



Die vernetzte Schule e.V.



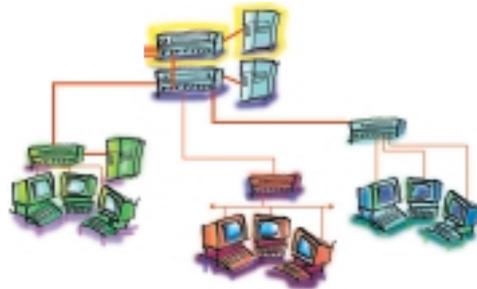
Verkabelungsleitfaden
zur Errichtung oder Erweiterung
einer Verkabelung für Telefon,
Datenanwendungen bis hin zu
Videoübertragungen in Schulgebäuden.





Die vernetzte Schule e. V. bedankt sich hiermit besonders bei den Firmen Dätwyler und topik Communication für die großzügige Unterstützung, welche die Konzeption und die Umsetzung dieses Verkabelungsleitfadens ermöglicht hat.

Das vorliegende Werk gibt den Schulen eine wertvolle Hilfestellung zur Netzwerkverkabelung, die Basis und Grundvoraussetzung für jedes gut funktionierende Netzwerk.



Dätwyler



Dätwyler
Kabel + Systeme GmbH
Gottfried-von-Cramm-Str. 1
85375 Neufahrn
Telefon 08165/9501-0

www.daetwyler.net

topik
COMMUNICATION

Truderinger Str. 217
81825 München
Telefon 089/45 45 90-45
Fax 089/45 45 90-46
E-Mail: info@topik.de

www.topik.de



Vorbereitung auf die Informationsgesellschaft

„Multimedia und Telekommunikation sind technische Konzepte, die tiefgreifende Veränderungen in unserer Gesellschaft bewirken. Die rasant fortschreitende Entwicklung wird viele tradierte Arbeitsformen und Arbeitsprozesse radikal verändern. Die Art und Weise, wie wir unser Leben organisieren und wie wir miteinander kommunizieren und arbeiten, wird sich grundlegend verändern. Die weltweite Verfügbarkeit von Informationen erlangt gesellschaftspolitische Bedeutung. In Wirtschaft und Verwaltung ist der schnelle und umfassende Zugriff auf Informationen und somit die Nutzung der über das Netz bereitgestellten, höherwertigen Dienstleistungen ein entscheidender Qualitäts- und Wettbewerbsfaktor. Im Vergleich zu anderen Industrienationen hinkt die deutsche Wirtschaft beim Einsatz von Multimedia und in der Nutzung von Netzen weltweit bereits hinterher.“

Diese Aussagen von Prof. Rainer Busch verdeutlichen, dass die Schule den Umgang mit diesen Technologien unverzüglich und zielstrebig vorantreiben muss, zumal sich gerade auch durch die Vernetzung von Computern völlig neue Möglichkeiten für den Wissenserwerb, die datenbankgestützte Wissensverarbeitung, die Kommunikation und die Teamarbeit ergeben.

Wenn Schüler selbstständig an Projekten arbeiten, sich Informationen übers Netz beschaffen, mit Firmen und Partnerschulen im In- und Ausland kommunizieren, ihre Ergebnisse strukturieren und anderen Schülern präsentieren, erleben sie neben dem selbstverständlichen Umgang mit der Technik, dass konstruktive Teamarbeit die eigene Weiterentwicklung fördert und reziproker Wissenseinsatz auch meist zu optimaleren Ergebnissen führt.

Das Netz ist somit nicht nur Infrastruktur sondern gleichzeitig wesentliches Gestaltungsmittel für den Lernprozess. Deshalb erfordert diese Entwicklung mittelfristig eine Vernetzung aller Räume einer Schule in denen Lernen stattfindet.

Eine Herausforderung, der Schule und Sachaufwandsträger nur in Bildungsk Kooperationen mit der Wirtschaft gerecht werden können.

Die vernetzte Schule e.V. hat sich die Mittlerschaft zum Ziel gesetzt, mit Impulsen für Know-how Transfer und Aktionen diesen Prozess zu beschleunigen. Publikationen zu den wichtigsten IT-Themen geben wertvolle Hilfestellung; intensive Kontakte zur Industrie ermöglichen stetigen Know-how-Transfer.

Mit dem vorliegenden Verkabelungs-Leitfaden will die Initiative den Verantwortlichen an der Schule in möglichst knapper Form das notwendige Hintergrundwissen für die Planung einer Netzwerkverkabelung bereit stellen.

Die Initiative bedankt sich bei den Lehrerinnen und Lehrern, die sich für zukunfts tragende Entwicklungen an der Schule engagieren, bei den Partnern (Systemhäuser, Fachhändler, Elektroinstallations-Unternehmen), die offen sind für neues Zusammenarbeiten und bei den Sponsoren, die mit ihrem Engagement in unsere Zukunft investieren.

Die vernetzte Schule e.V.

März 2001

Neueste und aktuelle Informationen finden
Sie immer unter:

www.dievers.de

Auch diesen Leitfaden und
alle weiteren Orientierungshilfen können
Sie im Web bestellen.

INHALTSVERZEICHNIS

A. EINLEITUNG	1
B. SZENARIEN	4
1: Rechner in einem Klassenraum vernetzt	4
2: Eine Etage wird verkabelt	4
3: Verkabelung mehrerer Etagen	6
4: Anschluss des Schulnetzwerks an das Internet	7
C. VERKABELUNGS-LEITFADEN	8
1. EINLEITUNG	8
2. DATENCODIERUNG AUF ELEKTRISCHEN LEITERN	8
3. VERKABELUNGSSTRUKTUREN	10
3.1 Standards bei der Verkabelung	10
3.2 Strukturierte Verkabelung	11
3.2.1 Primärbereich	11
3.2.2 Sekundärbereich	11
3.2.3 Tertiärbereich	12
4. REALISIERUNG	12
4.1 Klassen	12
4.2 Kategorien	14
4.3 Bewertungskriterien für Kabel und Anschlusstechnik (Datendosen/Verteilerfeld)	14
4.3.1 Symmetrische Kabel	14
4.3.1.1 Aufbau eines symmetrischen Kabels	14
4.3.1.2 Störanfälligkeit symmetrischer und unsymmetrischer Kabel	15
4.3.1.3 Verschiedene Qualitäten von symmetrischen Kabeln	15
4.4 Glasfaserkabel	15
4.4.1 Aufbau eines Lichtwellenleiters	15
4.4.2 Verschiedene Fasertypen	16
4.4.2.1 Multimodefaser mit Stufenprofil	16
4.4.2.2 Multimodefaser mit Gradientenprofil	16
4.4.2.3 Monomodefaser mit Stufenprofil	17
5. KABELMANTEL	17
5.1 Isolierstoffe	18
5.2 Auswirkungen des Isolationsmaterials im Brandfall	18
6. WEITERE VERKABELUNGSKOMPONENTEN	19
6.1 RJ-45-Stecker für symmetrische Kabel	19
6.2 Datendosen	20
6.3 Stecker für Glasfaser	20
6.3.1 ST-Stecker	20
6.3.2 SC-Stecker	21
6.3 Patchfelder	21
7. KUPFER ODER GLASFASER IM TERTIÄRBEREICH	21
8. FUNKNETZWERKE	22
9. STAATLICHE VORGABEN	23
10. ALLGEMEINE LITERATUR	23

B. SZENARIEN

Beispiel 1: Rechner in einem Klassenraum vernetzt

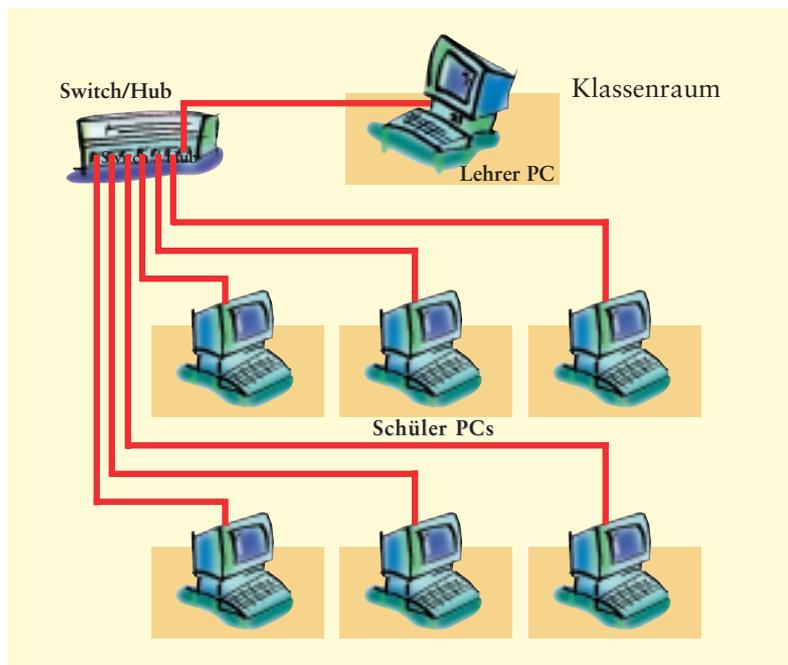
Es soll ein Klassenraum mit 10 Rechnern und einem Server ausgerüstet werden. Auf dem Server sollten gemeinsame Programme für alle Schüler abgelegt werden. Damit alle Schüler auf diese Programme zugreifen können, müssen die Rechner miteinander vernetzt werden. Als aktive Komponente wird ein Dual Speed Hub oder ein Switch eingesetzt.

(Ausführliche Informationen über aktive Komponenten finden Sie auch im Netzwerkleitfaden.)

Die Verkabelung soll als ein schulinternes Projekt durchgeführt werden. Es werden vorkonfektionierte Kupferkabel eingesetzt, die in verschiedenen Längen, von 1 bis 10 Metern, angeboten werden. Vorkonfektionierte Kabel sind mit Steckern versehen, die auf der einen Seite mit der Arbeitsstation oder dem Server und auf der anderen Seite mit dem Hub oder Switch verbunden werden.

Vorkonfektionierte Patchkabel werden von der Firma Dätwyler in verschiedenen Kategorien und Längen angeboten.

Da die gesamte Vernetzung sich in einem Klassenraum befindet, kann auf ein Patchfeld verzichtet werden. Die Kabel werden direkt von den einzelnen PCs bis zum Hub bzw. Switch gezogen. Wird für den Klassenraum mehr als ein Hub/Switch benötigt, kann auf stapelbare Geräte zurückgegriffen werden. Diese können entweder frei stehen oder in einem Geräteschrank, z. B. einem Schrank der Firma Rittal, eingebaut werden. Der Einbau in einen Schrank bringt den Vorteil eines reduzierten Geräuschpegels mit sich.



Allgemeines:

Die Vernetzung eines Klassenraumes kann durch die einfache Anschlussart mit Hilfe von Patchkabeln sicherlich von der Schule (Lehrern, Schülern) selber durchgeführt werden. Für die weiteren Beispiele der Verkabelung, die mit Kabel als Meterware, Verlegung durch Kabelkanäle, Patchfeldern etc. arbeiten, ist es häufig sinnvoll, mit einem Fachhändler vor Ort zusammenzuarbeiten, falls nicht schulintern ein tieferes Wissen um die verschiedenen Arten der Verkabelung vorhanden ist.

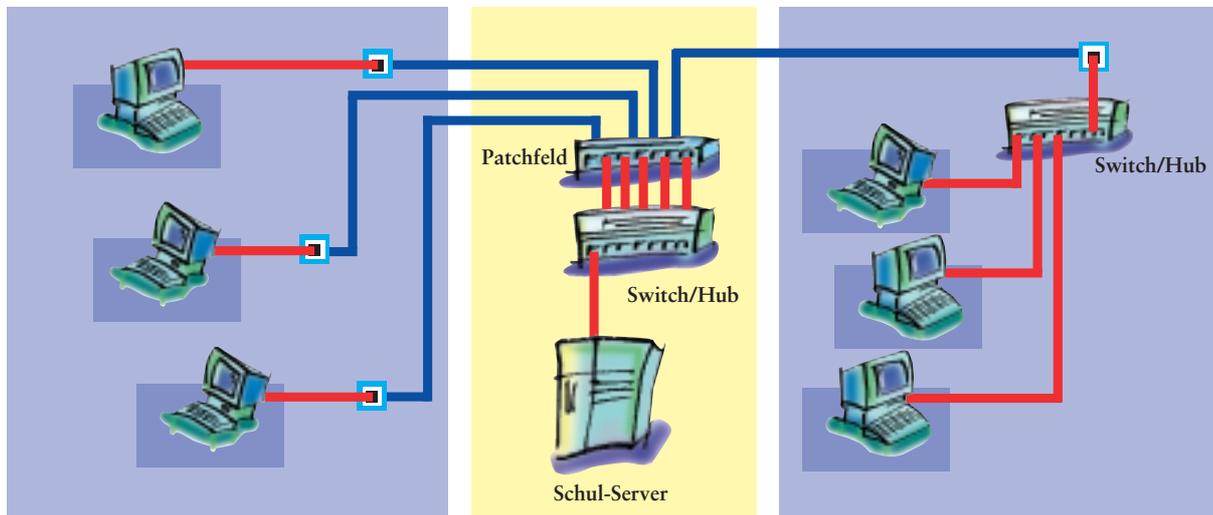
Beispiel 2: Eine Etage wird verkabelt

Es sollen nun mehrere Klassenräume in einer Etage mit Rechnern ausgestattet werden. Man entscheidet sich für einen zentralen Server und einen zentralen Switch oder Hub, die in einem eigenen Raum, dem Serverraum, installiert werden. Von hier aus wird dann die Verbindung zu den Klassenräumen realisiert.

Es sollen keine vorkonfektionierten Kabel eingesetzt werden. Zum einen müssen größere Entfernungen überbrückt werden. Zum anderen müssen die Kabel durch Mauerdurchbrüche oder in Kabelkanälen verlegt werden. Da man den Platzbedarf so gering wie möglich halten möchte, macht es keinen Sinn, die Stecker, die auf

vorkonfektionierten Kabeln montiert sind, mit zu verlegen. Daher werden nur die Kabel von dem zentralen Serverraum zu den einzelnen Klassenräumen gelegt. Die Stecker auf beiden Seiten der Kabel werden dann nach dem Verlegen der Kabel montiert. Die Kabel können in einem Kabelkanal, einem Leerrohr, in einer abgehängten Decke oder in einem eventuell vorhandenen Doppelboden verlegt werden. Da es nach der Verlegung der Kabel schwierig ist, den Weg der Kabel zu verfolgen oder eine Änderung an der Kabelstruktur vorzunehmen, sollte von Anfang an auf eine gute Kennzeichnung der Kabel geachtet werden. Am einfachsten ist dies durch den Einsatz eines Patchfeldes, etwa Unipatch 20/8 der Firma

Eine Etage wird verkabelt



Beispiel 2A

Beispiel 2B

Dätwyler, zu erreichen. Patchfelder bieten unter anderem die Möglichkeit einer Beschriftung, so dass jedes Kabel, das an dem Patchfeld angeschlossen wird, entsprechend gekennzeichnet werden kann.

