Kapitel 1
Grundlagen moderner Netzwerke

Netzwerke sind Infrastruktureinrichtungen für den Daten- und Nachrichtentransport. Wie die Transporteinrichtungen auf der Schiene, der Straße, zu Wasser und in der Luft müssen sie auf maximales Transportaufkommen und hohe Betriebssicherheit hin ausgelegt werden.

Heute kommunizieren Sie weltweit über verschiedene Netzwerke hinweg. Im Idealfall funktioniert die Vernetzung so unauffällig, dass Sie weder eingreifen noch irgendwelche besonderen Dinge tun müssen. Sie versenden E-Mails, lesen Nachrichten, schauen Fernsehen, verlagern rechenintensive Vorgänge in eine »Cloud« oder arbeiten zu Hause an Ihrem Heimarbeitsplatz, stets vernetzt mit dem Rest der Welt.

Den Unterbau hierfür bildet die Netzwerktechnik, die zu Hause, in den Vermittlungsstellen der Telekommunikationsdienstleister oder in den Betrieben installiert ist. Hier wird gesendet, empfangen, weitergeleitet oder auch abgeblockt.

Ihr Netzwerk nehmen Sie meist nur wahr, wenn es nicht funktioniert. Spätestens dann sollten Sie die Grundlagen, die ich in diesem Buch beschreibe, kennen. Neben diesem Buch empfehle ich Ihnen, noch folgende Grundlagen- und weiterführende Literatur durchzuarbeiten:

- Tanenbaum, Andrew S./Wetherall, David J.: *Computernetzwerke.* 6., aktual. Aufl. München: Pearson Education 2014. ISBN 978-3-8689-4237-8.
- Lienemann, Gerhard/Larisch, Dirk: *TCP/IP – Grundlagen und Praxis.* 2., aktual. Aufl. Heidelberg: dpunkt 2013. ISBN 978-3-944099-02-6.
- Gerhard Lienemann: *TCP/IP – Praxis.* 3., aktual. Aufl. Hannover: Heise 2003. ISBN 978-3-936931-05-1.
- Hagen, Silvia: *IPv6. Grundlagen – Funktionalität – Integration.* 2. Aufl. Norderstedt: Sunny Edition 2009. ISBN 978-3-9522942-2-2.
- Blanchet, Marc: *Migrating to Ipv6.* 1. Aufl. Chichester: Wiley 2006. ISBN 978-0-471-49892-6.

- Kersken, Sascha: *IT-Handbuch für Fachinformatiker.* 7., aktual. u. erw. Aufl. Bonn: Rheinwerk Verlag 2015. ISBN 978-3-8362-3473-3.
- Anderson, Al/Benedetti, Ryan: *Netzwerke von Kopf bis Fuß.* 1. Aufl. Köln: O'Reilly 2009. ISBN 978-3-89721-944-1.

1.1 Definition und Eigenschaften von Netzwerken

Die moderne Netzwerktechnik arbeitet *paketorientiert*. Es gibt keine einzigartigen, exklusiven 1:1-Verbindungen wie beim analogen oder ISDN-Telefon. Ihr Rechner sendet und empfängt die Informationen häppchenweise über eine offene Struktur. In dieser finden die Datenpakete automatisch ihren Weg zum Ziel. Ausfälle einzelner Netzwerkkomponenten führen nicht zum Abbruch der Kommunikation, solange es sich nicht gerade um den eigenen Zugang zum Internet oder Netzwerk handelt.

Netzwerk

Ein Netzwerk stellt eine Infrastruktur dar, die Datenendgeräten

- die (wahlfreie) Kommunikation untereinander,
- den Datenaustausch und
- die Nutzung gemeinsamer Ressourcen und Dienste

transparent ermöglicht.

Bei modernen Netzwerken müssen Sie sich nicht um die Einzelheiten der Verbindung kümmern. Das erledigt das »Netz« nach vorgegebenen Regeln, den *Netzwerkprotokollen*, selbst (siehe auch Tabelle 1.1). Die heutzutage gebräuchliche Protokollfamilie trägt den Namen *TCP/IP*.

Netzwerkprotokoll

Die Aufgabe eines Netzwerkprotokolls ist das Festlegen der Modalitäten für den Aufbau und das Trennen von Verbindungen, den Austausch von Daten und das Verhalten im Fehlerfall.

Netzwerkprotokolle stellen die Schicht zwischen der Hardware (Netzwerkkarte, Modem, funktechnische Einrichtung ...) und der jeweiligen Anwendung bzw. dem Anwender dar, der mit ihnen kommuniziert.

Die Netzwerkprotokolle benutzen verschiedene Methoden, um ihre Aufgaben mehr oder weniger zuverlässig erfüllen zu können (Tabelle 1.1).

Aufgabe	Umsetzung/Methode
Adressierung	Adressangaben, Übermittlung von Empfänger und Absender
Verbindungssteuerung	Befehle für den Aufbau und Abbau von Verbindungen
Flusssteuerung	Transportquittungen, Regelung des Datenflusses durch Start-/Stopp-Anweisungen
Fehlererkennung	Prüfsummen, Quittungen, Verfallszeit (Time-out) überwachen, Nummerierung der Informationsblöcke
Fehlerkorrektur	Anforderung von Paketwiederholungen, Korrekturverfahren

Tabelle 1.1 Aufgaben von Netzwerkprotokollen

Durch die frei zugänglichen Standards, die mit den Netzwerkprotokollen gegeben sind, funktioniert die Kommunikation heute zwischen den unterschiedlichsten Geräten (Abbildung 1.1).

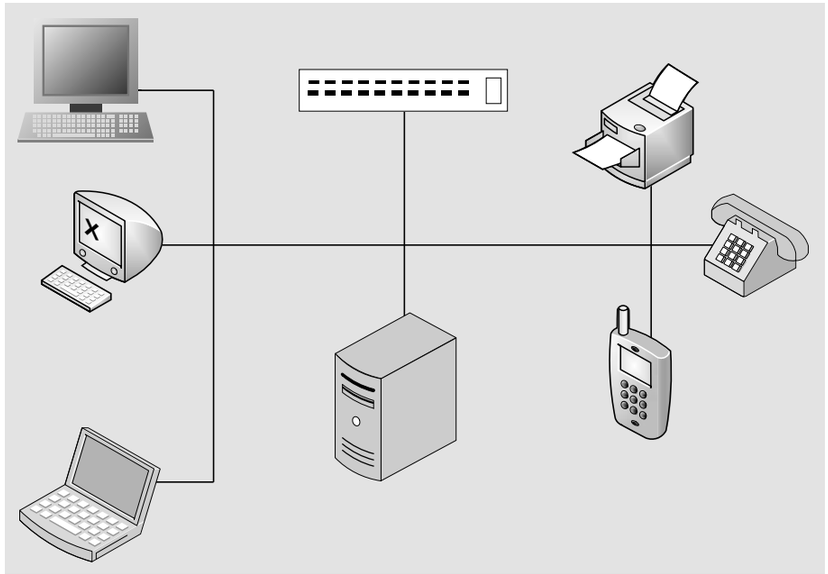

Abbildung 1.1 Heterogenes Netzwerk

Es ist vollkommen egal, ob es sich um einen Großrechner oder ein VoIP-Telefon handelt oder welches Betriebssystem ein Laptop benutzt: Alle Teilnehmer werden vom Netz

gleichermaßen bedient. Es liegt ein *heterogenes* Netz vor, in dem die Partner mehr oder weniger gleichberechtigt miteinander verbunden sind.

Netzwerkprotokolle arbeiten entweder *verbindungsorientiert* oder *verbindungslos*. Beides bietet Vor- und Nachteile. Sie finden bis heute keine klare Befürwortung oder gar Lehrmeinung zugunsten der (alleinigen) Verwendung eines der beiden Verfahren. In der Praxis wurde die akademische Diskussion dagegen schon entschieden. Verfügt eine Anwendung selbst über transaktionssichernde Maßnahmen (z. B. Datenbank), wird normalerweise den verbindungslosen Protokollen der Vorzug gegeben. Anwendungen ohne eigene übertragungssichernde Methoden verwenden meist die verbindungsorientierten Protokolle, z. B. *telnet* für Fernsitzungen oder *ftp* für Datenübertragungen.

