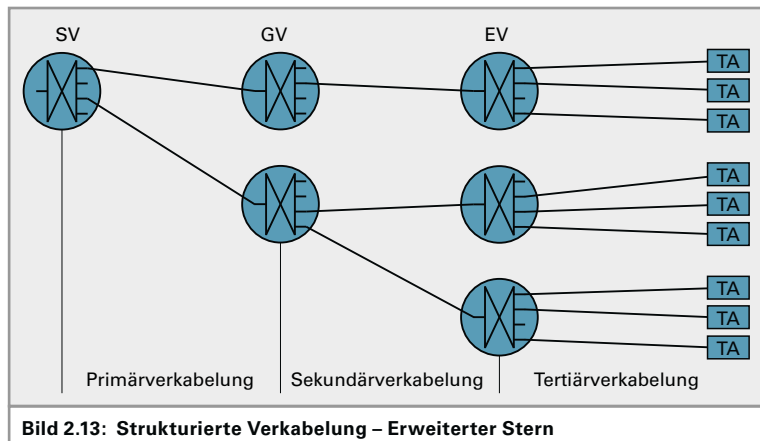


**Tertiärbereich:** Etagen-Verkabelung

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 Netzwerkbetreibers 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 <sub>A</sub>	≤ 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 <sub>A</sub>	≤ 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.

Tabelle 2.2: Übersicht wichtiger Normen im Verkabelungsbereich – Normen für strukturierte Verkabelungen					
Netzwerkklasse	D	E	E <sub>A</sub>	F	F <sub>A</sub>
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 <sub>A</sub>	ISO/IEC 11801 Ed.2:2002 CAT7 / Klasse F	ISO/IEC 11801:2002 Amd.1:2008 Channel Class F <sub>A</sub>
			ISO/IEC 11801:2002 Amd.2:draft – Link Class E <sub>A</sub> CAT6A		ISO/IEC 11801 Ed.2:2002 Amd.2:draft – Link Class F <sub>A</sub> CAT7A
			ISO/IEC TR> 24750 CAT6 / Class E Mitigation		
EU-Normen		EN50173-1...5:2007 CAT6 / Class E	EN50173-1 Beiblatt 1:2008 Class E <sub>A</sub> -Channel	EN50173:2007 CAT7 / Class F	EN50173-1 Beiblatt 1:2008 Class F <sub>A</sub> -Channel
			pTR50173-99-1 <sup>A</sup> CAT6 Mitigation für 10G Base-T		

### 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.*

Tabelle 2.3: Leitungs-Kategorien			
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 <sub>A</sub>	≲ 625 MHz	Gigabit-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet	D, E, E <sub>A</sub>
6 <sub>E</sub>	≲ 500 MHz	Gigabit-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet	D, E, E <sub>A</sub>
7	≲ 600 MHz	10-Gigabit-Ethernet, Kabelfernsehanlagen	D, E, E <sub>A</sub> , F
7 <sub>A</sub>	≲ 1000 MHz	10-Gigabit-Ethernet, Kabelfernsehanlagen	D, E, E <sub>A</sub> , F, F <sub>A</sub>

### 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.*