Optimal ist es, die Datendose am anderen Ende des Kabels mit der identischen Beschriftung zu versehen, so dass auch in Zukunft immer nachzuvollziehen ist, welchen Weg das Kabel nimmt. Die Ports des zentralen Hubs oder Switches im Serverraum werden dann mit Hilfe von Patchkabeln ebenfalls an das Patchfeld angeschlossen. Das Patchfeld ist also ein Verbindungselement zwischen der Datendose mit der dort angeschlossenen Netzwerkkomponente und dem Port des Hubs oder Switches. Unter dem technischen Gesichtspunkt sind nach heutigem Stand Kabel der Kategorie 5 ausreichend, da diese auch für Gigabit Ethernet benutzt werden können. Langfristig zukunftssicher ist man aber mit Kupferkabeln der Kategorie 6. Falls sogar bereits absehbar ist, dass Multimedia- oder Videoapplikationen eingesetzt werden sollen, sollten Kupferkabel der Kategorie 7 verwendet werden, da diese Kabel mit entsprechenden Zusatzgeräten auch Videosignale übertragen können.

Da bei dieser Variante im zentralen Serverraum viele verschiedene Komponenten wie Server, Switch/Hub und Patchfeld installiert werden, macht es Sinn, einen eigenen Schrank, z. B. von der Firma Rittal, für diese Komponenten aufzustellen.

Beispiel 2A: Anschluss der Klassenräume über zentralen Switch/Hub

Alle Arbeitsstationen in den Klassenräumen werden direkt über den zentralen Switch/Hub im Serverraum miteinander verbunden. Es wird für jede geplante Arbeitsstation ein Kabel in jeden Klassenraum gelegt. Das Kabel beginnt am Patchfeld im Serverraum und endet im Klassenraum in einer Datendose, wie z. B. Unipatch 2/8 der Firma Dätwyler, die entweder an der Wand oder in einem Kabelkanal montiert wird. An diese Datendosen werden dann die Arbeitsstationen im Klassenraum über ein Patchkabel angeschlossen.

Sollen in dem Klassenraum Applikationen eingesetzt werden, die einen hohen Datendurchsatz zum Server benötigen, wie z. B. Multimedia, ist diese Variante des Anschlusses an den zentralen Switch im Serverraum vorzuziehen, da dies den erforderlichen Datendurchsatz garantiert.

Beispiel 2B: Switch/Hub im Klassenraum

Im Klassenraum ist ein eigener Hub oder Switch installiert, der die Arbeitsstationen miteinander verbindet. Dann muss in diesen Klassenraum nur ein Kabel vom zentralen Switch/Hub im Serverraum bzw. dem vorgeschalteten Patchfeld gelegt werden. Dieses Kabel wird im Klassenraum in eine Datendose in der Wand oder in einen Kabelkanal geführt. Mit dieser Datendose wird das Patchkabel für den Klassenraum-Switch/Hub verbunden.

Für diese Variante muss nur ein Kabel und nicht ein Kabelbündel wie in Beispiel 2A in den Klassenraum gelegt werden.



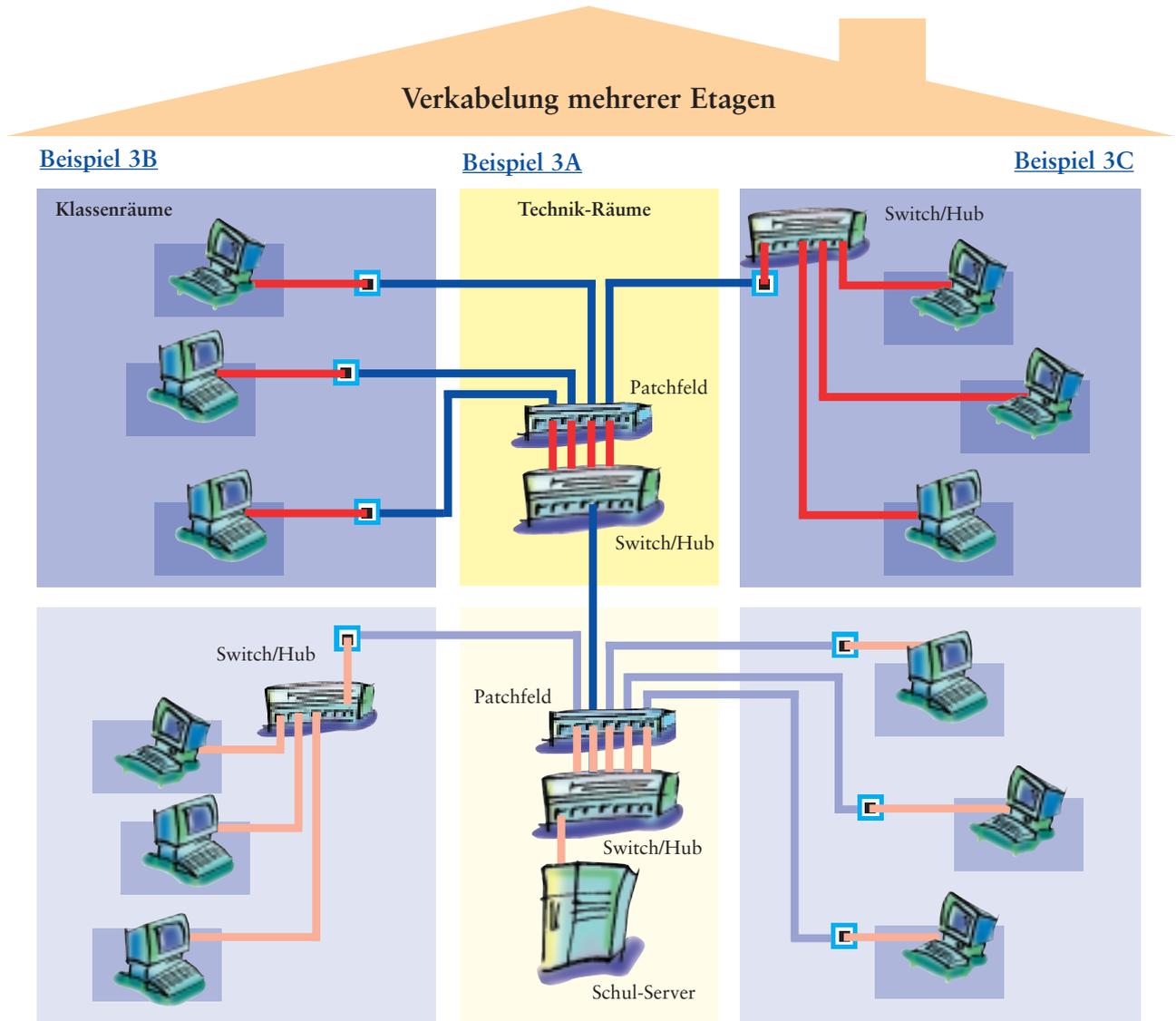
Der Anschluss der Rechner im Klassenraum kann nun auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

Beispiel 3: Verkabelung mehrerer Etagen

Es sollen nun Klassenräume in mehreren Etagen mit Rechnern ausgestattet werden. Auch hier entscheidet man sich für einen zentralen Server und einen zentralen Switch oder Hub im Serverraum. Es wird wieder ein Patchfeld eingesetzt, das dem Switch oder Hub vorgeschaltet wird. Vom Patchfeld laufen dann die Kabel in die einzelnen Klassenräume oder Etagen.

Müssen größere Entfernungen als 100 Meter zum Klassenraum überbrückt werden, werden Glasfaserkabel eingesetzt, wie sie z. B. die Firma Dätwyler anbietet.

Für Entfernungen unter 100 Metern werden wieder Kupferkabel der Kategorie 5, 6 oder 7 als Meterware verlegt.



Der Anschluss der Rechner im Klassenraum kann nun auf drei verschiedene Arten erfolgen.

Beispiel 3A: Einsatz von Etagenverteilern

Es werden Switch/Hubs als Etagenverteiler eingesetzt, die in den einzelnen Etagen in einem eigenen Raum, dem Etagen-Serverraum, installiert werden. Diesem Etagenverteiler wird ein Patchfeld vorgeschaltet, von dem aus die Kabel an Datendosen in den Klassenräumen weiter verlegt werden. Die Etagenverteiler und Patchfelder können wieder in einen entsprechenden Schrank z. B. der Firma Rittal, eingebaut werden. Die Etagenverteiler werden über entsprechende Kupfer- oder Glasfaserkabel mit dem zentralen Switch/Hub verbunden.

Bei dieser Variante werden möglichst wenige Kabel zwischen den Etagen verlegt. Dadurch können evtl. notwendige Deckendurchbrüche so klein wie möglich gehalten werden. Es ist in der Regel einfacher, für ein dickes Kabelbündel, das für den Anschluss der einzelnen Arbeitsstationen in den Klassenräumen benötigt wird, nur noch einen Durchbruch durch die Wand und nicht durch die Decke vornehmen zu müssen.

Beispiel 3B: Anschluss der Klassenräume über einen zentralen Switch/Hub

Alle Arbeitsstationen im Klassenraum werden direkt über den zentralen Switch/Hub miteinander verbunden. Hier haben wir die gleiche Situation wie im Beispiel 2A. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass so wenig aktive und passive Komponenten wie möglich eingesetzt werden. Dies erleichtert die Verwaltung des Netzwerks und die Fehlersuche.

Beispiel 3C: Switch/Hub im Klassenraum

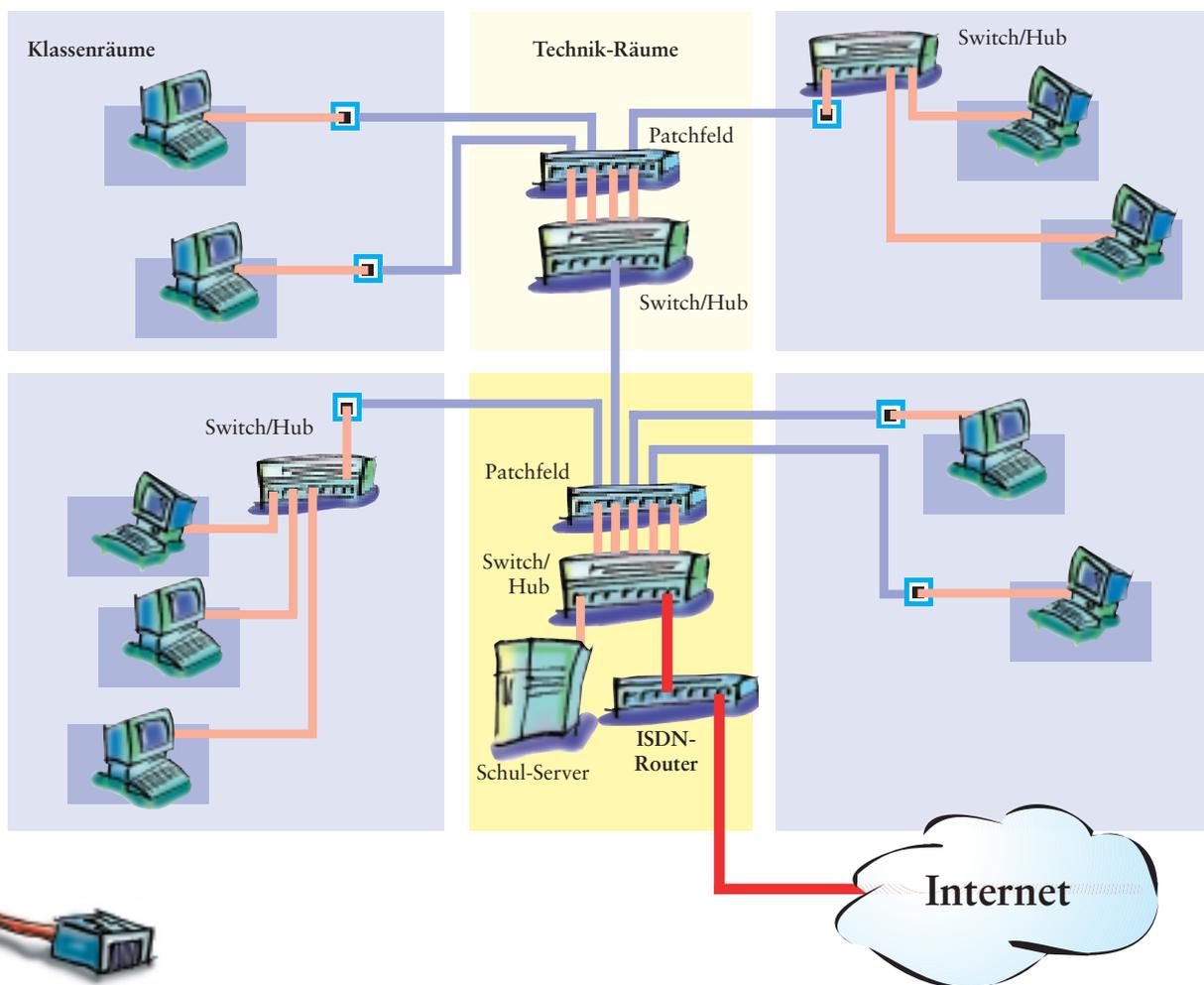
Im Klassenraum ist ein eigener Hub oder Switch installiert, der die Arbeitsstationen miteinander verbindet. Dann entsteht im Prinzip die gleiche Situation wie im Beispiel 2B. Allerdings wird jetzt das Kabel, das den Switch/Hub im Klassenraum mit dem im Serverraum verbindet, über ein oder mehrere Etagen geführt.

Beispiel 4: Anschluss des Schulnetzwerks an das Internet

Es soll der Anschluss des gesamten Schulnetzwerks an das Internet realisiert werden. Nun wird ein ISDN-Router installiert, der die Verbindung zum Internet herstellt. (Ausführliche Informationen über die aktiven Komponenten siehe Netzwerkleitfaden). Auf der Schulseite wird dieser Router mit einem Port eines Switches oder Hubs verbunden. Dies kann entweder direkt mit Hilfe eines Patchkabels oder über das Patchfeld geschehen.

Die Verbindung an das Internet selbst wird entweder über das vom Routerhersteller mitgelieferte Kabel realisiert oder über das Kabel Uninet flex 4P der Firma Dätwyler. Natürlich muss der Router vorher oder anschließend entsprechend konfiguriert werden.