Verbindungsorientiertes Netzwerkprotokoll

- Aufbau einer Verbindung zwischen den Kommunikationspartnern vor der Datenübertragung
- Die Kommunikationspartner geben sich untereinander gegenseitig zu erkennen, bevor die Nutzdaten übertragen werden.
- Abbau einer Verbindung nach der Datenübertragung
- Vorteil: höhere Sicherheit der Verbindung
- Nachteil: höhere Rechner- und Netzwerkbelastung

Verbindungsloses Netzwerkprotokoll

- Daten werden in in sich geschlossenen Datagrammen »auf gut Glück« versandt.
- Vorteil: höherer Datendurchsatz, weniger Netzlast
- Nachteil: Flusskontrolle und Fehlerkorrektur nehmen übergeordnete Schichten (Anwendungen) vor, was zu höherer Rechnerbelastung führt.

1.2 Die Netzwerkprotokollfamilie TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ist die Netzwerkprotokollfamilie unserer Tage. Dabei ist sie älter als manche andere, die schon wieder Geschichte ist. Erste Grundlagen stammen bereits aus den 60er-Jahren des letzten Jahrhunderts. In den 70er-Jahren rief die US-Regierung das ARPA-Projekt (Advanced Research Projects Agency) ins Leben, das die Netzwerktechnologie vor allem hinsichtlich militärischer Nutzbarkeit weiterentwickelte. Bereits 1974 aber wurde eine neue Protokollbasis geschaffen. R. Kahn, V. Cerf und Y. Dalal legten in RFC 675 die noch heute gültigen Grundzüge der

TCP/IP-Protokollfamilie fest. Diese sollten Sie kennen, wenn Sie sich eingehender mit Netzwerken befassen.

Grundzüge der TCP/IP-Protokollfamilie

- architekturunabhängige Netzwerktechnologie
- Verbindungen von und zu allen Netzwerkteilnehmern
- Quittungen bei Verbindungen
- Anwendungsprotokolle nach allgemeinen Standards
- Vermittlungsebene mit verbindungslosem Protokoll
- Paketvermittlungsrechner als Netzknoten
- Sicherungsfunktionen in Transportprotokollen
- dynamisches Routing
- standardisierte Netzwerk-Anwendungsprogramme

Der Siegeszug der TCP/IP-Protokollfamilie begann mit der Implementierung im Unix-Derivat 4.2BSD, das ein Projekt der Universität von Kalifornien in Berkeley ist. Nach US-Recht gehören Entwicklungen und Forschungsergebnisse von öffentlichen Forschungs- und Bildungseinrichtungen dem amerikanischen Volk und sind damit für jedermann verfügbar. So konnten Hersteller anderer Betriebssysteme günstig darauf zurückgreifen, und die IT-Welt blieb damit von verschiedenen Auslegungen der Protokolle verschont.

1.3 OSI-Schichtenmodell und TCP/IP-Referenzmodell

Schichtenmodelle erklären anschaulich das Zusammenspiel von Hardware, Netzwerkprotokollen und Anwendungen. Sie helfen Ihnen, auch scheinbar komplizierte Vorgänge leichter zu verstehen. Unabhängig von tatsächlich existierenden Hard- und Softwareprodukten finden Sie die einzelnen Instanzen und deren Verknüpfungen untereinander übersichtlich dargestellt. Die Modelle helfen Ihnen, Ihre Netzwerke zu planen, aufzubauen und zu unterhalten.

Es ist aber nicht so, dass in einem Schichtenmodell (und in der Realität) die Schichten der gleichen Ebene miteinander kommunizieren! Der Weg der Information läuft von oben nach unten zum Übertragungsmedium und von dort aus wieder von unten nach oben (Abbildung 1.2).

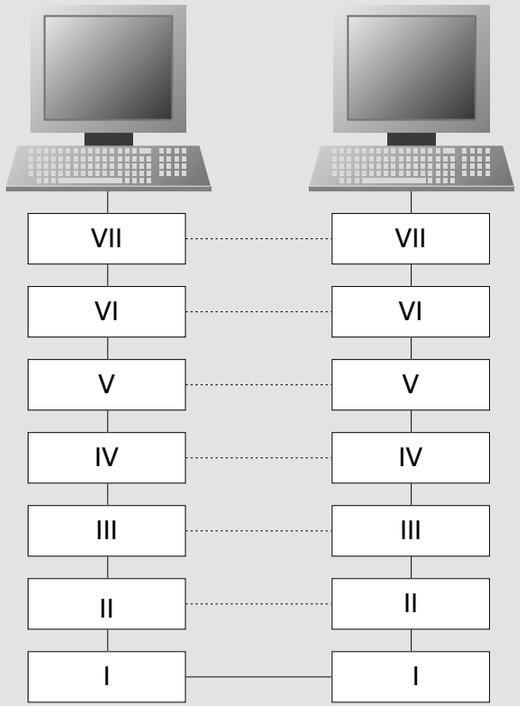

Abbildung 1.2 Virtuelle (gestrichelte, waagrechte Linien) und die reale Kommunikation im OSI-Schichtenmodell

Grundsätzlich gilt für alle Netzwerk-Schichtenmodelle

- Eine Ebene in einem Schichtenmodell stellt ihre Dienste der darüberliegenden Ebene zur Verfügung.
- Eine Ebene eines Schichtenmodells nimmt die Dienste der unter ihr liegenden Ebene in Anspruch.
- Schnittstellen bilden den Übergang zwischen den einzelnen Schichten.
- Innerhalb einer Schicht kommen Protokolle zum Einsatz. Diese ermöglichen die Kommunikation innerhalb dieser Ebene.
- Eine Veränderung in einer niedrigeren Schicht bewirkt keine Änderung in den darüberliegenden Ebenen (z. B. zieht der Wechsel einer Netzwerkkarte keine Neuinstallation eines Webservers nach sich).

- Eine Veränderung in einer höheren Ebene bewirkt keine Änderung in den darunterliegenden Ebenen (z. B. benötigt ein Software-Update für einen Webserver keine neue Netzwerkkarte).
- Die Schichtenmodelle stellen die verschiedenen Funktionsebenen einheitlich dar.
- Bei der täglichen Arbeit hilft Ihnen ein Schichtenmodell bei der Beschreibung von Problemen beim Betrieb von Netzwerken.
- Bei der Beschaffung von Netzwerkkomponenten greifen die Anbieter in ihren Produktbeschreibungen ebenfalls auf Begriffe aus Schichtenmodellen (meist OSI) zurück. Schon aus diesem Grund sollten Sie damit vertraut sein.
- Sie können mit einem Schichtenmodell komplizierte Vorgänge verständlicher darstellen.

Das *OSI-Schichtenmodell* (Open Systems Interconnection Model; ISO 7498-1, DIN ISO 7498) wurde von der *International Organization for Standardization* (*ISO*) bereits 1984 als Modell für die Kommunikation zwischen Rechnern entworfen. Es besteht aus sieben in sich abgeschlossenen Schichten (Tabelle 1.2).