Anschluss des Schulnetzwerks an das Internet



C. VERKABELUNGS-LEITFADEN

1. EINLEITUNG

Die Verbreitung von PCs und anderen Rechnern nimmt immer mehr zu, auch in den Schulen. Häufig werden zunächst einzelne PCs eingesetzt, dann kommen Drucker dazu, dann mehr PCs und auf einmal soll ein Netzwerk aufgebaut werden, so dass die PCs miteinander kommunizieren und Daten austauschen können.

Hierfür wird aber in fast allen Fällen eine Verkabelung benötigt. Eine Ausnahme ist die drahtlose Übertragung mittels Funk oder Infrarot, die aber einigen wesentlichen Einschränkungen unterliegt. Da die Verkabelung kostenintensiv ist, aber auch für einen langen Zeitraum benutzbar sein soll, muss sie gut geplant sein.

Zur Verkabelung gehört zum einen die Wahl des Mediums, wie Kabeltyp, Stecker, Datendosen etc. aber auch die Festlegung einer Struktur bzw. Topologie.

Ziel dieser Broschüre ist es nun, den Lehrern einen Überblick aller Elemente zu geben, die im Zusammenhang mit Verkabelung eine Rolle spielen. Außerdem werden sie in die Lage versetzt, eine eigene Planung durchzuführen oder aber als kompetenter Ansprechpartner Fachgespräche führen zu können.

Daher wird in der Broschüre zunächst ein Überblick über die Datencodierung auf elektrischen Leitern gegeben. Dem schließen sich Informationen über Verkabelungsstrukturen und strukturierte Verkabelung an. Redet man über Kabel, benötigt man vertiefte Information über die heute am häufigsten eingesetzten Kabel, nämlich symmetrische und Glasfaserkabel, einschließlich der Verbindungskomponenten und einer Betrachtung, ob es sinnvoll und notwendig ist, Glasfaser bis zum Arbeitsplatz zu legen.

Um eine Einschätzung des Nutzens von Funknetzwerken vornehmen zu können, gibt es über dieses Thema eine kurze Einführung.

Abgeschlossen wird die Broschüre mit einer Übersicht über die Vorgaben, die von staatlicher Seite für die Verkabelung von Netzwerken gemacht werden.

2. DATENCODIERUNG AUF ELEKTRISCHEN LEITERN

Wie aber kommen die Daten vom PC oder Rechner auf das Kabel?

Jeder Rechner redet Binärsprache, wobei ein einzelnes binäres Zeichen als Bit bezeichnet wird. Um nun Zahlen und Buchstaben darstellen zu können, braucht man in der ASCII-Codierung 8 Bits, auch Byte (oder Oktet) genannt.

Das bedeutet, dass sich jede Information in der Datenverarbeitung als eine binäre Abfolge von 0 und 1 Bits darstellen lässt. Der Buchstabe „b“ wird kodiert als das 8-Bit-Byte „01100010“. Soll diese Information nun innerhalb des Rechners zum Beispiel von der Platte in das Memory gelesen werden, wird es über den internen Bus

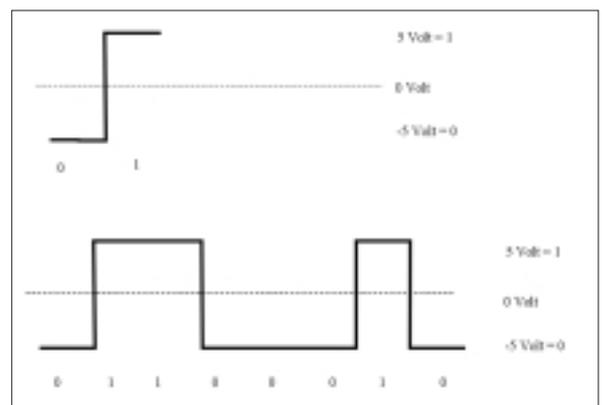
des Rechners übertragen. Da der interne Bus mehrere Kabeladern zu einem breiten Kabel zusammenfasst, das dann für die Übertragung benutzt wird, können die Bits eines Bytes parallel auf den einzelnen Adern übertragen werden. Man nennt dies auch parallele Übertragung und findet diese Art der Datenübertragung z. B. auch auf den Druckerschnittstellen.

Soll aber nun eine Information von einem Rechner zu einem anderen übertragen werden, eignet sich das breite Buskabel nicht für diese Verbindung. Daher arbeitet man in der Datenkommunikation mit der seriellen Übertragung. Bei einer seriellen Übertragung werden die Bits, die ein Byte bilden, nacheinander auf einem Kabel übertragen. Da die 8 Bits eines Bytes zeitlich nacheinander übertragen werden, genügt somit bei der elektrischen Übertragung ein zweiadriges Kabel, das bei der Verlegung sehr viel weniger Platz in Anspruch nimmt. Diese Form der Informationsübertragung findet man außer bei der Datenkommunikation z. B. auch beim Anschluss der Maus an den Rechner.

Über dieses Kabel muss nun die Abfolge von 0 und 1 so übertragen werden, dass auf der anderen Seite die identische Abfolge erkannt wird. Dies wird bei einer Übertragung über einen elektrischen Leiter, wie beim symmetrischen Kabel, über eine Änderung des Spannungszustandes erreicht. So stellt der Spannungszustand 5 V eine binäre 1 und der Spannungszustand -5 V eine binäre 0 dar.

Es ergibt sich damit für die Übertragung auf einer seriellen Verbindung folgende Darstellung für die Darstellung des Buchstaben „b“:

Rechtecksignale



Bei der obigen Art der Codierung muss der Empfänger erkennen, dass das Beibehalten des positiven Spannungszustandes die Übertragung von zwei aufeinanderfolgenden 1-Bits bedeutet. Das heißt, dass eine vorgegebene Zeit benötigt wird, die festlegt, wie lange ein bestimmter Spannungszustand für die Darstellung eines einzelnen Bits bestehen muss, damit der Empfänger bei der Versendung von aufeinanderfolgenden 1-Bits auch erkennen kann, wieviel Bits dies waren.

Hier unterscheidet man zwischen asynchroner und synchroner Kommunikation:

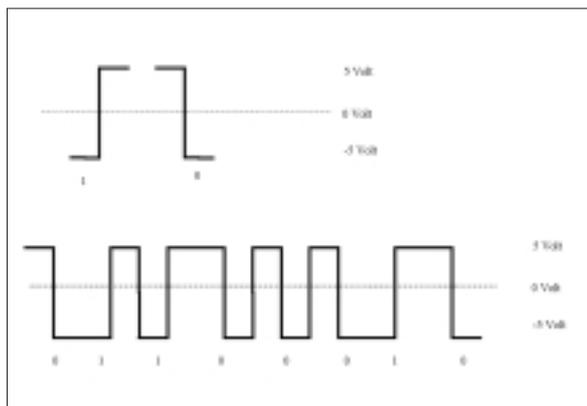
- Bei der asynchronen Kommunikation wird keine Taktinformation mit übertragen. Damit der Empfänger weiß,

wann die Übertragung eines Bytes beginnt und endet, wird vorher ein Startbit und als Abschluss ein Stopbit gesendet. Der Empfänger bekommt lediglich die Übertragungsgeschwindigkeit und tastet die dazwischenliegenden 8 Bit „blind“ ab.

- Demgegenüber wird bei der synchronen Kommunikation für jedes einzelne Bit eine Takt-Information mit übertragen, entweder als zusätzliche Leitung oder sie ist aus dem Signal selbst regenerierbar.

Um die Möglichkeit zu schaffen, aus dem Signal eine „Zeiteinheit“ zu generieren, wird z. B. die Manchester-Codierung eingesetzt. Auch hier wird mit einer Änderung des Spannungszustandes gearbeitet, der nun aber während der Übertragung eines Bits vorgenommen wird. Wechselt der Spannungszustand von -5 Volt zu $+5$ Volt, wird eine 1 dargestellt. Wechselt der Spannungszustand dagegen von $+5$ Volt zu -5 Volt, wird eine 0 dargestellt.

Manchester-Codierung



Daher kann bei der Manchester-Codierung an Hand der fallenden bzw. steigenden Flanke erkannt werden, ob ein „0“ oder „1“-Bit übertragen wird. Für die Darstellung z. B. eines „1“-Bits wird der Spannungszustand -5 Volt zunächst gehalten, dann wechselt er zu $+5$ Volt und wird wieder einen Moment gehalten. Dadurch wird bei jedem Bit der „0 Volt“-Punkt gekreuzt und kann für die Synchronisation verwendet werden.

Sowohl bei der asynchronen als auch bei der synchronen Kommunikation werden meist Parity-Bits (oder Prüfsummen) zwischen den einzelnen Bytes gesendet, umso eine Möglichkeit der Fehlerüberprüfung zu haben.

Die maximale Datenmenge, die über ein Kabel übertragbar ist, hängt von der Übertragungsgeschwindigkeit ab, die wiederum abhängig ist von der Qualität der Übertragungsstrecke. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist das Maß für die Geschwindigkeit, in der Daten in Form von Bits je Zeiteinheit über ein Übertragungsmedium übertragen werden können.

Diese Geschwindigkeit wird in Bit/s angegeben bzw. mit den Präfixen k (Kilo), M (Mega) oder G (Giga) versehen. In der englischen Literatur wird die Übertragungsgeschwindigkeit in bps (bits per second) angegeben.

In Bezug auf die Übertragungsgeschwindigkeit hat sich in den letzten Jahren sehr viel getan. Dies liegt zum einen an der höheren Qualität der eingesetzten Kabel, aber auch an der weiter entwickelten Übertragungstechnik.

Im LAN-Bereich redet man heute mit Fast Ethernet über Geschwindigkeiten von 100.000.000 Bit/Sekunde bzw. 100 Mbit/s, bei Gigabit Ethernet sogar über 1.000.000.000 Bit/Sekunde.

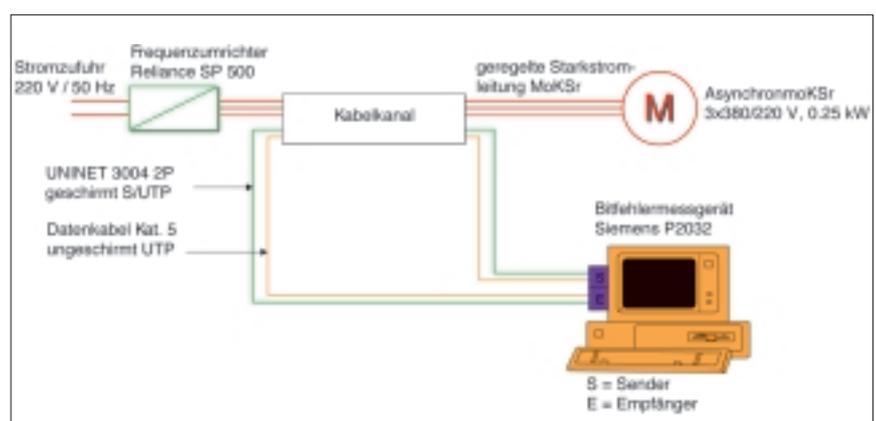
Schaut man sich den Weitverkehrs-Bereich an, in dem Daten über Telefonkabel übertragen werden, hat man vor ein paar Jahren noch über 9600 Bit/Sekunde geredet. Mit den neuen Modems bewegt man sich inzwischen in Bereichen von 56.000 Bit/Sekunde bzw. 56 Kbit/s. Mit Hilfe der Übertragung über ISDN erreicht man sogar noch höhere Datenmengen.

Eine korrekte Datenübertragung hängt stark von der Qualität des benutzten Kabels ab, das aber gleichzeitig auch gut gegen elektromagnetische Störeinflüsse von außen abgeschirmt sein muss. Nur dann werden die Signale während der Übertragung so wenig wie möglich verändert. Sonst passiert es schnell, dass ein 0-Bit verschickt wurde, das auf der anderen Seite aber als 1-Bit gelesen wird.

Dieser Schutz gegen Einflüsse von außen wird über den Schirm oder die Schirmung erreicht. Dies ist ein Schutzmantel, der das Kabel umgibt und gegen elektromagnetische Einflüsse schützen soll, aber auch die Umwelt gegen Störungen aus dem Kabel. Der Schirm ist nicht zu verwechseln mit dem Kabelmantel, der eher gegen mechanische Einflüsse von außen schützt.

Im Gegensatz zur Datenübertragung auf Kupferkabeln werden die Daten bei Glasfaserkabeln nicht mit Hilfe unterschiedlicher Spannungszustände übertragen, sondern über Licht im Wellenbereich des Infrarotlichtes. Daher sind Glasfaserkabel unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen.

Einfluss von Störungen auf die Signale



3. VERKABELUNGS-STRUKTUREN

In der Vergangenheit hat sich die Verkabelungsstruktur immer an die sich entwickelnde Kommunikationsstruktur angelehnt. So findet man heute in allen Haushalten und Bürogebäuden die Telefonverkabelung mit den verdrehten Leitungen. Parallel dazu wurden früher in vielen Unternehmen die Koax- oder Twinax-Kabel für die Anbindung der IBM gelegt. Daneben entwickelte sich eine eigene LAN-Welt für den Token Ring oder Ethernet-Bereich. Ethernet wurde in den Anfängen über das dicke gelbe oder das dünne Ethernet-Kabel realisiert, inzwischen werden für eine Ethernet-Verbindung in der Regel symmetrische Kupferkabel oder Glasfaserkabel eingesetzt. Auf Grund dieser historischen Entwicklung findet man heute in vielen Unternehmen voneinander unabhängige physikalische Vernetzungsstrukturen, die parallel nebeneinander entstanden sind.

Die verschiedenen physikalischen Verkabelungsmedien haben häufig auch eine eigene Verkabelungstopologie zur Folge. Hier kann man generell unterscheiden zwischen Ring-, Bus- und Stern-Topologien.

- Ring-Topologien findet man im Bereich der Token Ring und FDDI-Verkabelung. Alle angeschlossenen Stationen sind im Ring integriert. Das Zugriffsverfahren der einzelnen Stationen auf den Ring wird durch einen Token geregelt, der nacheinander jeder Station das Senderecht zuweist.
- Die Bus-Topologie findet sich in der Regel in historischen Ethernet-Umgebungen, die über das dicke gelbe (Yellow Cable) oder das dünne Kabel (Thin wire) realisiert werden. Alle Stationen sind an diesem Kabel angeschlossen. Im Ethernet-Umfeld wird der Zugriff der Stationen gleichberechtigt über CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Access with Collision detect, siehe auch Netzwerkleitfad) geregelt. In großen Ethernet-Netzwerken hat sich diese Bus-Topologie als negativ herausgestellt, da sie langsam, fehleranfällig und schwer zu verwalten ist, da häufig Probleme bei einer Station das gesamte Netzwerk beeinträchtigen.
- Bei Ethernet über symmetrische oder Glasfaser-Kabel findet man eine Stern-Topologie, wie dies auch von den Vorgaben der strukturierten Verkabelung gefordert wird. Bei der Stern-Topologie ordnen sich die Netzwerkstationen um eine zentrale Station wie einen Hub oder Switch an.

Die bisherigen, unstrukturierten Verkabelungen, die sich jeweils am momentanen Bedarf und Dienst ausrichteten, sind aber in aller Regel mit Kostenexplosionen und Fehlinvestitionen verbunden. Auf Grund der hohen Kosten und der Schwierigkeit, solche unterschiedlichen Strukturen auf Dauer zu verwalten, ist man seit ein paar Jahren dazu übergegangen, anwendungsneutrale Standards zu definieren. Diese unterstützen eine Verkabelungsstruktur, die verschiedenen Netzwerken und Anwendungen als Übertragungsstrecke dienen kann, so dass verschiedene Dienste eine gemeinsame Verkabelungsstruktur benutzen können.

Wir kennen bereits Umgebungen, in denen eine gemeinsame Verkabelung für Sprach- und Datendienste benutzt

wird. Schauen wir uns den Weitverkehrsbereich an und nehmen wir z. B. einen ISDN-Anschluss. Dieser wird dazu benutzt, um zu telefonieren. Gleichzeitig wird er heute aber auch als Zugang zum Internet eingesetzt, und damit werden über die gleiche Verbindung Daten, z. B. Mails, übertragen.

Traditionell waren die Telefonleitungen analoge Verbindungen, auf denen die Sprache entsprechend moduliert wurde. Für die Datenübertragung benötigt man aber, wie wir oben gesehen haben, eine digitale Darstellung. So wie man früher in der Lage war, über einen analogen Telefonanschluss auch Daten zu übertragen, kann man heute über einen digitalen Telefonanschluss, wie ISDN, Sprache übertragen.

Daher ist es sinnvoll im LAN eine gemeinsame Verkabelungsstruktur für Datenübertragung, Telefon, Video und die neueren Techniken (CATV) aufzubauen

3.1 Standards bei der Verkabelung

Im Juli 1995 hat das europäische Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) die europäische Norm EN 50173 für „Anwendungsneutrale Verkabelungssysteme“ verabschiedet. Diese Norm ist weitgehend an den internationalen Verkabelungsstandard ISO/IEC 11801 angelehnt. Sie definiert die Topologie und die Übertragungstechnischen Kenndaten für ein offenes, d. h. herstellerneutrales In-House-Verkabelungssystem und bezieht Anwendungen der Telekommunikation und der Informationstechnik mit ein.

Die Übertragungsverfahren werden entsprechend ihrer Datenraten nach verschiedenen Link-Klassen für unterschiedliche Übertragungsgeschwindigkeiten definiert. Daraus leiten sich Leistungsanforderungen an die gesamte Übertragungsstrecke sowie der benötigten Komponenten wie Kabel, Steckverbindungen, Datendosen und Patchfelder ab.

Als Übertragungsmedien sind symmetrische Kupferkabel und Lichtwellenleiter zugelassen. So erfüllt z. B. die Anwenderklasse D (siehe auch Tabelle 1 und 4) die Leistungsanforderungen an ein lokales Netzwerk, in dem Ethernet oder Fast Ethernet eingesetzt werden soll.

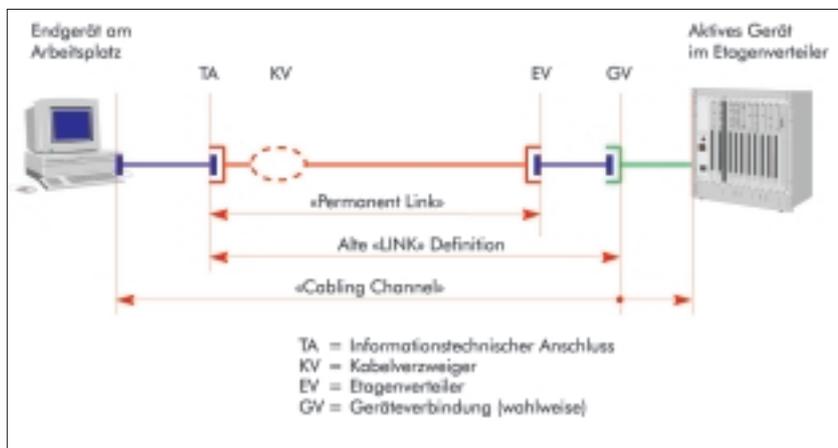
Der Standard unterstützt Sprach-, Daten- und Videoanwendungen und enthält die Vorgaben für Konfiguration, Implementation, Leistung und Konformität. Er definiert einen Geltungsbereich für eine Geländeausdehnung von bis zu 3 km und für eine Bürofläche von bis zu 1 Million Quadratmeter mit 50 bis 50.000 Endgeräten.

Die gültige Norm unterstützt heute eine Verkabelung deren elektrische Parameter bis 100 MHz spezifiziert sind. Dies ist für Fast Ethernet – und nach dem neuesten Standard auch für Gigabit Ethernet ausreichend. Seit Ende 1997 sind neue Spezifikationen bis 250 MHz bzw. 600 MHz im Gespräch, so dass auch die schnelleren Dienste wie ATM, CATV oder Gigabit Ethernet unterstützt werden können. Mit diesen letztgenannten Klassen erzielt man eine höhere elektrische Reserve und damit eine hohe Zukunftssicherheit im Verkabelungssystem.

Der Standard behandelt die Geländeverkabelung, die Gebäudeverkabelung und die Etagenverkabelung. Zu den funktionalen Elementen gehören jeweils der entsprechende Kabel, die Verteiler (Switch, Hub etc.), eventuelle Kabelverteiler (Patchfelder) und die Telekommunikations-Anschlussdosen (TA).

Investitionsschutz von besonderer Bedeutung, ebenso die laufenden Folgekosten in Form von Wartungs- und Serviceaufwand.

Bei der Konzeption einer strukturierten Verkabelung sind außerdem anwenderspezifische Aspekte zu berücksichtigen, die in das Konzept eingebracht werden müssen.



Die Strukturierung selber erfolgt innerhalb von Hierarchie-Ebenen. Man redet von einem Primär-, einem Sekundär- und einem Tertiärbereich

3.2.1 Primärbereich

Der Primärbereich befasst sich mit der Geländeverkabelung. Man kann sich hier eine Schule vorstellen, die über verschiedene Gebäude verfügt. Der Primärbereich verbindet die Gebäude untereinander. Dabei werden die

Link-Definition

3.2 Strukturierte Verkabelung

In dem Standard EN 50173 ist auch eine Struktur für die Verkabelung selber vorgeschlagen. Dies wird als „Strukturierte Verkabelung“ bezeichnet. Er ist die Grundlage für eine zukunftsweisende, anwendungsunabhängige und wirtschaftliche Netzwerkinfrastruktur. Neuere LAN-Implementationen, wie Ethernet auf symmetrischen Kabeln und neue Verkabelungskonzepte in den Firmen ermöglichen die Schaffung gültiger Kabelstrukturen. Die Verkabelung selber, die einen großen Kostenanteil beim Aufbau eines Netzwerks ausmacht, soll auch dann noch gültig und einsatzfähig sein, wenn andere Netzwerkkomponenten durch eine neue Generation ersetzt werden.

Daher müssen die neuen Verkabelungs-Infrastrukturen Installationsreserven enthalten, die auch die Kommunikationsanforderungen für die nächsten 10 bis 15 Jahre umfassen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt einer strukturierten Verkabelung ist die Dienstneutralität des Anschlusspunktes. Der Ansatz sollte alle LAN-Konzepte umfassen, aber auch Dienste aus dem Weitverkehrsbereich wie z. B. die Sprachübertragung. Beim Aufbau einer neuen Netzinfrastruktur sollte darauf geachtet werden, dass das Netz problemlos auf zukünftige LAN-Technologien umgestellt werden kann und damit vorhandene und neue Produkte in das Netzwerk einbezogen werden können.

Darüber hinaus sollte ein neues Netzsystem auf Standards basieren und damit herstellerunabhängig sein. Es sollte genügend Reserven für eventuelle neue Dienste haben, unempfindlich gegenüber Störeinflüssen sein und eine sichere Übertragung gewährleisten. Für den Anwender sind natürlich die Investitionskosten und der

Gebäudeverteiler über das Primärkabel mit dem Standortverteiler verbunden.

Im Primärbereich werden in aller Regel Lichtwellenleiter in Monomode- und Multimodefasern eingesetzt.

Die Spezifikationen des Standards EN 50173 sind auf eine Entfernung zwischen Standort- und Gebäudeverteiler von 1.500 m optimiert, auch wenn die heutigen Lichtwellenleiter, technisch gesehen, größere Entfernungen überbrücken können.

Die Primärverkabelung kann als Ring- oder Stern-Topologie erfolgen. Da sternförmige Verkabelungen anfällig sind gegenüber Fehlern im zentralen Konzentratoren und auch gegenüber Streckenausfall, empfiehlt sich der Aufbau einer doppelten oder einer kombinierten Topologie.

3.2.2 Sekundärbereich

Der Sekundärbereich befasst sich mit der Gebäudeverkabelung. Hier sind der Steigleitungsbereich und die Gebäudeverteiler angesiedelt. Es ist also eine Vertikalverkabelung, mit der die einzelnen Stockwerke sternförmig an den Gebäudeverteiler angeschlossen werden.

In den Verkabelungsstandards werden für eine universelle Verkabelung im Sekundärbereich entweder symmetrische Kupferkabel oder Lichtwellenleiter als Multimodefasern oder Monomodefasern vorgeschlagen.

Die Sekundärverkabelung ist auf 500 m optimiert und darf eine maximale Dämpfung von 11 dB nicht überschreiten. Bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen über symmetrische Kabel ist die Entfernung auf 100 m optimiert. Es hat sich allerdings durchgesetzt, dass im Sekundärbereich Lichtwellenleiter für die Datenverbindung zum Einsatz kommen.

3.2.3 Tertiärbereich

Der Tertiärbereich befasst sich mit der Etagenverkabelung und dem Anschluss der Arbeitsplätze und wird daher auch Etagenverkabelung genannt. In diesen Bereich gehören die Etagenverteiler und die Anschlussdosen. Die Streckenlänge zwischen Verteiler und den Telekommunikations-Anschlussdosen sind in den Verkabelungsstandards auf 90 m optimiert. Dieser Wert kann allerdings flexibel behandelt werden. Wenn die Güte des Kabels um ein Vielfaches höher ist als die Norm dies vorschreibt, könnten die Linklängen auch erweitert werden.

Wird dieser Bereich mit Lichtwellenleitern verkabelt, um „Fiber to the Desk“ zu realisieren, kann für die Ermittlung des Dämpfungsbudgets von einer Streckendämpfung von 11 dB/km ausgegangen werden. Dieser Wert gilt für Multimodfasern und berücksichtigt jeweils einen Spleiß und eine Steckverbindung an jedem Kabelende (Anmerkung: Monomode bis zum Arbeitsplatz kommt so gut wie gar nicht vor).

Werden symmetrische Kabel eingesetzt, ist es sinnvoll, ein Kabel mit vier Aderpaaren (8 Adern) zu wählen, auch wenn bei den heutigen Übertragungsgeschwindigkeiten, die Ethernet und Fast Ethernet bieten, nur 4 Adern benötigt werden. Ein Kabel mit 8 Adern kann geteilt werden, so dass ein Kabel momentan zwei Anschlüsse bedienen kann. Soll in Zukunft dann z. B. auf Gigabit Ethernet umgestellt werden, benötigt man, nach heutigem Stand der Erfahrung, alle vier Aderpaare.

Es ist heute auch möglich, in eine Verkabelung mit hochwertigem Kupferkabel über entsprechende Geräte Fernsehsignale mit einzuspielen, so dass eine eigene Koax-Verkabelung für die Videosignale entfallen kann.

4. REALISIERUNG

4.1 Klassen

Die Verbindung zwischen zwei aktiven Geräten, beispielsweise einem Hub im Etagenverteiler und einem PC am Arbeitsplatz, nennt man „Übertragungskanal“ oder „Übertragungsstrecke“ (engl. „Channel“). Die Übertragungsstrecke umfasst damit die Verbindung, die aus dem Kabel, dem Verteilerfeld der Anschlussdose und den konfektionierten Anschluss- und Patchkabeln besteht. Die Qualität der Übertragungsstrecke ist ausschlaggebend dafür, welche Anwendungen übertragen werden können.

Die Mindestanforderungen an die Qualität der Übertragungsstrecke ist in „Klassen“ eingeteilt. Dabei sind die Mindestanforderungen an alle relevanten Parameter bis zu einer definierten Frequenz beschrieben. Gleichzeitig sind die Anforderungen an die einzelnen Parameter mit steigender Klasse schärfer. Somit ist gewährleistet, dass höherwertige Klassen das Leistungsvermögen niedrigerer Klassen voll einschließen.

Derzeit sind vier Klassen für die Verkabelung mit Kupfer standardisiert: Klasse A-D. Neu hinzu kommen die Klasse E und F. Diese Spezifikationen, insbesondere von Klasse E und F, finden sich in der 2. Ausgabe der EN 50173 wieder. Dieses wird zur Zeit in den zuständigen Normungsgremien ausgearbeitet und wird nicht vor Mitte 2002 verabschiedet werden.

Bei der Realisierung einer anwendungsneutralen Verkabelung ist zunächst wichtig, die geforderten Mindestwerte der gewählten Klasse für die Übertragungsstrecke einzuhalten. Dadurch wird die Übertragung der entsprechenden Anwendungen sichergestellt. Dabei ist die Länge der Strecke zunächst unerheblich.

Die Anforderungen an die benötigten Komponenten, wie Kabel und Steckverbinder kann rechnerisch (Planung) ermittelt werden. Die maximal erreichbare Streckenlänge wird zunehmend von der Qualität der verwendeten Komponenten, vornehmlich dem Kabel, bestimmt. Mit heute verfügbaren Komponenten sind hier durchaus Streckenlängen von ca. 130 m erreichbar.