Layer/ Ebene	Bezeichnung	Betrifft
VII	Anwendungsschicht/ Application Layer	Interaktion mit Anwendungen, die Netzwerkzugriff benötigen, Server-Client-Anwendungen
VI	Darstellungsschicht/ Presentation Layer	standardisierte Codierungs-, Konvertierungs- und Kompressionsverfahren, z. B. MPEG, TIFF, GIF, ASCII
V	Kommunikationsschicht/ Session Layer	Anforderung von Sitzungen und Datenströmen, Zweiwegekommunikation von Anwendungen verschiedener Endgeräte, z. B. SMB-Protokoll für Druck und Verbindung zu Windows-Freigaben
IV	Transportschicht/ Transport Layer	Flusskontrolle, verbindungslose und verbindungsorientierte Dienste, Kommunikationskontrolle, Verbindungsauf- und -abbau, Kommunikation zwischen Netzwerk und Anwendung, TCP- und UDP-Protokoll
III	Vermittlungsschicht/ Network Layer	Routing, logische Adressierung, IP-Protokoll, Quality of Service

Tabelle 1.2 OSI-Schichtenmodell

Layer/ Ebene	Bezeichnung	Betrifft
II	Sicherungsschicht/ Data Link Layer	Flusssteuerung, Datenübertragung, Zugriffssteuerung, Fehlererkennung, MAC-Adressen
I	physikalische Schicht/ Physical Layer	Kupfer- und Glasfaserkabel, Signalformen, Wellenlängen bei optischer Übertragung, Funkfrequenzen für WLAN, Richtfunk, UMTS usw. und kabelgebundene Übertragung im LAN, MAN oder WAN

Tabelle 1.2 OSI-Schichtenmodell (Forts.)

Für die TCP/IP-Protokollfamilie existiert ein eigenes Referenzmodell. Dessen Aufbau ist weitaus weniger detailliert als der des OSI-Schichtenmodells und orientiert sich vielmehr an der Zusammenarbeit innerhalb der TCP/IP-Protokollfamilie (Tabelle 1.3).

TCP/IP-Schicht	Enthält	Entspricht OSI-Schicht
Anwendungsschicht/ Application Layer	FTP, HTTP, POP, SMTP, SSH, TELNET, NFS-MOUNT, DNS ...	V bis VII
Transportschicht/ Transport Layer	TCP, UDP, SCTP	IV
Internetschicht/ Internet Layer	Internetprotokoll (IPv4, IPv6)	III
Netzzugangsschicht/ Link Layer, Host to Network	Techniken für Punkt-zu-Punkt-Datenübertragungen (z. B. PPP)	I und II

Tabelle 1.3 TCP/IP-Referenzmodell im Vergleich mit dem OSI-Schichtenmodell

Das sind die wesentlichen Unterschiede zum OSI-Schichtenmodell:

- Das TCP/IP-Referenzmodell gilt nur für die TCP/IP-Protokollfamilie. Das OSI-Schichtenmodell ist dagegen neutral, Sie können es auf alle Netzwerke anwenden.
- Das TCP/IP-Referenzmodell benutzt weniger Ebenen.
- Das OSI-Modell benutzt eine Ebene nur für Hardware.
- Das TCP/IP-Referenzmodell verschmilzt die OSI-Ebenen I und II sowie V, VI und VII. Es ist damit weniger detailliert.

1.4 Räumliche Abgrenzung von Netzwerken

Zum Netzwerker-Latein gehören auch Begriffe, mit denen Sie die räumlichen Begebenheiten eines Netzwerks beschreiben können. Schließlich gibt es Komponenten, die Sie im Haus, auf dem Grundstück oder gar weltweit verwalten und warten müssen. Die Bezeichnungen benötigen Sie auch oftmals beim Erstellen von Netzplänen.

Räumliche Netzwerkbereiche

- **LAN** (Local Area Network): innerhalb eines Gebäudes
- **MAN** (Metropolitan Area Network): Verbindungen zwischen Gebäuden in der Nähe (Grundstück, Stadtgebiet, Campus)
- **WAN** (Wide Area Network): Fernstrecken, weltweit
- **Intranet**: privates, nicht öffentliches Datennetzwerk (LAN bis WAN von der Ausdehnung her möglich)
- **Internet**: weltweites, öffentliches Datennetzwerk

1.5 Regel- und Nachschlagewerk für TCP/IP-Netze (RFCs)

»Wissen, wo es geschrieben steht« ist auch im Netzwerkbereich wichtig. Die Regeln der TCP/IP-Protokollfamilie sind in den *Requests for Comments* (*RFC*) in englischer Sprache festgelegt. Sie finden sie im Internet unter *http://www.rfc-editor.org*. Sie benötigen diese, wenn Sie Programme mit Netzwerkbezug schreiben wollen, oder ganz einfach dann, wenn Sie eine Leistungsbeschreibung erstellen. Aber auch bei Funktionsübersichten von Netzwerkgeräten werden oft nur die RFC-Nummern angegeben – Details können Sie dann in diesen selbst nachlesen.

Bei umfangreichen Fundstellen in den RFCs habe ich deren Nummern einfach der Reihe nach angegeben. Für manche Themen existieren oftmals mehrere gleichwertige Dokumente, durch die Sie sich durcharbeiten sollten. Damit Sie aber zu manchen Themen die »Einstiegs-RFCs« leichter finden, habe ich diese **fett** hervorgehoben.

Die RFCs unterliegen gewissen Sprachregelungen. Sie schaffen Klarheit und Eindeutigkeit. Sie geben auch Auskunft über den Status (Tabelle 1.4) und die Verwendbarkeit der jeweiligen Regel (Tabelle 1.5), die Sie mehr oder weniger in jedem RFC-Dokument mit dem jeweiligen Schlüsselbegriff hinterlegt finden.

Status	Bedeutung
Proposed Standard	Spezifikation des (künftigen) Standards
Experimental	Testphase außerhalb von Produktivumgebungen
Draft Standard	Vorstufe zum Standard, nach mindestens zwei voneinander unabhängigen Implementierungen und vollständiger Protokollprüfung
Standard	anzuwendendes, verbindliches Protokoll
Informational	lesenswerte Information
Historic	veraltet, keine Verwendung

Tabelle 1.4 Statusangaben der RFCs

Verwendbarkeit	Anwendung der Regel ist
required	zwingend
recommended/suggested	empfohlen
elective	freigestellt
limited use	eingeschränkt
not recommended	nicht empfehlenswert

Tabelle 1.5 Angaben zur Verwendbarkeit von RFCs

Wenn Sie hier im Buch Angaben von RFC-Nummern finden, so können Sie diese auf der IETF-Seite (*www.ietf.org*) aufrufen und lesen. In manchen Kapiteln begegnet Ihnen eine wahre Flut dieser Nummern. Hier geben Sie auf der IETF-Seite einen Begriff anstelle der vielen RFC-Nummern ein. Sie erhalten eine Auflistung mit Links zu den Dokumenten als Ergebnis. Im Buch aufgeführte und nicht in der Auflistung enthaltene RFCs können Sie im Anschluss dann einzeln aufrufen, falls notwendig.

1.6 Prüfungsfragen

1. Wann sind RFC-Dokumente verbindlich anzuwenden?
2. Sie verbinden auf einem Werksgelände mehrere Gebäude. Wie bezeichnen Sie ein derartiges Netzwerk?

Die Auflösungen finden Sie in Anhang B, »Auflösungen zu den Prüfungsfragen«.

Kapitel 2
Netzwerktechnik

Kabel und Funkstrecken bilden den Unterbau des Datenverkehrs.
Sie müssen unabhängig von den Netzwerkprotokollen funktionieren.

In der Umgebung von Datennetzwerken finden Sie Kabel, Stecker und Antennen. In einem Gebäude können Sie auf verschiedene Entwicklungsstufen der Netzwerktechnik treffen. Oftmals ist ein Netzwerk über Jahre gewachsen. Auch das Anwendungsumfeld bestimmt die eingesetzte Technik. Bereiche wie der Maschinenbau setzen vor allem auf eingeführte und bewährte Komponenten. Ihnen begegnen hier deshalb Verkabelungen, die in der Bürokommunikation schon länger kaum noch eingesetzt werden. Aus diesem Grund habe ich hier auch ältere und sehr alte Standards dargestellt.