Struktur der Verkabelung

Die Klassen der Übertragungstrecken sind den übertragbaren Anwendungen zugeordnet:

	Parameter festgelegt bis	unterstützte Anwendungen (z. B.)
Klasse A	100 kHz	X.12; V.11
Klasse B	1 MHz	S ₀ -Bus (ISDN-Basisanschluss) S ₁ /S ₂ (ISDN-Primärmultiplexanschluss)
Klasse C	16 MHz	CSMA/CD 10BaseT (10 MBit/s Ethernet) 4 MBit/s Token Ring
Klasse D	100 MHz	16 MBit/s Token Ring ATM 155 MBit/s TP-PMD (Fast Ethernet = 100 MBit/s Ethernet) Gigabit Ethernet (über 4 Paare)
zukünftige Klassen (Anforderungen werden genormt)		
Klasse E	250 MHz	(nicht bekannt)
Klasse F	600 MHz	ATM 622 MBit/s CATV (Video) Gigabit Ethernet (über 2 Paare)

Einsatzbereich der verschiedenen Klassen

Die wichtigsten Begriffe bedeuten folgendes:	
Impedanz	Auch Wellenwiderstand genannt. Die Impedanz ist frequenzabhängig und wird im wesentlichen durch die Konstruktion des Kabels bestimmt. Hierzu gehören der Durchmesser des Innenleiters, das Dielektrikum (die Substanz zwischen der Schirmung und dem Innenleiter) und die Schirmung. Das bedeutet, dass alle Leitungsparameter – Leitungswiderstand, Isolationswiderstand, Leitungskapazität und Leitungsinduktivität – in die Impedanz eingehen. Diese wird in Ohm angegeben und ist über weite Frequenzbereiche frequenzunabhängig. Mit steigender Frequenz wird die Impedanz jedoch zunehmend vom Leitungswiderstand bestimmt.
Dämpfung	Dies ist die Minderung der übertragenen Energie eines Signals im Verlauf einer Übertragungstrecke. Da jeder Übertragungsweg, ebenso wie jedes Übertragungsmedium mit frequenzunabhängigen und frequenzabhängigen Verlusten behaftet ist, dämpft es das zu übertragende Signal unterschiedlich stark in seinen Frequenzanteilen. Die Dämpfung wird als logarithmisches Verhältnis von Eingangs- zu Ausgangsleistung in der Einheit Dezibel (dB) angegeben. Die Dämpfung eines Kabels hat verschiedene Ursachen und wird von unterschiedlichen Parametern beeinflusst, so z. B. der Länge oder dem Material. Sie ist auf Grund der kapazitiven Kopplung der beiden Adern und deren Induktivität frequenzabhängig. Das bedeutet, dass höhere Frequenzen stärker gedämpft werden als niedrige.
Nebensprechen	Auch NEXT (near end crosstalk) oder Querdämpfung genannt. Da in einem Adernpaar häufig das Sendesignal, in einem anderen das Empfangssignal übertragen wird, kann es durch das Übersprechen zu Störungen im Empfangskanal kommen. Das Nebensprechen gibt an, wie stark das Signal eines Adernpaares in das andere Adernpaar induziert wird. Angegeben wird es als logarithmiertes Verhältnis von der Signalleistung im sendenden Adernpaar zur Empfangsleistung im empfangenden Adernpaar in Dezibel (dB). NEXT ist relativ längenunabhängig, aber stark frequenzabhängig. Die NEXT-Werte können durch konstruktive Massnahmen wie Schlaglängen oder zusätzliche Schirmung der Adernpaare beeinflusst werden.
ACR	ACR steht für „attenuation to crosstalk ratio“ und gibt das Verhältnis von Kabeldämpfung zu Nebensprechdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz an. ACR berechnet sich als Differenz zwischen NEXT und Dämpfung. Das ACR wird als Maßstab für die Qualität der gesamten Verbindung angesehen.
NVP	NVP steht für „nominal velocity of propagation“. Der NVP gibt die verzögerte Signallaufzeit in physikalischen Medien gegenüber der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum an. Typischerweise liegen die Geschwindigkeiten in Kupferkabeln bei 65 % bis 80 % der Lichtgeschwindigkeit.
Delay Skew	Skew ist der Unterschied zwischen den Signallaufzeiten in den einzelnen Paaren eines Kabels oder Lichtwellenleiters. Dieser Wert ist besonders wichtig bei mehrstufigen Übertragungsverfahren, da die Differenz in den Laufzeiten vom Empfänger ausgeglichen werden muss.

Begriffe für die Bewertung der Qualität von Übertragungstrecken sowie einzelner Komponenten

4.2 Kategorien

In der Praxis ist es in aller Regel zu aufwendig die Anforderungen an die Komponenten, wie Kabel und Steckverbinder, für jede Übertragungsstrecke zu errechnen und demnach die Komponenten zusammenzustellen. Deshalb wurden in der Norm die Mindestanforderungen für Komponenten definiert um damit die Anforderungen an eine Übertragungsstrecke mit einer Länge von 100 m sicher einzuhalten.

Die Qualitätsanforderungen für Komponenten wurden in „Kategorien“ eingeteilt. Standardisiert sind insgesamt 5 Kategorien, wobei die Kategorien 1 und 2 inzwischen veraltet sind und in der verfügbaren Ausgabe des Standards auch nicht mehr erwähnt werden. Ebenso ist die Kategorie 4 entfallen. Somit sind derzeit Komponenten der Kategorie 3 und 5 spezifiziert. In der zweiten Ausgabe der Norm kommen dann noch die Kategorien 6 und 7 hinzu.

Es sind folgende Kategorien definiert:

Kategorie 3	Parameter sind bis 10 MHz definiert
Kategorie 5	Parameter sind bis 100 MHz definiert
zukünftige Kategorien	
Kategorie 6	Parameter werden bis 250 MHz definiert
Kategorie 7	Parameter werden bis 600 MHz definiert

Zwischen den „Klassen“ und „Kategorien“ besteht (ab der Klasse D) ein direkter Bezug:

Mit Komponenten der	lassen sich Übertragungsstrecken der
Kategorie 5	Klasse D
Kategorie 6	Klasse E
Kategorie 7	Klasse F

mit einer Länge von 100 m realisieren.

Die Anforderungen der jeweiligen Klasse werden dabei sicher erreicht.

4.3 Bewertungskriterien für Kabel und Anschluss technik (Datendosen/Verteilerfeld)

Im Standard werden verschiedene Kategorien definiert. Eine Kategorie steht für eine bestimmte Güte der zu verwendenden Komponenten und sichert dadurch entsprechende Übertragungseigenschaften.

Neben den Kabeln werden auch die Mindestanforderungen für die Steckverbindungen wie Stecker und Anschlussdosen definiert (s. Abschnitt 6.). Denn ein Kabel hoher Qualität bringt nur einen geringen Nutzen, wenn die Anschlüsselemente diese „besseren“ Werte nicht weitergeben können.

4.3.1 Symmetrische Kabel

Für den Aufbau eines lokalen Netzwerkes werden heute ausschließlich symmetrische Kupferkabel (amerikanisch: „Twisted Pair“) oder Glasfaserkabel eingesetzt. An dieser Stelle sollen die symmetrischen Kabel genauer untersucht werden.

4.3.1.1 Aufbau eines symmetrischen Kabels

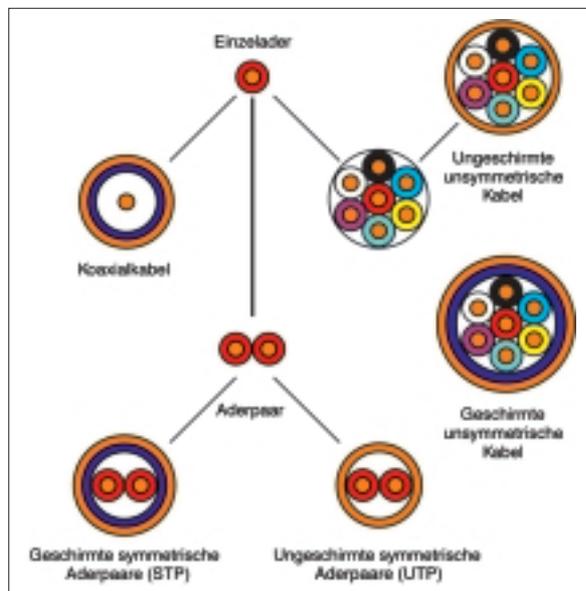
Als Basis eines Kabels gilt immer der Leiter oder die Ader, die voneinander isoliert werden, wie wir dies auch von Stromkabeln her kennen.

Ein symmetrisches Kabel wird aus mehreren Adern aufgebaut. Die einzelnen Adern enthalten metallische Leiter aus Elektrolytkupfer. Die Kupferleiter werden in blanker Form angetroffen.

Dann werden die einzelnen Adern mit unterschiedlichen Steigungen zu Paaren verseilt, wodurch das Kabel unempfindlicher gegen Störbeeinflussung wird.

Die Paare werden entweder ungeschirmt oder zusammen unter einem Schirm zum Kabel verarbeitet. Es gibt Geflechschirme oder Folienschirme oder eine Kombination aus beidem. Das Thema Schirmung wird in einem eigenen Kapitel genauer behandelt.

Konstruktionsmerkmale von Kupferkabeln



Symmetrische Kabel gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen. Es werden heute in der Regel Kabel eingesetzt, die aus vier verdrehten Aderpaaren bestehen.

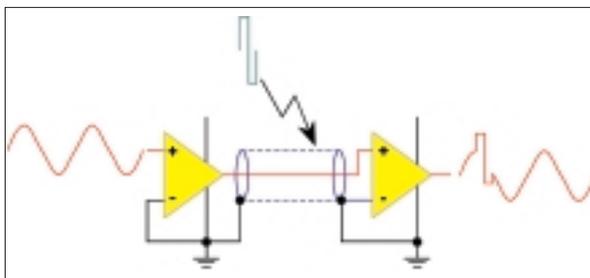
Es gibt auch Ausführungen symmetrischer Kabel die aus einer Stern-Vierer-Verseilung besteht. Hier werden nicht zwei Adern zu einem Paar, sondern jeweils vier Adern miteinander zu einem Vierer-Element verseilt. Diese Sternvierer-Verseilung hat große Vorteile in der Praxis (homogenes Kabel, niedrige Signallaufzeitdifferenzen zwischen den Paaren, geringer Kabeldurchmesser, usw.) gegenüber paarverseilten Kabeln.

4.3.1.2 Störanfälligkeit unsymmetrischer und symmetrischer Kabel

Man kann bei Kupferkabeln generell zwischen symmetrischen und unsymmetrischen Kabeln unterscheiden.

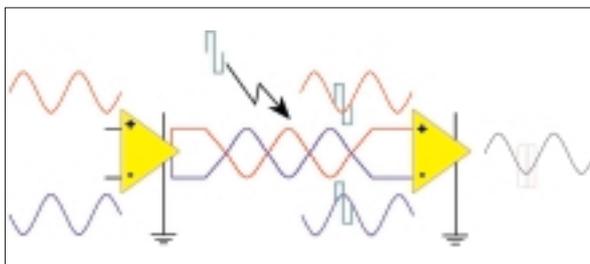
Zu den unsymmetrischen Kabeln zählen z. B. die früher häufig benutzten Koaxialkabel. Beim Koax-Kabel wird über einen zentralen Innenleiter ein Außenleiter aus Geflechtem angebracht. Dabei dient der Außenleiter als Rückleiter für das Nutzsignal. Von außen einwirkende Störungen werden somit dem Nutzsignal überlagert und durch nachfolgende aktive Komponenten sogar noch verstärkt.

Störeinflüsse auf Koaxial-Verbindungen



Symmetrische Kabel haben einen großen Vorteil bezüglich der Störfestigkeit. Transportiert die eine Ader ein positiv gerichtetes Signal, so überträgt die andere synchron ein negativ gerichtetes Signal. Das bedeutet, dass ein z. B. positiv gerichteter Störer durch die Differential-eingangsstufe des Empfängers teilweise kompensiert wird.

Störeinflüsse auf symmetrische Leitungen



Allerdings können wegen vorhandener Fertigungstoleranzen der Kabel und negativer Einflüsse bei der Verlegung die Störsignale nicht vollständig kompensiert werden.

4.3.1.3 Verschiedene Qualitäten von symmetrischen Kabeln

Es gibt viele verschiedene symmetrische Kabel, die sich in ihrer Qualität (und natürlich auch im Preis) voneinander unterscheiden. Technisch liegt der Unterschied in der Dicke des Kupferleiters und in der Art der Abschirmung.

Möglicher Aufbau von symmetrischen Kabeln (Dätwyler Uninet 5002 und 7702)



z. B. Dätwyler Uninet 5002 4P



z. B. Dätwyler Uninet 7002 4P

Soll nun ein Netzwerk aufgebaut werden, muss entschieden werden, welche Kabel verlegt werden. Dies sollte zum einen zukunftssicher sein, zum anderen aber das vorhandene Budget nicht überschreiten. Um die Planung der Verkabelungsstruktur und damit auch die Entscheidung, welche Kabel eingesetzt werden sollen, zu vereinfachen, wurden Standards definiert, in denen festgelegt wurde, welchen Anforderungen ein Kabel genügen muss.

4.4 Glasfaserkabel

Glasfaserkabel, auch als Lichtwellenleiter (LWL) bezeichnet, werden heute bereits in der ganzen Welt für die Kommunikation eingesetzt. So übertragen Glasfaserkabel Telefongespräche von Zentrale zu Zentrale oder leiten Fernsehsignale zu den Teilnehmern. Aber zunehmend hält der Lichtwellenleiter auch Einzug in den Bereich des lokalen Netzwerks.

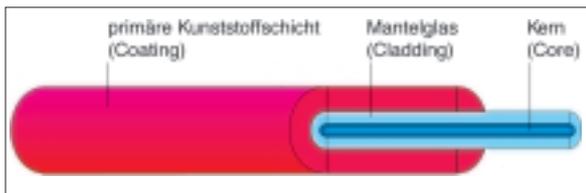
Im Gegensatz zu symmetrischen Kabeln werden Daten auf Glasfaserkabeln nicht mit Hilfe von Spannungszuständen sondern mit Hilfe von Licht übertragen. Der mit Dateninformationen modulierte Infrarot-Strahler, auch Mode genannt, nimmt seinen Weg durch den Lichtwellenleiter, indem der Strahl an der Grenzschicht zwischen Kernglas und Mantelglas total reflektiert wird, da beide Materialien unterschiedliche Dichte aufweisen. Auch Biegungen der Faser kann der Infrarotstrahl folgen.

Es gibt Glasfasern, deren Kern so dünn ist, dass sich nur ein Lichtstrahl ausbreiten kann (Monomode). Es gibt aber auch Glasfasern mit einem dickeren Kern, so dass mehrere Lichtwellen gleichzeitig transportiert werden können (Multimode).