Die Darstellung physikalischer Details der einzelnen Standards überlasse ich meist der nachrichtentechnischen Literatur:

- Werner, Martin: *Nachrichtentechnik. Eine Einführung für alle Studiengänge.* 7., erw. u. aktual. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner 2010. ISBN 978-3-8348-0905-6.
- Meyer, Martin: *Kommunikationstechnik. Konzepte der modernen Nachrichtenübertragung.* 5., korr. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner 2014. ISBN 978-3-658-03375-0.
- Sauter, Martin: *Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme. UMTS, HSDPA und LTE, GSM, GPRS, Wireless LAN und Bluetooth.* 5., überarb. u. erw. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner 2013. ISBN 978-3-658-01461-2.

Ich stelle Ihnen die Technik vor allem aus dem Blickwinkel von Planern, Beschaffern und Betreuern vor, also nach Anforderungen und Leistungsmerkmalen. Im OSI-Schichtenmodell finden Sie die elektrische und optoelektronische Netzwerkausrüstung im Layer 1 (physikalische Schicht). Das TCP/IP-Referenzmodell weist hierfür die Netzzugangsschicht (Link Layer) zu.

2.1 Elektrische Netzwerkverbindungen und -standards

Standards im Netzwerkbereich helfen Ihnen, überhaupt ein funktionierendes Netzwerk aufzubauen. Genormte Kabel, Stecker, Funkfrequenzen und -modulationsverfahren ermöglichen es Ihnen, Geräteeinheiten verschiedener Hersteller miteinander zu verbinden.

Standards im Netzwerkbereich tragen natürlich Bezeichnungen, zum einen für die Verkabelung, zum anderen für das Regelwerk.

Verkabelungsbezeichnungen bei Netzwerken

Die Bezeichnung des Verkabelungstyps wird aus der Angabe der maximalen Übertragungsrate, der Übertragungstechnik, der maximalen Segmentlänge (Zahl) oder des Kabels gebildet:

[ÜBERTRAGUNGSRATE][ÜBERTRAGUNGSTECHNIK][KABEL]

100Base-TX bedeutet eine maximale Übertragung von 100 Mbit/s im Basisband und die Verwendung von verdrillten Adernpaaren (Twisted Pair) in Kupfertechnik. Der Begriff *Basisbandübertragung* sagt aus, dass der vom Nutzsignal verwendete Frequenzbereich gleich dem übertragenen ist.

Während Sie auf die obige Verkabelungsbezeichnung in allen Katalogen und Produktbeschreibungen stoßen, begegnen Ihnen die IEEE-Nummern eher selten. Aber auch diese sollten Ihnen geläufig sein.

IEEE-Standards

Das *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* legt unter anderem auch Standards für die Netzwerktechnik fest, die auch als ISO-, EN- und DIN-Normen übernommen werden.

Kabel oder Funk? Bei den elektrischen Netzwerkverbindungen können Sie zwischen diesen beiden Möglichkeiten wählen oder sie auch kombinieren.

Vor- und Nachteile elektrischer, kabelgeführter Netzwerke

Vorteile:

- kostengünstige Verkabelung
- Endgeräte (Netzwerkkarten, Switches ...) verbreitet und preiswert
- Verlege- und Verkabelungsarbeiten ohne großen Aufwand durchführbar

Nachteile:

- elektrisches Potenzial führend
- benötigt eigene Trassenführung
- Störungen durch äußere elektromagnetische Felder möglich

Vor- und Nachteile funkgestützter Netzwerke (WLAN)

Vorteile:

- (fast) keine Installationsarbeiten
- volle Flexibilität innerhalb von Räumen
- weniger »Kabelsalat« um den PC herum

Nachteile:

- Frequenzressourcen müssen mit anderen geteilt werden.
- nicht abhörsicher
- nicht sicher vor Störungen und störenden Beeinflussungen
- für die Datensicherheit hoher Aufwand notwendig (stets neueste Kryptografietechnik)
- In der Rechtsprechung gilt bei missbräuchlicher Nutzung durch Dritte oftmals Betreiberhaftung.
- langsamere Datenübertragung als bei kabelgebundener Technik
- höherer Anschaffungspreis
- Zuverlässige Funkverbindungen können nicht immer garantiert werden (z. B. Stahlbetondecken und -wände, Altbauten mit dicken Vollziegel- oder Granitmauern).

Jetzt lernen Sie zunächst die Netzwerkstandards kennen. Damit erhalten Sie Auskunft über die Leistungsfähigkeit und teilweise über die technischen Mindestanforderungen bei der Verkabelung. Sie können nämlich größtenteils Endgeräte mit verschiedenen Standards miteinander in einem Netz betreiben, wenn die Verkabelung dem neuesten Standard entspricht. Im Klartext bedeutet das, dass Sie beispielsweise einen alten Printserver, der Daten mit 10 Mbit/s erhalten kann, in einem Gigabit-LAN weiter betreiben können (wenn Ihnen die Geschwindigkeit so ausreicht).

2.1.1 Netzwerke mit Koaxialkabeln

Falls Sie von zeitgemäßer Hardware umgeben sind, überspringen Sie einfach diesen Abschnitt. Wenn Sie bei »Ausgrabungen« in einem weitläufigen Netzwerk auf recht

kurios wirkende Netzwerkgegenstände stoßen, dann lesen Sie hier weiter. Bei alten, »gewachsenen« Bestandsnetzen oder auch im Maschinenbau treffen Sie immer noch die »Altlasten« vom Beginn der Netzwerktechnik an, weshalb ich deren Funktion hier erkläre. In der Praxis werden Sie diese Gerätschaften stets durch neue Technik ersetzen.

10Base-5, IEEE 802.3, Clause 8, Thicknet, Yellow Cable

Das klassische Ethernet verwendet Koaxialkabel als Medium. Sie müssen die beiden Kabelenden mit einem Schluckwiderstand (50 V) abschließen, da sich sonst stehende Wellen ausbilden können. Diese führen zu Spannungsmaxima und -minima im Leitungsweg und stören damit die Kommunikation.

> **Achtung Physik**
>
> Das Kabel hat 50 V Wellenwiderstand, Stehwellen bauen sich in Abhängigkeit von Frequenz und Leiterlänge [Resonanzlängen] auf.

Beim *Thick Wire* wurde der Anschluss über die sogenannte *Medium Access Unit* (*MAU*) hergestellt. Die MAU-Einheit verfügt über einen teilisolierten Stachel (*Vampire Tab*), der das Schirmgeflecht des Koaxialkabels durchdringt. Das leitende Stachelende dringt in den Innenleiter ein und stellt damit die elektrische Verbindung her. An dieser Vorrichtung finden Sie auch den *Transceiver*, der wie in der Funktechnik auch für das Senden und Empfangen zuständig ist. Über ein bis zu 15 m langes Kabel war damit das *Attachment Unit Interface* (*AUI*) verbunden, das über eine SUB-D-15-Steckverbindung am Ethernet-Controller des Netzwerkteilnehmers angeschlossen war.

10Base-2, IEEE 802.3, Clause 10, Thin Wire Ethernet, Cheapernet

Beim *Thin Wire Ethernet* kann das Kabel mittels T-Stück direkt mit dem Teilnehmergerät verbunden werden (AUI und MAU sind schon in der Netzwerkkarte integriert). Die Verlegung und die Anschlüsse müssen nach genauen Regeln erfolgen, andernfalls ist ein Totalausfall des Netzes sehr wahrscheinlich.

Bei den Koaxialkabel-Netzen existiert kein zentrales Gerät, das einen Knoten bildet. Vielmehr liegt eine Bus-Struktur (Abbildung 2.1) vor. Darum musste das Kabel durch jeden Raum gezogen werden, von dem nur vermutet wurde, dass hier einmal irgendetwas angeschlossen werden könnte.

Die Netzwerkteilnehmer teilen sich die »Ressource« Koaxialkabel; Sie können sich dies wie einen Funkverkehrskreis vorstellen. Über das Verfahren *Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection* (*CSMA/CD*) wird erreicht, dass stets nur ein Teilnehmer sendet.

Im Kollisionsfall wird das *Jam-Signal* gegeben, worauf jeglicher Sendeverkehr verstummt, bevor nach einiger Zeit ein Teilnehmer wieder aktiv wird. Dieses Verfahren verhindert damit aber hohe Übertragungsraten.

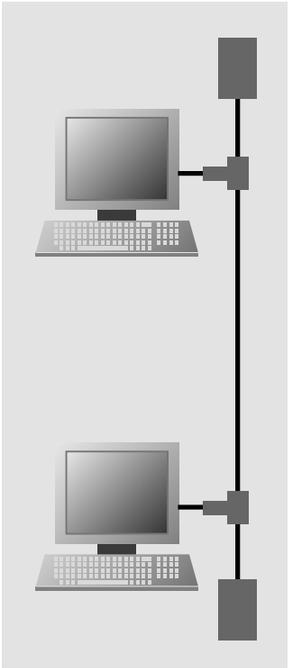

Abbildung 2.1 Bus-Struktur von Netzwerken mit Koaxialkabeln

Die Verwendung von Koaxialkabeln bringt einen hohen Grad an Funkentstörung mit sich, der meist nur von der Glasfaser übertroffen wird. Ein Teilnehmer kann entweder senden oder empfangen (Halbduplex-Verfahren). Die (theoretische) Übertragungsrate beträgt in allen Fällen 10 Mbit/s. Die wichtigsten Daten finden Sie in Tabelle 2.1.

Eigenschaften	Thicknet	Thinnet
Weitere Namen	Yellow Cable	Cheapernet
Bezeichnung	10Base-5	10Base-2
Norm	IEEE 802.3, Clause 8	IEEE 802.3, Clause 10

Tabelle 2.1 Daten von Netzwerken mit Koaxialkabeln

Eigenschaften	Thicknet	Thinnet
Kabel	RG-8	RG-58 (Abbildung 2.2)
Anschluss	MAU-AUI	BNC
Maximale Länge	500 m	185 m
Nutzungshinweise	maximal 100 angeschlossene Transceiver	maximal 30 Teilnehmer

Tabelle 2.1 Daten von Netzwerken mit Koaxialkabeln (Forts.)

Abbildung 2.2 BNC-Stecker und Koaxialkabel Cheapernet (10Base-2)

2.1.2 Netze mit Twisted-Pair-Kabeln

Die Verkabelung mit Koaxialkabeln stieß natürlich bald an ihre Grenzen. Die mangelnde Erweiterbarkeit und vor allem die unpraktische Leitungsführung zu den Arbeitsplätzen hemmten den Ausbau der Netzwerktechnik enorm. Durch die Entwicklung zentraler Komponenten, die einen Netzknoten bilden können (Hub, Switch), konnte man nun eine sternförmige Netzwerkstruktur (Abbildung 2.3) anlegen. Die Verkabelung dafür wird mit Kabeln ausgeführt, die verdrillte Adernpaare besitzen. Diese Vereinfachung ermöglicht nicht nur eine übersichtlichere Installation, sondern

auch fast immer einen höheren Datendurchsatz, da das Endgerät allein mit dem Knotengerät kommuniziert.

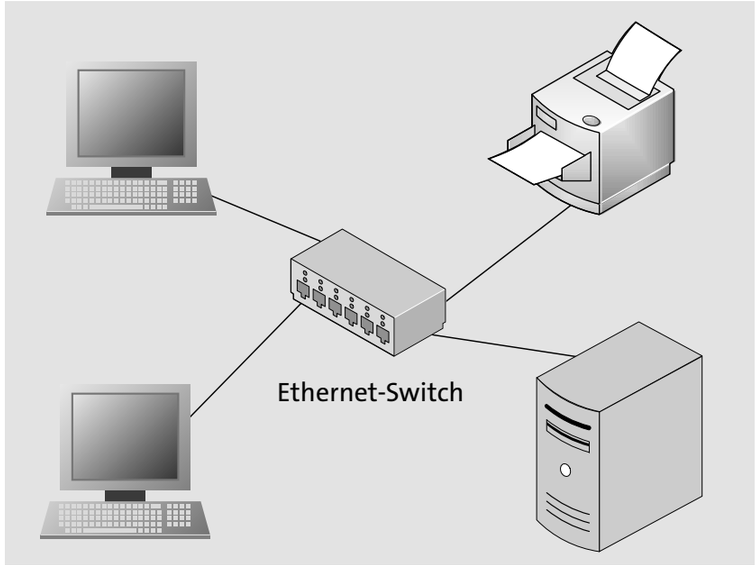

Abbildung 2.3 Sternförmige Netzwerkstruktur

Alle Netze mit *Twisted-Pair-Kabeln* (*TP*) verwenden den *Western-Stecker* (*RJ45*) und haben eine maximale Länge von 100 m. Alle Teilnehmer können, wenn ein Switch als Netzknoten eingesetzt wird, gleichzeitig senden und empfangen (*vollduplex*). Kommen Hubs zum Einsatz, wird nur *halbduplex* übertragen. Bei Hubs herrschen hinsichtlich der Kollisionen die gleichen Verhältnisse wie bei den Koaxialkabel-Netzen. Weitere Informationen über die Geräte selbst finden Sie in Abschnitt 4.5.2, »Hubs – die Sammelschiene für TP-Netze«.

Für Netze mit Twisted-Pair-Kabeln wurden aufeinander aufbauende Standards mit immer höheren Übertragungsraten geschaffen. Die Kabel bekamen dabei zusätzliche Schirmungen. Endgeräte arbeiten mit höheren Frequenzen und effektiveren Übertragungsverfahren. In Tabelle 2.2 finden Sie neben den Kenndaten der Standards auch die notwendigen Kabelkategorien. Damit können Sie auch bei Bestandsnetzen beurteilen, ob ein nächsthöherer Standard angewendet werden kann oder ob Sie neue Kabel nachrüsten müssen.

Bezeichnung	10Base-T	100Base-TX	1000Base-T	10GBase-T
Weitere Namen	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet	10 Gigabit Ethernet
Norm	IEEE 802.3j	IEEE 802.3, Clause 25	IEEE 802.3, Clause 40	IEEE 802.3an
Kabel	Cat. 3–7	Cat. 5–7	Cat. 5–7	Cat. 7
Hinweise	Hubs oder Switches als Netzknoten	Switches als Netzknoten	Switches als Netzknoten, Benutzung aller vier Doppeladern zur Unterdrückung von Signalechos	Switches als Netzknoten, Benutzung aller vier Doppeladern zur Unterdrückung von Signalechos

Tabelle 2.2 Übersicht von Netzen mit TP-Kabeln

2.1.3 Aufbau, Bezeichnung und Kategorien von Twisted-Pair-Kabeln

Betrachten Sie Netzwerkkabel hinsichtlich Materialqualität, Verarbeitung und Art des Aufbaus. Diese Größen entscheiden, ob die Kommunikation zuverlässig funktionieren wird. Wenn Sie zwei Netzwerkgeräte miteinander verbinden, fließen die Informationen mittels hochfrequenter Wechselströme durch die kleinen Kupferadern. Wenn Sie schlecht geschirmte Kabel einsetzen, stört dies bei der Datenübertragung den Radio-, Funk- und Fernsehempfang in der näheren Umgebung. Das ist zum einen nicht zulässig und sorgt zum anderen natürlich für Konflikte mit den Nachbarn.

Achtung Physik

Die nutzbare Lauflänge der Netzwerkkabel wird zum einen durch die Dämpfung beschränkt, zum anderen auch durch die Abflachung der Signalflanken. Der Abflachungseffekt nimmt mit der zurückzulegenden Strecke der Signale zu. Sind die Signalflanken zu breit, können die Netzwerkkarten keine Informationen mehr aus dem Signal auslesen. Sie können das selbst nachvollziehen. Leihen Sie sich ein Oszilloskop aus (Messgerät, mit dem man elektrische Schwingungen am Bildschirm darstellt). Lassen Sie sich das Signal am sendenden Gerät anzeigen. Sie werden mehr oder weniger Rechtecksignale sehen. Nach dem Anschluss beim Empfänger dagegen sehen Sie die Signale trapezförmig.