Ein Lichtwellenleiter ist unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen. Zusätzlich ist die Bandbreite eines Glasfaserkabels um vieles höher als die eines Kupferkabels. Auf der anderen Seite erfordert die Verlegung und der Anschluss von Glasfaserkabeln eine größere Kenntnis als im Kupferbereich.

4.4.1 Aufbau eines Lichtwellenleiters

Die Faser eines Lichtwellenleiters besteht aus extrem transparentem Glas. Sie wird bei Wellenlängen von ca. 800 nm bis 1600 nm betrieben, also im Bereich der Infrarot-Strahlung. Die Faser ist zylindrisch aus Kern- und Mantelglas und einem vor mechanischen Einflüssen schützenden Kunststoff aufgebaut. Die Führung des Lichtes im Faserkern wird durch unterschiedliche Brechzahlen des Kerns und des Mantels erreicht.



Aufbau eines Glasfaserkabels

Die Gläser der konventionellen Optik haben eine Dämpfung (Verlust des durchgehenden Lichtes) von etwa 3.000 dB/km, wodurch eine Reichweite von nur wenigen Metern erreicht werden kann. Die heutigen Lichtwellenleiter erreichen einen Dämpfungswert, der weit unterhalb von 1 dB/km liegt.

Verschiedene Dämpfungswerte

Ein Vergleich optischer Dichte zeigt nachfolgende Tabelle:

Medium	Opt. Dämpfung dB/km	Eindringtiefe bis 50% Lichtabfall
Rheinwasser	100.000	33 mm
Fensterglas	50.000	66 mm
Optisches Glas	3.000	1 m
Dichter Nebel	500	6,6 m
Stadtluft	10	330 m
Glasfaser 1970	20	165 m
gute Faser 1978	3	1.000 m
gute Faser 1995 SM	0,35	18.000 m
Kunststofffaser	200 - 400	16,5 - 8,25 m

Das Glasfaserkabel selbst hat die Aufgabe, die Glasfaser vor mechanischen, thermischen und chemischen Einflüssen so wie vor Feuchtigkeit zu schützen, gleichzeitig sollten sich die Eigenschaften des Kabels während der gesamten Einsatzzeit, die mit 25 Jahren veranschlagt wird, nicht nennenswert verändern. Außerdem sollen die Kabel möglichst leicht zu verlegen und zu installieren sein. Dies bedeutet unter anderem möglichst große Ziehlängen bei der Herstellung, um die Anzahl der erforderlichen Spleiße bzw. Verbindungselemente klein zu halten.

Vor allem während der Verlegung ist das Glasfaserkabel mechanischen Beanspruchungen wie Zug oder Dehnung, Querdruck oder Torsionen ausgesetzt. Um hier Beschädigungen zu verhindern, gibt es Prüfverfahren, die gewährleisten, dass ein Glasfaserkabel die Verlegung unbeschadet übersteht.

4.4.2 Verschiedene Fasertypen

Im Laufe der Zeit wurde die Glasfaser immer weiter entwickelt, um die Übertragungstechnischen Eigenschaften zu verbessern. Entsprechend des Brechungsindex-Profiles und der Anzahl der ausbreitungsfähigen Lichtwellen (Moden) lassen sich daraus entstandene Arten klassifizieren:

- Multimodefaser mit Stufenprofil
- Multimodefaser mit Gradientenprofil
- Monomodefaser mit Stufenprofil, auch Singlemode genannt

4.4.2.1 Multimodefaser mit Stufenprofil

Die Multimodefaser mit Stufenprofil besteht aus einem Kern von etwa 50 bis zu 200 nm Durchmesser und einem Mantel vom 100-250 nm Durchmesser. Die Brechzahl des Kerns ist deutlich höher als die des Mantels, sie ist aber über den Radius konstant.

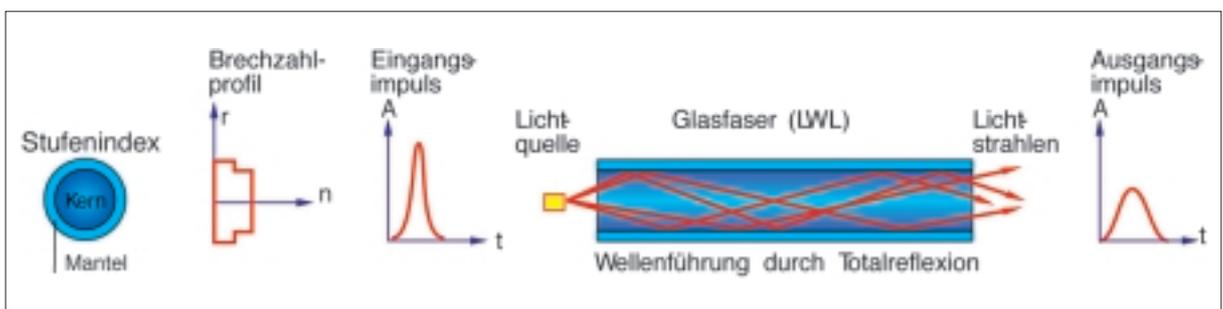
An der Grenzfläche zwischen Kern und Mantel findet eine Totalreflexion der in die Faser eingespeisten Lichtstrahlen statt. Alle Lichtwellen, die den maximalen Akzeptanzwinkel überschreiten, verlassen den Kern, treten in den

Mantel über und sind damit nicht mehr nutzbar. Die aus dem Kern austretenden Strahlen verursachen somit Verluste bei der Einkopplung des Lichtes in die Faser. Die in der Faser geführten Lichtstrahlen verlaufen in einer Zickzack-Bewegung innerhalb der Faser.

Die übertragbare Bandbreite ist bei einer Multimodefaser mit Stufenprofil beschränkt, so dass sich dieser Fasertyp nicht für die Überbrückung einer größeren Wegstrecke eignet. Daher wird diese Faser heute in der Regel keinen Einsatz im LAN-Bereich finden.

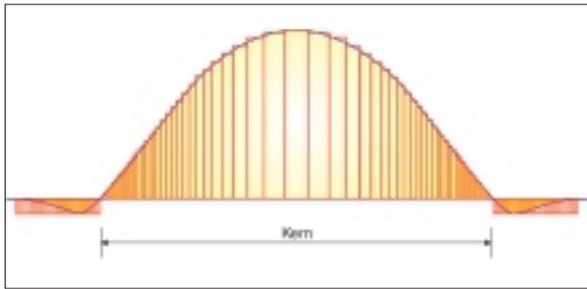
4.4.2.2 Multimodefaser mit Gradientenprofil

Man kann eine Glasfaser so herstellen, dass die Brechzahl des Kerns nach außen hin abnimmt, z. B. durch schichtweisen Aufbau.



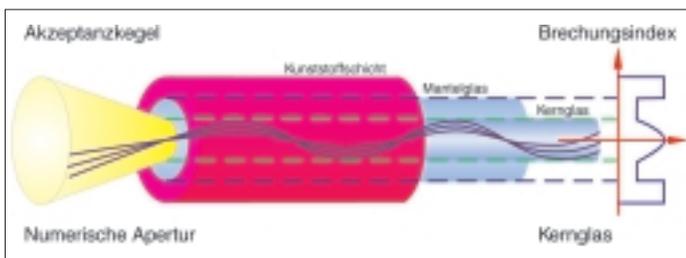
Multimodefaser mit Stufenprofil

Aufbau einer Multimodefaser mit Gradientenprofil



Dann werden die Lichtstrahlen, die unter einem Winkel kleiner als der Akzeptanzwinkel eingestrahlt werden, nach innen gebeugt. Anstelle der Zickzack-Linie wie bei der Multimodefaser mit Stufenprofil, entsteht dann eine wellenförmige Linie des sich ausbreitenden Lichtes.

Multimodefaser mit Gradientenprofil



Je weiter außen der Strahl verläuft, umso schneller breitet er sich wegen des kleineren Brechungskoeffizienten aus. Durch einen entsprechend berechneten Verlauf der Brechzahlverringerung nach außen hin gelingt es, die Laufzeitunterschiede der Strahlen, die den längeren Weg zurücklegen, durch die höhere Ausbreitungsgeschwindigkeit auszugleichen.

Damit steigt die Bandbreite der Multimodegradientenfaser um das 20- bis 50-fache auf Werte von einigen GHz/km an. Daher eignet sich die Gradientenindex-Faser, wie sie auch genannt wird, hervorragend im LAN-Bereich für die Überbrückung von Strecken von mehr als 3.000 Metern, wobei die Norm EN 50173 aber nur eine Entfernung von 1.500 Metern zulässt.

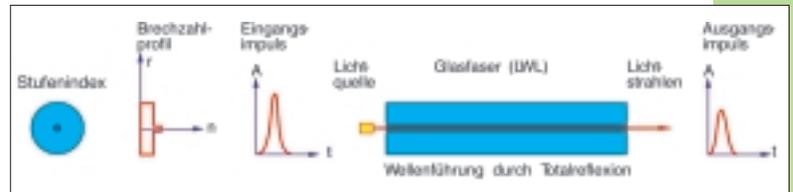
Multimodefasern mit Gradientenprofil sind in den Varianten 50/125 und 62,5/125 verfügbar. Diese Zahlen beziehen sich auf den Kerndurchmesser, der entweder 50 oder 62,5 μ beträgt und auf den Manteldurchmesser, der 125 μ beträgt. In Deutschland und Europa wird in der Regel die 50/125-Faser eingesetzt.

4.4.2.3 Monomodefaser mit Stufenprofil

Bei der Monomodefaser liegt der Kerndurchmesser in der Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes, bei 9 nm, so dass nur noch eine Mode ausbreitungsfähig ist. Die Bandbreite der Monomodefaser erreicht Werte von 1.000 GHz/km und mehr und können Entfernungen bis zu 100 km überbrücken.

Durch die kleinen Kerndurchmesser stellen Monomodefasern sehr hohe Forderungen an die Herstellungsverfahren sowie die Spleiß- und Verbindungstechnik.

Monomodefaser mit Stufenprofil



5. KABELMANTEL

Zu einem Kabel, egal ob es aus Kupfer oder Glasfasern besteht, gehört auch immer der Kabelmantel, der das Kabel gegen Einflüsse von außen schützen soll. Der Kabelmantel ist nicht zu verwechseln mit der Schirmung, die gegen elektromagnetische Einflüsse schützt.

Der Kabelmantel schützt zum einen gegen mechanische Einflüsse, wie z. B. die Reibung an einer Wand. Aber abhängig davon, wo das Kabel verlegt wird, sollte der Mantel auch z. B. gegen Feuchtigkeit oder Korrosion schützen. Und vor allem Kabelmäntel bei Kabeln, die im Außenbereich verlegt werden, sollten nagetier-

sicher sein. Man nehme nur die Schäden, die ein Marder an einem Auto anrichten kann.

Generell kann man unterscheiden zwischen einem Kabelmantel für Kabel, die im Innenbereich verlegt werden und Kabelmantel für Kabel im Außenbereich. Denken wir an die Vorgaben der strukturierten Verkabelung zurück, werden symmetrische Kabel nur im Sekundär- und Tertiärbereich eingesetzt, also innerhalb der Gebäude. Glasfaserkabel können ebenfalls im Gebäudebereich zum Einsatz kommen, aber bei der Verbindung der Gebäude untereinander, also im Primärbereich, werden sie auch im Außenbereich eingesetzt.

Bei Kabeln, die im Innenbereich verlegt werden, sollte vor allem darauf geachtet werden, dass der Mantel aus einem flammwidrigen und halogenfreien Material besteht.

Bei Kabeln im Außenbereich stehen unter Umständen andere Anforderungen im Vordergrund, wie z. B. der Nagetierschutz oder ein verstärkter Schutz gegen Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen. Daher kann ein Kabelmantel für den Außenbereich aus mehreren Schichten von Isolationsmaterial bestehen, der dazu führen kann, dass das Kabel relativ steif und dadurch schwerer zu verlegen ist.

Es sollten immer die Anforderungen an den Kabelmantel, abhängig von dem Einsatzbereich, genau definiert werden, um eine Überversorgung auszuschließen. Daher können keine allgemeinen Richtlinien gegeben werden, aus welchem Material ein Kabelmantel bestehen

sollte, sondern dies hängt immer von den Gegebenheiten und dem Einsatzbereich ab. Aber ein grundlegendes Wissen um die verschiedenen Isolierstoffe ist an dieser Stelle hilfreich.

5.1 Isolierstoffe

Der Isolierstoff für den Kabelmantel ist heute in der Regel aus einem Kunststoff. Die verwendeten Kunststoffe kann man unterteilen in Elastomere und Thermoplaste.

Elastomere werden allerdings selten im Kommunikationsbereich verarbeitet. Daher interessiert hier nur die Familie der Thermoplasten, auch Plastomere genannt. Dies sind Kunststoffe, die sich wiederholbar bei nachträglicher Wärmezufuhr verarbeiten lassen und daher auch preisgünstig hergestellt werden können. Zu den am häufigsten verwendeten Thermoplasten gehören: PVC (Polyvinylchlorid), PE (Polyethylen), PP (Polypropylen), PA (Polyamid, Nylon), PUR (Polyurethan) und FEP (Fluorethylenpropylen). In der folgenden Tabelle werden die wesentlichen Materialeigenschaften dieser Produkte aufgelistet.

Materialeigenschaften der gebräuchlichsten Kunststoffe:

Eigenschaften	PVC	PE	PP	PA	PUR	FEP	
Elektrische Isolation		mittel	sehr gut	sehr gut	bedingt	bedingt	sehr gut
DK	4...8	2.3	2.24			2.1	
Verlustfaktor	> 1	0.0002	0.0002			0.0005	
Mechanisch	gut	mittel	gut	sehr gut	sehr gut	gut	bedingt
Flexibilität		gut	bedingt	bedingt	bedingt	gut	sehr gut
Wetterbeständigkeit		gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut
Ölbeständigkeit	mittel	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	
Säurebeständigkeit	bedingt	sehr gut	sehr gut	schlecht	schlecht	sehr gut	

Leider enthalten PVC und FEP Halogene (Salzbildner), wie Chlor und Fluor. Daher sollte der Einsatz von Kabeln mit dieser Isolationsschicht im Innenbereich nur mit Vorsicht vorgenommen werden. Auf PVC-Mäntel sollte aus Umweltschutzgründen gänzlich verzichtet werden.

5.2 Auswirkungen des Isolationsmaterials im Brandfall

Spätestens nach dem Brand auf dem Düsseldorfer Flughafen vor einigen Jahren hat es sich gezeigt, wie gefährlich Rauch und giftige Gase sein können. Obwohl nicht die Kabel die Ursache des Feuers waren, wurden sie doch als ernst zu nehmende Gefahrenquelle erkannt. Daher soll dem Thema „Brandschutz“ ein eigener Raum in Zusammenhang mit der Verkabelung eingeräumt werden.