Gleich noch ein Hinweis aus der Praxis: Sparen Sie nicht an der falschen Stelle. Hochmoderne Gebäudeverkabelung und Patchkabel mit Klingeldraht-Feeling schließen sich aus!

Standards konsequent einhalten

Alle weiteren passiven Netzwerkkomponenten wie

- Patchfelder,
- Wanddosen und
- Patchkabel

müssen dem gleichen oder einem höherwertigen Standard als dem der Gebäudeverkabelung entsprechen. Andernfalls können Normwerte (Reichweite, Signalgüte) nicht eingehalten oder Funkstörungen in der Umgebung hervorgerufen werden!

Zu Netzwerkkabeln finden Sie sowohl Angaben zum Aufbau und zur Schirmung als auch eine Einteilung in eine Kategorie. Sie werden feststellen, dass bei höherwertigen Kategorien auch der Schirmungsaufwand (und natürlich der Preis) steigt.

Wenn Sie ein Netzwerkkabel erwerben möchten, geben Sie die Kategorie an. Der Handel arbeitet mit dieser Bezeichnung. Am Kabelmantel finden Sie normalerweise aber auch die Angaben zum Aufbau und zur Schirmung neben der Kategorie aufgedruckt. Weitere Produktmerkmale können die Vermeidung umweltschädlicher Werkstoffe (z. B. PVC) und eine erhöhte Zug- oder Trittfestigkeit sein.

Angaben zur Schirmung bei Netzwerk- und Fernmeldekabeln

Form:

AA/BCC gemäß *ISO/IEC-11801 (2002)E*

Schirmung (Gesamt- und Adernpaarschirmung):

U ungeschirmt

F Folienschirm

S Geflechtschirm

SF Geflecht- und Folienschirm (nur bei Gesamtschirmung)

Adernanordnung:

TP Twisted Pair (verdrillte Adern)

QP Quad Pair

Die Einteilung in Kabelkategorien finden Sie in Tabelle 2.3. Sie entstand durch die fortschreitende Weiterentwicklung und Verbesserung von Kabeleigenschaften. Höhere

Verbindungsgeschwindigkeiten erfordern Kabeltypen, die die Übertragung immer höherer Frequenzen bei immer guten Dämpfungswerten ermöglichen. Für die höchste Kabelkategorie (derzeit Cat. 7) müssen Sie natürlich mit einem höheren Meterpreis als beim »Allerweltskabel« Cat. 5 rechnen. Bei Neuverkabelungen sollten Sie aber nicht unbedingt Kabel und Dosen nach dem älteren Standard einbauen. Sie verlieren schnell die Möglichkeit, Nutzen aus künftigen, schnelleren Standards zu ziehen.

Cat.	Qualität/Verwendung
1	Telefonkabel für analoge Sprach- und Faxübertragungen. Die Adern sind parallel gezogen. Keine Abschirmung, kein Schutz vor Übersprechen oder Beeinflussung von außen. Nicht für Netzwerkzwecke geeignet. Maximale Betriebsfrequenz 100 kHz.
2	wie Cat. 1, aber bis maximal 1 MHz geeignet, »ISDN-Kabel«
3	Geeignet für 10Base-T, Telefon, ISDN. Maximale Betriebsfrequenz 16 MHz, verdrillte Adernpaare, keine Schirmung. Die Verdrillung bietet ein wenig Schutz gegen Übersprechen bzw. störende Beeinflussungen von außen. Das ungeschirmte Kabel kann jedoch Funkanwendungen beim Betrieb stören (Unshielded Twisted Pair, UTP).
4	Nur in den USA verwendet/erhältlich, hier in Europa ohne Belang. Maximale Übertragungsrate 20 Mbit/s, keine Schirmung (UTP).
5	Normen: Class D aus ISO/IEC 11801:2002, EN 50173-1:2002, EIA/TIA-568A-5. In Altanlagen vor 2002 eventuell nicht tauglich für 1000Base-T! Maximale Betriebsfrequenz 100 MHz. Mit Gesamtschirmung üblich (S/UTP, F/UTP oder SF/UTP). Einsatz von 10Base-T bis 1000Base-T möglich. Für 10GBase-T eingeschränkt einsetzbar (maximal 22 m!).
6	bessere Qualität von Leitung und Schirmung, maximale Betriebsfrequenzen: Cat. 6: 250 MHz, Cat. 6E: 500 MHz
7	Diese Kabel verfügen über eine äußere Schirmung sowie über eine Einzelschirmung der Adernpaare (S/FTP, F/FTP oder SF/FTP). Sie sind grundsätzlich für alle Anwendungen von 10Base-T bis 10GBase-T geeignet. Die maximale Betriebsfrequenz beträgt 600 MHz. Normen: ISO/IEC-11801 (2002)E, IEEE 802.3an.

Tabelle 2.3 Kabelkategorien

Für die Ergänzung bestehender Netze können Sie meist das SF/UTP-Kabel (Gesamtschirm aus Geflecht und Folie, ungeschirmte, verdrillte Adernpaare) für eine Verkabelung gemäß Cat. 5 verwenden (Abbildung 2.4).

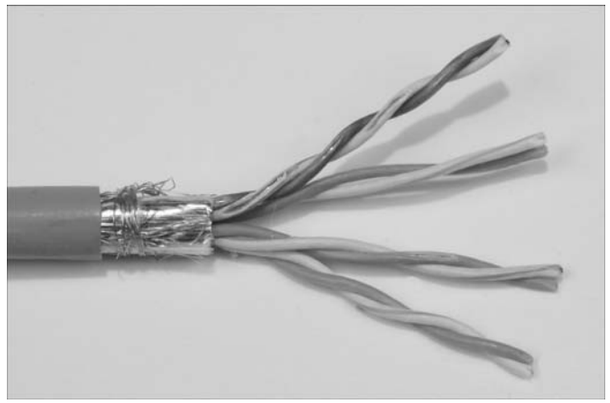

Abbildung 2.4 Netzwerkkabel SF/UTP für Cat.-5-Verkabelung

Wenn Sie umfangreiche Ergänzungen oder Neuerschließungen mit Netzwerkleitungen planen, verwenden Sie aber besser das noch aufwendiger geschirmte Kabel SF/FTP (Abbildung 2.5) gemäß Cat. 7. Hier treten praktisch kaum Übersprecheffekte oder gegenseitige Beeinflussungen der Adernpaare auf, da diese nochmals eine eigene Abschirmung tragen. Natürlich ist dieses Kabel etwas steifer und schwerer.

Abbildung 2.5 Netzwerkkabel SF/FTP nach Cat. 7

2.1.4 Stecker- und Kabelbelegungen

Nachdem Sie den Aufbau und die Verwendbarkeit von Datenleitungen kennengelernt haben, erfahren Sie jetzt einiges darüber, wie diese mit Steckern, Patchfeldern und Anschlussdosen verbunden werden.

Datenleitungen verfügen über acht Adern, die jeweils paarweise verdrillt sind und einen Wellenwiderstand von 100 V aufweisen. Somit stehen maximal vier Adernpaare zur Verfügung. Nicht alle Netzwerkstandards nutzen dies aus, eine Zeit lang integrierte man mit einem ungenutzten Adernpaar den Telefonanschluss von Arbeitsplätzen und schuf damit die *Universelle Gebäudeverkabelung (UGV)*. Was sich vor einigen Jahren noch als die geniale Sparlösung erwies, stellt jetzt die große Fortschrittsbremse dar. Sie können kein Gigabit-Ethernet nutzen, weil Sie dafür alle Adernpaare brauchen, eines aber eben für das Telefonnetz benutzt wird. Meist bleibt Ihnen also nur die Möglichkeit, irgendwie eine eigene Telefonverkabelung zu organisieren.

Im Folgenden zeige ich Ihnen, wie die Kabel und Stecker belegt werden. Sie müssen das nicht unbedingt auswendig lernen (es sei denn, Ihre tägliche Arbeit besteht künftig im Auflegen von Netzwerk-Anschlussdosen). Hauptsache, Sie wissen, wo Sie die Angaben im Ernstfall schnell nachschlagen können.

Bei der Adernbelegung Ihrer Verkabelung müssen Sie sich an international gültige Normen halten: EIA/TIA-568A (Tabelle 2.4) und/oder EIA/TIA-568B (Tabelle 2.5). Die Belegung ist vom jeweiligen Netzwerkstandard hinsichtlich der benötigten Adernpaare abhängig.

Pin	10Base-T, 100Base-T	1000Base-T	Farbkennzeichnung/Adernfarbe
1	TX+	DA+	weiß/grün
2	TX-	DA-	grün
3	RX+	DB+	weiß/orange
4	frei	DC+	blau
5	frei	DC-	weiß/blau
6	RX-	DB-	orange
7	frei	DD+	weiß/braun
8	frei	DD-	braun

Tabelle 2.4 Belegung nach EIA/TIA-T568A (MDI)

Pin	10Base-T, 100Base-T	1000Base-T	Farbkennzeichnung/Adernfarbe
1	TX+	DA+	weiß/orange
2	TX-	DA-	orange
3	RX+	DB+	weiß/grün
4	frei	DC+	blau
5	frei	DC-	weiß/blau
6	RX-	DB-	grün
7	frei	DD+	weiß/braun
8	frei	DD-	braun

Tabelle 2.5 Belegung nach EIA/TIA-T568B (MDI)

Grundregeln der Netzwerkverkabelung

- Innerhalb der Gebäudeverkabelung wird nur eine Belegungsnorm verwendet. Hauptsächlich kommt EIA/TIA-568B zum Einsatz.
- Verwenden Sie Patchkabel, die alle acht Adern 1:1 verwenden.
- Sonderfall Crosskabel: Ein Ende ist nach EIA/TIA-568A, das andere nach EIA/TIA-568B belegt.
- Schließen Sie stets die Schirmungen an die vorgesehenen Klemmen/Anschlusspunkte an Dosen, Steckern und Patchfeldern an.

Mit einem *Cross-over-Kabel* (Tabelle 2.6) können Sie z. B. zwei PCs ohne eine weitere Komponente (etwa einen Switch) miteinander verbinden. Sie haben die volle Geschwindigkeit zur Verfügung. Wenn Sie nicht mehr Geräte zum Verbinden haben, ist damit Ihr Netzwerk schon komplett. Haben Ihre Rechner mehrere Netzwerkanschlüsse, können Sie eine zusätzliche Verbindung abseits des »Arbeitsnetzes« für Zwecke der Datenhaltung und -sicherung schaffen (*Backbone*).

Ob es Ihnen gelingt, zwei Netzwerkteilnehmer miteinander zu verbinden, hängt nicht zuletzt von der mediumabhängigen Schnittstelle (*Medium Dependent Interface*, *MDI*) ab. Diese stellt den Zugang zum Übertragungsmedium bei Twisted-Pair-Kabelnetzen her.

Verbindungen mit MDI, MDI-X und Auto-MDI(X)

- **MDI**: Zwei MDIs können Sie nicht mit einem 1:1-Patchkabel verbinden, Sie benötigen hierfür ein Cross-over-Kabel.

- **MDI-X**: Hier sind die Adernpaare entsprechend gekreuzt. Sie können mit einem Patchkabel ein MDI mit einem MDI-X verbinden. Sie benötigen in diesem Fall kein Cross-over-Kabel!
- **Auto-MDI(X)**: Bestimmte aktive Netzwerkkomponenten (Switches, Router) sind in der Lage, selbsttätig die Kabelbelegung zu ermitteln, und passen sich automatisch an.

An allen Kabeln kommt der achtpolige *Western-Stecker*, Typ RJ45, zum Einsatz. Die Kontakte sind durchnummeriert (Abbildung 2.6).

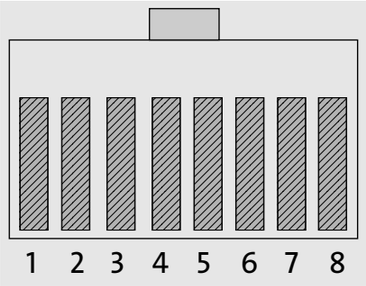

Abbildung 2.6 Belegung RJ45-Stecker, Ansicht von vorn mit oben liegender Rastnase

Die Dose oder ein MDI (Abbildung 2.7) sind damit verkehrt herum belegt.

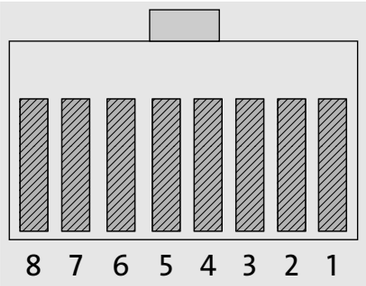

Abbildung 2.7 RJ45-Buchse (Dose, MDI) in Vorderansicht mit oben liegender Aussparung für die Rastnase des Steckers

Sie können ein Cross-over-Kabel oder einen Adapter kaufen, der die Adernpaare tauscht. Wenn Sie das passende Werkzeug haben, ist so ein Kabel aber auch schnell selbst hergestellt. Wenn Sie mit einem Kabeltester arbeiten, brauchen Sie die Tabelle 2.6 ebenfalls.

Pin Stecker 1		Pin Stecker 2
1	→	3
2	→	6
3	→	1
4	→	7
5	→	8
6	→	2
7	→	4
8	→	5

Tabelle 2.6 Belegung Cross-over-Kabel

2.1.5 Anschlusskomponenten für Twisted-Pair-Kabel

Sie verbinden Geräte (fast) niemals fest mit dem Netzwerkkabel. Ihre PCs, Drucker, Printserver, WLAN-Accesspoints, Router und Switches verfügen über eine RJ45-Buchse. *Netzwerk-Anschlussdosen* und *Patchfelder* werden hingegen zur Leitungsseite fest verkabelt. Am Patchfeld (Abbildung 2.8) liegen die Leitungen zu den einzelnen Anschlussdosen auf. Mit den Patchkabeln verbinden Sie Ihre Geräte mit der Netzwerk-Anschlussdose oder – meist im Fall zentraler Komponenten (Switch, Router usw.) – mit dem Patchfeld.

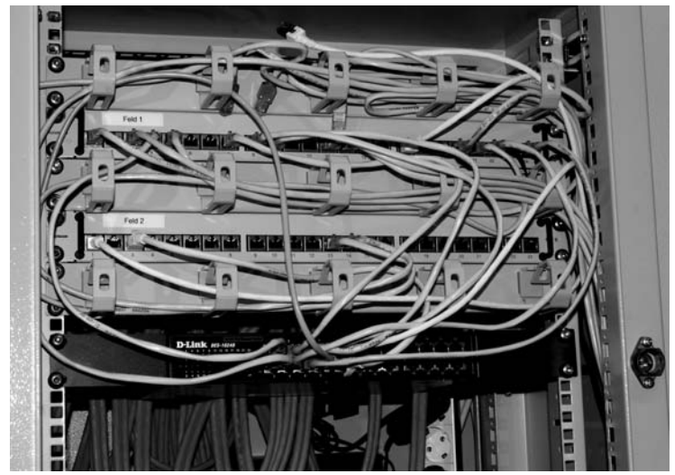

Abbildung 2.8 Netzwerkschrank mit Patchfeld und Switch

Netzwerk-Anschlussdosen und Patchfelder werden Sie überwiegend in der *Schneid-Klemmtechnik*, auch *LSA* (ohne **L**öten, **S**chrauben, **A**bisolieren) genannt, mit ihrem gebäudeseitigen Kabel verbinden.