Das Brandverhalten von Datenkabeln ist bei der Auswahl von Kabeln für den Innen- und Außenbereich von grundlegender Bedeutung. Wobei für das Brandverhalten, die Brandlast, die Rauch-Gas-Entwicklung und die Brandweiterleitung die bestimmenden Faktoren sind.

Entscheidend für das Brandverhalten sind die verwendeten Kabelmaterialien für die Ummantelung. Bis vor einigen Jahren wurden fast ausschließlich PVC-ummantelte Kabel für Datennetzwerke benutzt. Das PVC setzt aber im Brandfall toxisch und korrosiv wirkenden Chlorwasserstoff frei. Um die toxische Gasbildung im Brandfall zu vermindern, setzt man bei neueren Installationen vorwiegend halogenfreie Materialien ein.

Bei der Diskussion um die Halogenfreiheit der Kabel sollte man aber eine andere wichtige Überlegung nicht außer Acht lassen:

Was nützt im Brandfall ein halogen- oder PVC-freier Kabelmantel, wenn in der restlichen Umgebung PVC verwendet wurde?

Dies bedeutet, dass auch darauf geachtet werden sollte, dass der Kabelkanal, der Teppich, die Schreibtische etc. aus einem PVC-freien Material bestehen sollten.

Was heißt nun eigentlich halogenfrei und was sind die Vorteile? Halogenfrei heißt, dass die Kabel vollkommen frei sind von den reaktionsfreudigen Elementen Brom, Jod, Fluor und Chlor.

Man hört oft die Aussage „wenn's brennt, ist sowieso alles zu spät“. Dies ist aber die falsche Einstellung, denn im Brandfall zeigen halogenfreie Kabel (oder eine halogenfreie Umgebung) klar ihr Vorzüge:

- Es werden keine korrosiven Gase freigesetzt, d. h. die gefährliche Abspaltung von halogenhaltigen Brandgasen ist ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu bilden sich bei PVC Kabeln große Mengen an korrosiven und giftigen Gasen, die erhebliche Schäden bei Menschen und an Gebäuden verursachen.
- Der Anteil von toxischen Gasen ist auf ein Minimum reduziert, d. h. mit steigender Erwärmung setzen PVC-Kabel Chlorwasserstoffgas frei. In extremen Maß reizt dieses Gas Augen und Atemwege, außerdem ist es stark toxisch. Weiterhin verbindet sich das freigesetzte Gas mit Feuchtigkeit oder Löschwasser zu Salzsäure. Es ist leicht vorstellbar, welche Schäden durch Korrosion an Maschinen, Gebäuden oder elektrischen Einrichtungen entstehen können.
- Halogenfreie Kabel sind schwer entflammbar und besitzen eine geringe Brandfortleitung, d. h. es erfolgt keine Ausweitung des Brandherdes über die Brandstelle hinaus, die Feuerausbreitung bleibt somit begrenzt. Der gefürchtete Zündschnureffekt tritt nicht auf. Bei PVC-Kabeln breitet sich der Brandherd schon bei kleinem

Stützfeuer und kurzer Aufwärmzeit innerhalb von Minuten entlang der Kabel aus. Die gesamte Verbrennungswärme wird somit in kürzester Zeit abgegeben.

- Weiterhin sind halogenfreie Kabel raucharm, d. h. Fluchtwege und Angriffswege der Feuerwehr werden kaum durch dichten Qualm behindert.

Alle diese besonderen Eigenschaften müssen durch entsprechende Prüfungen nach DIN VDE 0472 nachgewiesen werden.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Brandweiterleitung. Als flammwidrige Kabel werden solche Kabel bezeichnet, die nach dem Entfernen der Zündflamme nur für kurze Zeit und über eine geringe Strecke weiterbrennen und dann von selbst verlöschen. Für die Herstellung von Datenkabeln müssen elektrisch hochwertige Isolationswerkstoffe eingesetzt werden. In der Regel handelt es sich um entzündliche und brennbare Materialien, hauptsächlich um Polyethylen, in geschäumter oder ungeschäumter Ausführung. Der konstruktive Aufbau, insbesondere der Mantel, seine Dicke und sein Material, bestimmen deshalb maßgeblich die Flammwidrigkeit des Kabels.

Auch fordern die gesetzlichen Vorschriften eine Beachtung der Brandlasten nach den einschlägigen DIN-Normen. Diese Brandlasten sind unterschiedlich für z. B. Fluchtwege, Büroumgebungen etc.

6. WEITERE VERKABELUNGSKOMPONENTEN

Um ein Netzwerk aufzubauen, benötigt man aber nicht nur die entsprechenden Kabel, sondern auch Verbindungselemente wie Stecker und Datendosen.

Im Bereich der Kupferkabel hat sich der RJ-45-Stecker als der Stecker durchgesetzt, der am häufigsten eingesetzt wird, auch wenn seine Verwendung im Umfeld der Kategorie 7 Kabel im Moment noch umstritten ist.

Im Glasfaserbereich finden sich momentan der ST- und der SC-Stecker. So werden im EN 50173 Standard im Glasfaserbereich SC-Stecker empfohlen, aber bereits vorhandene ST-Stecker sind im Standard ebenfalls vorgesehen.

6.1 RJ-45-Stecker für symmetrische Kabel

Neben den Kabeln bilden auch die Verbindungselemente zwischen Kabeln und Geräten eine wesentliche Rolle in der Kommunikationsinfrastruktur. Als Basis dient der Stecker, der in der Norm EN 60603-7 von 1993 spezifiziert wurde.

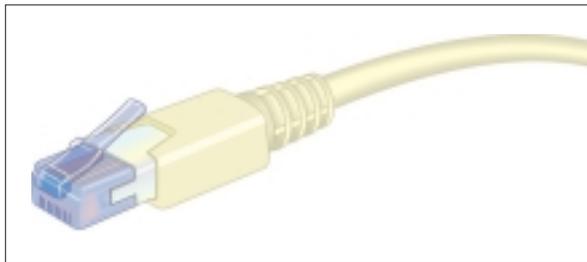
Alternativ zum RJ-45 wurden insbesondere für Frequenzen jenseits von 600 MHz bereits andere Steckgesichter betrachtet. Normative Erwähnung findet hier eine Lösung des amerikanischen Herstellers Siemon. Dieser Stecker hat ungefähr die Baugröße eines RJ-45, trennt allerdings 2 Adernpaare von den anderen beiden, so dass die Übertragung über alle 4 Paare über 600 MHz gewährleistet ist.

In der neuen Ausgabe der EN 50173 wird auf diesen sog. TERA-Connector eingegangen.

Für die Praxis ist ein RJ-45 Steckgesicht jedoch immer noch interessant, da alle Hersteller aktiver Komponenten diesen Stecker in ihren Geräten einbauen. Erst wenn diese Hubs/Switches oder Router auch mit dem TERA-Connect ausgestattet werden, erscheint es auch für den Anwender sinnvoll, diesen in der Dose oder im Patchfeld zu verwenden.

Dennoch wird der in der Norm von 1993 spezifizierte Stecker heute noch am häufigsten eingesetzt.

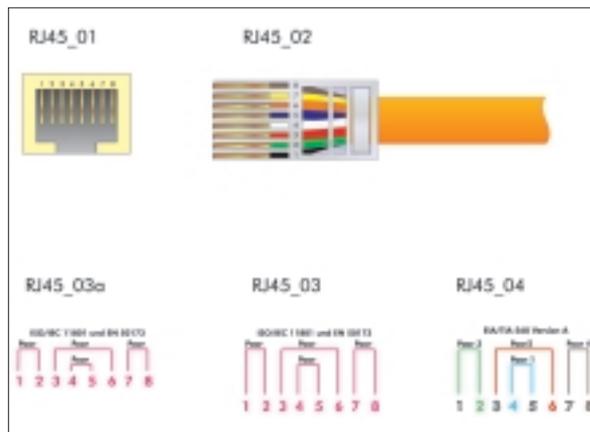
RJ-45 Stecker



Allgemein ist dieser Stecker als RJ-45-Stecker bekannt und hat heute die größte Verbreitung von allen Datensteckern. Obwohl die erwähnte Norm den Stecker nur bis 3 MHz definiert, wird er doch bis 100 MHz, bzw. mittlerweile sogar bis 600 MHz, verwendet. In der Anfangsphase der RJ-45-Stecker war er nicht für die Übertragung in lokalen Netzwerken geeignet, sondern wurde hauptsächlich für Telefonanwendungen eingesetzt. Aber die ständige Weiterentwicklung sorgte dafür, dass er heute in Bereichen bis 600 MHz eingesetzt werden kann.

Der RJ-45-Stecker verfügt über ein Miniaturstecksystem und ist für den Einsatz mit geschirmten und ungeschirmten symmetrischen Kupferkabeln geeignet. Die acht Kontakte des Steckers sind durchnummeriert und werden zu Paaren zusammengefasst.

Zuordnung des RJ-45-Steckers



Eine Seite des Steckers wird für die Kontakte verwendet. Auf der anderen Seite hat er eine Lasche, die den Stecker beim Einstecken in eine RJ-45-Buchse verriegelt. Durch Herunterdrücken der Lasche kann man den Stecker wieder entriegeln und herausziehen. Er verfügt auch über einen Knickschutz, der die Überschreitung des zulässigen Biegeradius des Anschlusskabels verhindert.

Die Qualität bezüglich der Übertragungseigenschaften des Steckers müssen mit denen des Kabels übereinstimmen, um eine durchgängige Qualität der Verbindung zu gewährleisten.

6.2 Datendosen

Die Telekommunikations-Anschlussdose, auch als informationstechnischer Anschluss oder Datendose bezeichnet, bildet die Zugangsschnittstelle für Endgeräte an das Schulnetzwerk. Diese Anschlussdose kann sich im Boden, an der Wand oder in einem Kanalsystem befinden. Die Anschlussdose enthält Buchsen des gewählten Steckersystems.

Da für Kategorie 7 der Stecker im Moment noch nicht feststeht, macht es Sinn, eine Datendose auszuwählen, die eventuell später aufgerüstet werden kann.

Bei den momentan verfügbaren Datendosen mit RJ-45-Buchsen gibt es gerade und schräge Ausführungen.

Die RJ-45-Buchse ist wie der Stecker mit 8 Kontakten versehen und mit Führungen für das passgenaue Einführen des Steckers mit seinen Stegen. Die Buchsenkontakte sind federnd und mit einer dünnen Goldschicht überzogen. Die Anschlüsse sind wie beim Stecker paarweise durchnummeriert.

Es gibt geschirmte und ungeschirmte RJ-45-Buchsen. Bei Datennetzen sollten ausschließlich geschirmte Buchsen zum Einsatz kommen, die ungeschirmten werden vorwiegend im Telefonbereich eingesetzt.

Datendosen sollten immer sorgfältig gekennzeichnet werden, um auch später eine Zuordnung vornehmen zu können, da die dazugehörigen Kabel in der Regel im Boden oder in einem Kabelkanal zusammengeführt werden.

6.3 Stecker für Glasfaser

Im Glasfaserbereich redet man über zwei verschiedene Arten der Steckverbindung, den ST-Stecker oder den SC-Stecker.

Neue Steckgesichter werden auch für die Glasfasertechnik diskutiert. Alles dreht sich dabei um die sog. Small Form Factor-Stecker. Verschiedene Hersteller entwickeln und vertreiben bereits heute diese Art von kleinen LWL-Steckern. Hauptargument für diesen Stecker ist seine Baugröße, die ca. halb so groß ist als beim SC-Stecker. Damit ist eine hohe Packungsdichte im Datenschränk realisierbar.

Diesen Stecker bezeichnet man z. B. mit MT-RJ (Hersteller AMP) oder Volition (Hersteller 3M). Der MT-RJ-Stecker hat auch bereits im Endgerätebereich eine relativ hohe Verbreitung.

Da allerdings diese Steckgesichter noch nicht normativ genau spezifiziert sind, geht der Anwender ein gewisses Risiko ein, wenn er sich bereits heute im Normschwebestand für eine Variante entscheidet. Darum die Empfehlung, immer genormte Stecker – also SC oder ST – zu verwenden.

6.3.1 ST-Stecker

Dieser von AT&T spezifizierte LWL-Stecker ist sowohl für Monomodefasern als auch für Multimodefasern geeignet. Der ST-Stecker ist ein weitverbreiteter Stecker, der in LANs, MANs und WANs Verwendung findet. Als Verschluss hat er eine Bajonett-Halterung.

Der Lichtwellenleiter wird bei diesem LWL-Stecker durch eine Keramik- oder Metall-Ferrule mit einer Länge von 8 mm und einem Stiftdurchmesser von 2,5 mm geführt und durch einen Metallstift am Verdrehen gehindert. Die Keramik-Ferrule ist an der Kontaktfläche konvex geschliffen. Durch eine Feder wird ein ständiger Stirnflächenkontakt der zu verbindenden Fasern erreicht.

Durch diese Eigenschaften wird das Dämpfungsverhalten im Vergleich zu anderen LWL-Steckern verbessert. Die geringe Einfügungsdämpfung prädestiniert diesen Steckertyp für den Einsatz bei passivem Rangieren (Patching) bzw. für Anwendungen mit geringem Dämpfungsbudget. Die mittlere Einfügungsdämpfung liegt bei 0,3 dB, die maximale bei 0,5 dB.

Die ST-Steckverbindung ist aufgrund ihrer einfachen Handhabung sehr weit verbreitet und bietet besondere Vorteile beim Einsatz an Patch- und Rangierkabeln. Sie kann für Erweiterungen bei bestehenden Installationen für die Telekommunikations-Anschlussdose verwendet werden. Für Neuinstallationen sollte sie nicht mehr verwendet werden.

ST-Stecker



6.3.2 SC-Stecker

Beim SC-Stecker (IEC 874-19) handelt es sich um eine neue Steckergeneration, die bei allen Neuinstallationen gemäß EN 50173 vorgeschrieben ist. Der SC-Stecker ist ein polarisierter Push/Pull-Stecker mit geringen Abmaßen und hoher Packungsdichte. Dieser LWL-Stecker hat ein quadratisches Design und kann für Multimodefasern und Monomodefasern benutzt werden. Mit dem Stecker können Simplex- und Duplexverbindungen aufgebaut werden. Die typische Einfügungsdämpfung liegt bei 0,2 dB bis 0,4 dB, die Rückflussdämpfung bei Monomodefasern bei 50 dB und bei Multimodefasern bei mindestens 40 dB. Der SC-Stecker zeichnet sich aus durch seine Kompaktheit und eine gleichbleibende reproduzierbare Verbindungsqualität.

Durch seinen Aufbau ist er verdrehsicher und besitzt eine automatische Verriegelung. Die Konstruktion entspricht der IEC-Empfehlung für SC-FCS-Duplexstecker für Monomode- und Multimodefasern.

SC-Stecker



6.4 Patchfelder

Ein Patchfeld ist ein Umsteckfeld, das dem Anschluss der verschiedenen Netzwerkgeräte an einen Hub oder Switch und dem Verteilen von Verbindungen dient. Patchfelder sind in den Verteilerschränken im Verteilerraum untergebracht und unterstützen die verschiedenen Übertragungsmedien und Datenstecker.

Jeder Anschlussdose im Tertiärbereich ist auf dem Patchfeld eine eigene Steckverbindung zugeordnet. Die Patchfelder unterscheiden sich in der Anzahl der Anschlüsse (16 bis 48), in der Auflegungsart für die Anschlüsse, der Anzahl in einer Reihe liegender Anschlüsse (8 bis 24) und in den Höheneinheiten.

Ein Patchfeld erleichtert durch die Umsteck- und Umschalt-Funktion den Anschluss der Netzwerkgeräte, sowie eine eventuell notwendige Rekonfiguration des Netzwerks bei einem Neudesign oder im Fehlerfall.

Bei der universellen Verkabelung gemäß den Verkabelungsstandards ISO /IEC 11801 und EN 50173 sind Patchfelder Bestandteil des Verkabelungssystems und unterliegen deren Spezifikationen. Da sie unmittelbar die Übertragungseigenschaften und damit die Link-Klassen beeinflussen, sollten Patchfelder die gleiche Kategorie aufweisen wie die übrigen Übertragungskomponenten. Besonders problematisch erweist sich bei Patchfeldern die Nebensprechdämpfung.

Handelt es sich bei den Verbindungen um Lichtwellenleiter, spricht man auch von Spleißverteilern.

7. KUPFER ODER GLASFASER IM TERTIÄRBEREICH

Im Primär- und Sekundärbereich wird schon lange Glasfaser eingesetzt. Im Tertiärbereich wird in vielen Installationen auch zunehmend über Glasfaser nachgedacht, auf Grund neuer Anwendungen, die eine hohe Bandbreite benötigen. Fiber-to-the-desktop ist hier das Schlagwort. Gerade in letzter Zeit findet man in fast allen Fachzeitschriften Artikel über den Einsatz von Glasfaser auch im Tertiärbereich.

Aber eine Kupferverkabelung ist preisgünstiger als eine Glasfaserverkabelung. Das Glasfaserkabel ist teurer und erfordert zugleich eine komplexere Verlege- und Anschließtechnik. Daher stellt sich natürlich die Frage, ob es unbedingt nötig ist, sich diesem Trend anzuschließen.

Schauen wir uns die technischen Voraussetzungen an. Bei einer Neuverkabelung wird man heute wohl nicht mehr von einem 10 Mbit/s-Ethernet-Netzwerk ausgehen, Fast Ethernet bis zur Arbeitsstation sollte zumindest in die Planung mit einbezogen werden. Hierfür reichen aber auch die Kupferkabel der Kategorie 5.

Da aber sicherlich der Bedarf nach Bandbreite in den nächsten Jahren wachsen wird und die Planung einer Neuverkabelung die nächsten 10 bis 15 Jahre mit berücksichtigt werden sollte, ist es sinnvoll, sich die Möglichkeit offen zu halten, später Gigabit Ethernet bis zu den Arbeitsstationen zu verlegen. Diese Anforderungen können aber auch durch Kupferkabel der Kategorie 5 bis 7 erfüllt werden.

Diese Übersicht soll bei der Einschätzung der Notwendigkeit, Glasfaser bis zur Arbeitsstation zu legen, helfen:

	Kupferkabel	Glasfaserkabel
Anschaffungskosten für das Kabel	Niedrig bis Mittel	Mittel bis hoch, aber die Billigvarianten leiden z. T. unter qualitativen Mängeln.
Installationskosten	Kann bei einfachen Installationen selber durchgeführt werden. In komplexeren Umgebungen sollte die Installation durch eine Fachfirma durchgeführt werden.	Hohe Installationskosten durch komplexe Verbindungs- und Anslusstechnik.
Anschaffungskosten für aktive Komponenten	Niedrig bis mittel	Mittel bis hoch
Standardisierte Anslusstechnik	Ja, bis Kategorie 6, Kategorie 7 momentan im Gespräch RJ 45 bis Kat. 6 Siemon Terra Conect für Kat. 7	SC-Stecker ja, aber die im Moment viel diskutierten Small-Form-Factor Stecker sind noch nicht standardisiert.
Servicekosten	Niedrig bis mittel	Mittel bis hoch
Entfernungen bis 100 Meter möglich	Ja	Ja
Entfernungen über 100 Meter möglich	Ja, abhängig von der Güte der Verkabelungsstrecke (ACR)	Ja, bis 1500 m
Übertragung von Ethernet und Fast Ethernet	Ja	Ja
Übertragung von Gigabit Ethernet	Ja, Klasse D ausreichend (bereits standardisiert)	Ja, bereits standardisiert
Übertragung von 10 Gigabit Ethernet	Noch nicht in Erprobung	Ja
Einbindung von CATV möglich	Ja	Ja, aber mit hohem Aufwand
Einbindung der Telefonie möglich	Ja	Ja, aber nur mit erheblichem Zusatzaufwand
Datenkabel und Stromkabel in einem gemeinsamen Kabelkanal	Ja, bei entsprechender Schirmung des Kabels.	Ja, wegen elektromagnetischer Unempfindlichkeit des Kabels

Vor- und Nachteile von Kupfer- und Glasfaserkabeln

8. FUNKNETZWERKE

Neben den Netzwerken, die darauf basieren, dass Kabel die Verbindung der Komponenten untereinander herstellen, gibt es auch die Funknetzwerke oder auch WLAN genannt für Wireless Local Area Networks. In einem Funknetzwerk stehen alle Funktionen eines kabelgebundenen Netzwerks zur Verfügung, wie z. B. Zugriff auf Dateien, Server und Drucker, Einbindung in ein Mailingsystem usw. Aber es können mehrere Rechner direkt miteinander verbunden werden ohne Kabel zu verlegen, Löcher in die Wand zu bohren etc. Auch ist der Einsatz eines Funknetzwerks dann sinnvoll, wenn kurzfristig oder nur temporär ein Netzwerk, z. B. für eine spezielle Veranstaltung, aufgebaut werden soll.

Über eine Basisstation werden die Rechner in einem Funknetzwerk miteinander verbunden. Sie ist sozusagen die Kommunikationszentrale im Funknetzwerk. Gleichzeitig kann die Basisstation auch das Funknetzwerk in ein vorhandenes LAN mit einbinden. Sie ist auf der einen Seite mit einer Funk-Netzwerkkarte und auf der anderen mit einem normalen Ethernet-Anschluss ausgestattet. Die Basisstation wird auch als Access-Point oder Distributions-System bezeichnet. Eine Basisstation kann auch über einen Zugang z. B. zu ISDN, dem lokalen Netzwerk eine Verbindung zum Internet zur Verfügung stellen.

Für die drahtlose Übertragung per Funkwelle können prinzipiell 3 verschiedene Verfahren eingesetzt werden:

- Infrarot
- Funk mit Frequency Hopping
- Funk mit DSSS-Verfahren
(Direct Sequence Spread Spectrum)

Beim DSSS-Verfahren werden die Daten vor der Übertragung zerhackt und auf einem großen Frequenzband verteilt (Spread Spectrum). Durch den Einsatz des DSSS-Verfahrens ist das WLAN sehr abhörsicher. Diese Spreizbandtechnik wurde im 2. Weltkrieg vom amerikanischen Militär entwickelt, und wird auch heute noch im militärischen Bereich zur Steigerung der Abhörsicherheit eingesetzt.

Auf den ersten Blick könnte man den Eindruck gewinnen, dass es sinnvoll wäre, das gesamte Netzwerk von Anfang an auf der Basis von Funk aufzubauen. Aber trotz der großen Flexibilität müssen auch Einschränkungen in Kauf genommen werden.

- Funknetzwerke sind heute für 2 Mbit/Sekunde bzw. neu auch für 11 Mbit/Sekunde spezifiziert. Diese Bandbreite müssen sich alle angeschlossenen Benutzer teilen.
- Es gibt eigentlich keine technische Begrenzung für die Anzahl der mobilen Stationen in einem Funknetzwerk. Da sich in dem Funknetzwerk aber alle an eine Basisstation angeschlossenen Arbeitsstationen die vorhandene Bandbreite teilen müssen, ist nur eine begrenzte Anzahl von Arbeitsstationen sinnvoll. Diese Grenze liegt bei einer 2 Mbit/s-Lösung bei maximal etwa 15 Stationen pro Basisstation, abhängig von den benutzten Applikationen und der Menge an Daten, die übertragen werden.
- Bei den neuen 11 Mbit/s-Lösungen kann man mit etwa 30 Stationen pro Basisstation rechnen.
- Auch die Reichweite ist relativ eingeschränkt durch die örtliche Umgebung. Im Freien können bis zu 300 Meter überbrückt werden, in Gebäuden 30-50 Meter, abhängig von den Gegebenheiten.

Daher ist ein Funknetzwerk sicherlich nicht eine prinzipielle Alternative zu einem kabelgebundenen Netzwerk. Es wird sinnvollerweise dort eingesetzt, wo kurzfristig ein Anschluss an das LAN benötigt wird oder wo auf Grund örtlicher Umstände keine Kabel verlegt werden können.

9. STAATLICHE VORGABEN

Es gibt Vorschläge von staatlicher Seite wie z. B. der „Obersten Baubehörde im bayerischen Staatsministerium des Inneren“, die sich mit Richtlinien für Kommunikationsnetze befassen.

Auch hier wird im Wesentlichen auf die Standardvorgaben Bezug genommen. So der Hinweis, dass ein Datennetz als anwendungs- und herstellerneutrales LAN auf Grundlage der EN 50173 aufzubauen ist.

Ebenso findet sich dort die logische Unterteilung der Netzstruktur in Primär-, Sekundär- und Tertiärbereich mit eventuellen Vermaschungen im Primärbereich.

Für den Primär- und Sekundärbereich werden Glasfaserkabel vorgesehen. Soll nur ein Gebäude verkabelt werden, besteht der Primärbereich nur aus dem Hauptverteiler.

Der Sekundärbereich umfasst Gebäudehauptverteiler und Bereichsverteiler. Auf die Bereichsverteiler sollte nach Möglichkeit verzichtet werden, so dass kein zusätzlicher Raumbedarf entsteht. So ist das Netz umso besser verwaltbar, umso weniger aktive Komponenten eingesetzt werden. Allerdings wird eingeräumt, dass in manchen Umgebungen auf die Bereichsverteiler nicht verzichtet werden kann.

Für den Tertiärbereich wird Glasfaser als die zukunftsicherste Lösung betrachtet. Es können aber auch Kupferkabel eingesetzt werden, wenn dies wirtschaftlicher ist. Es ist dafür aber das Ergebnis einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zu dokumentieren.

Als Glasfaserkabel werden Multimodekabel der Version 50/125 μ gefordert. In Ausnahmefällen, in denen dieses technisch notwendig ist, können auch Monomodekabel eingesetzt werden. Als Anschluss werden SC-Stecker vorgeschrieben (bei Neuinstallationen).

Als Kupferkabel werden Kabel gefordert, die bessere Werte als Kategorie 5 bieten. Sie müssen über paarweise geschirmte Adern, je zwei Paare zusätzlich geflechtgeschirmt, verfügen. Auch hier sollten 4-paarige Kabel verlegt werden, die dann als sog. Cable Sharing (2 Paare pro Port) zum Einsatz kommen. Da bei Ethernet und Fast Ethernet nur 2 Paare benötigt werden, kann damit jeweils eine Doppeldose belegt werden, wobei aber die Möglichkeit von Gigabit Ethernet, das alle 4 Paare benutzt, frei gehalten wird. Modulare Anschluss technik ist hier von Vorteil, da aus einer 2-paarigen Verkabelung durch Austausch von Platinen relativ schnell auf eine 4-paarige Verkabelung umgerüstet werden kann (meistens ist dann aber eine Nachverkabelung erforderlich).

10. ALLGEMEINE LITERATUR

Dätwyler:
Handbuch der universellen Gebäudeverkabelung

Gateway-Lexikon im Internet:
<http://www.gateway.de/knowledge/lexikon/>

Normen können bezogen werden über den
Beuth-Verlag Berlin:
<http://www.beuth.de>

Der gemeinnützige Verein „Die vernetzte Schule e.V.“ finanziert sich ausschließlich durch die großzügige Unterstützung seiner Sponsoren. Die Hauptträger des Vereins sind die Hauptsponsoren. Sie finanzieren die Aktivitäten des Vereins und stellen ihre Produkte den

Schulen zu Schulbedingungen zur Verfügung. andere Sponsoren beteiligen sich an einzelnen Projekten. „Die vernetzte Schule e.V.“ hat darüber hinaus unterschiedliche Kooperationspartner.



Sponsoren:

ALLinOne Netzwerke GmbH
www.allinone.de



co.Tec – Computergestütztes lernen
www.coTec.de



Dätwyler – Kabel und Systeme GmbH
www.daetwyler.net



DICA Technology AG
www.dica.de



ELSA AG
www.elsa.de



Fujitsu-Siemens AG
www.fujitsu-siemens.de



Nasdo AG
www.nasdo.de



Rittal GmbH
www.rittal.de



SMC Networks GmbH
www.smc.de



Sony Deutschland AG
www.sony.de



topik Communication GmbH
www.topik.de



Zentralstelle für Computer
im Unterricht Augsburg
www.zs-augsburg.de

Wollen Sie uns auch unterstützen?



Bitte kontaktieren Sie uns, wenn auch Sie oder Ihr Unternehmen die Ziele des Vereins unterstützen wollen:

Sascha Graf von Keyserlingk
Geschäftsführer

Die vernetzte Schule e.V.
Truderinger Str. 217
81825 München
Telefon 089/45 45 90-45
Fax 089/45 45 90-46
E-Mail: info@dievers.de
www.dievers.de

Unser Vereinskonto:
Die vernetzte Schule e.V.
Commerzbank
BLZ 700400 41
Konto 360 60 50



Die vernetzte Schule e.V.

Truderinger Str. 217 · 81825 München
Telefon 089/45 45 90-45 · Fax 089/45 45 90-46
E-Mail: info@dievers.de · www.dievers.de