Sehen Sie sich die nachstehenden Details genau an, bevor Sie Ihre erste Netzwerkleitung verlegen. Betrachten Sie zunächst die Bestandteile einer Netzwerk-Anschlussdose im Einzelnen (Abbildung 2.9). Sie besteht (von links nach rechts) aus dem Abschirmdeckel für die Rückseite, dem Dosenkörper (hier zwei Anschlüsse in LSA-Technik) und dem abschirmenden Frontdeckel. Die Kunststoffabdeckung mit Beschriftungsfeldern müssen Sie extra besorgen. Es steht hier ein großes Angebot an Farb- und Designvarianten zur Auswahl.

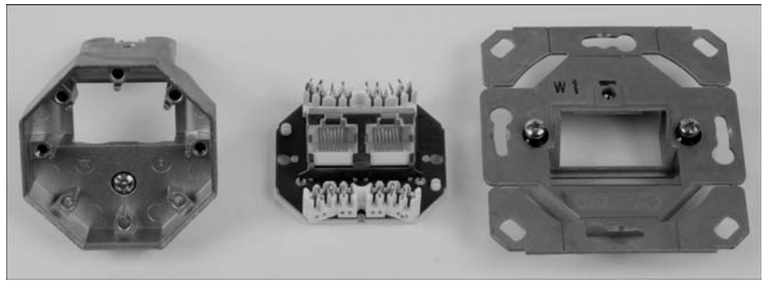

Abbildung 2.9 Bestandteile einer Netzwerk-Anschlussdose

Betrachten Sie den Dosenkörper genauer (Abbildung 2.10). Sie können hier die einzelnen Adern in den LSA-Klemmen deutlich erkennen. Auf den einzelnen Klemmen wird von manchen Herstellern sogar der Farbcode zu EIA/TIA-568A oder EIA/TIA-568B aufgedruckt, sodass auch Handwerker ohne Netzwerkkenntnisse Installationsarbeiten vornehmen könnten.

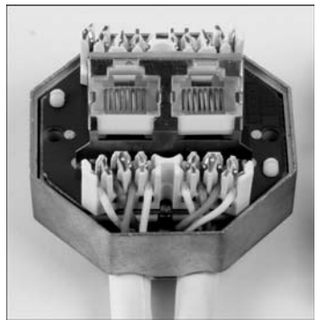

Abbildung 2.10 Dosenkörper einer Netzwerk-Anschlussdose im Detail

RJ45-Stecker hingegen bringen Sie mittels Crimptechnik am Kabel an. Dazu finden Sie in Abschnitt 2.1.7, »Montage von RJ45-Steckern«, eine Schritt-für-Schritt-Anleitung.

2.1.6 Herstellung von Kabelverbindungen mit der Schneid-Klemmtechnik (LSA)

Die Schneid-Klemmtechnik (LSA) bringt Vorteile wie hohe Kontaktdichte und -sicherheit. Zudem sparen Sie viele Arbeitsschritte ein. Die LSA-Technik ist schon seit den 70er-Jahren Standard im Fernmeldebereich.

Natürlich benötigen Sie auch das passende Werkzeug. Zum sauberen und sicheren Entfernen des Kabelmantels verwenden Sie einen *Abmantler* (Abbildung 2.11). Damit schneiden Sie sich nicht in die Finger und durchtrennen auch nicht gleich das Schirmgeflecht, das unter dem Kabelmantel liegt. Außerdem ziehen Sie mit diesem Werkzeug den Mantelabschnitt ab.

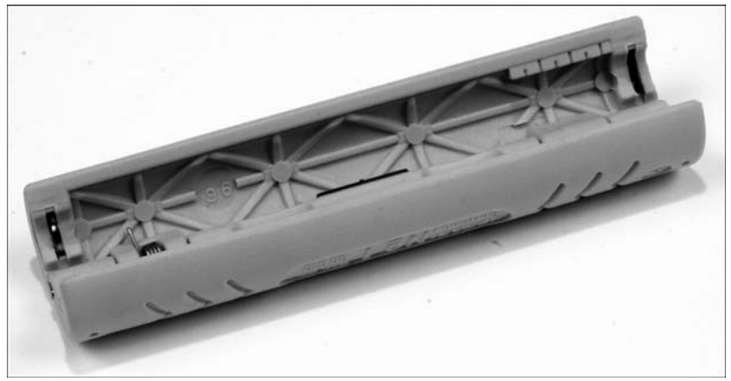

Abbildung 2.11 Abmantler

Der Abmantler besitzt an beiden Enden Schneiden mit verschiedenen Öffnungsweiten. Für Netzwerkkabel verwenden Sie die mit der weiteren Öffnung.

Für das Herstellen der Schneid-Klemmverbindung benötigen Sie das *LSA-Anlegewerkzeug* (Abbildung 2.12). Dies hat vorn eine Spitze und eine Andruckvorrichtung. Bei einigen Varianten finden Sie im Griff ausklappbare Zusatzwerkzeuge. Eines davon ist der sichelartige *Enterhaken*. Damit können Sie Adern aus der Schneid-Klemmleiste herauslösen.

In Abbildung 2.12 sehen Sie auch eine LSA-Leiste abgebildet, wie sie zum festen Verdrahten von Fernmeldekabeln oder zum Verlängern von Netzwerkkabeln eingesetzt wird. Sie wird Ihnen aber meist nur im Telefonbereich begegnen. Für die fotografische Darstellung eines Schneid-Klemmvorgangs war sie aber die bessere Wahl.

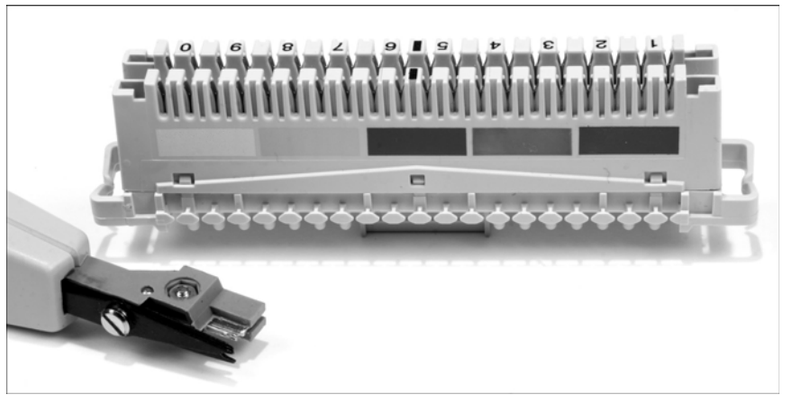

Abbildung 2.12 LSA-Anlegewerkzeug und LSA-Klemmleiste

LSA, Schneid-Klemmverbindungen

- kein Abisolieren von Einzeladern
- Berührungsschutz durch tief liegende Kontaktklemmen
- teilweise Farbcodierung bei Netzwerk-Anschlussdosen
- Anlegewerkzeug kürzt Überstände der Adern auf notwendiges Maß

So stellen Sie eine Schneid-Klemmverbindung her:

1. Drücken Sie die Schneiden des Abmantlers an den Außenmantel des Netzwerkkabels, ohne dabei zu viel Kraft aufzuwenden. Drehen Sie den angedrückten Abmantler um 180°, und versuchen Sie, das abgetrennte Stück des Kabelmantels abzuziehen. Wie viel Sie vom Außenmantel abnehmen müssen, hängt von der Beschaffenheit der Dose oder des Patchfeldes ab.
2. Entflechten Sie das äußere Schirmgeflecht (das klappt am besten mit einer kleinen Drahtbürste), und ziehen Sie es in eine Richtung, gegebenenfalls mit einem vorhandenen Folienschirm. Dies wird später mit der dafür vorgesehenen Aufnahme an der Dose oder dem Patchfeld verbunden.
3. Falls die Adernpaare ebenfalls über eine Schirmung verfügen, ziehen Sie diese in Richtung des schon abstehenden, äußeren Schirmgeflechts. Auch dieses muss dann zusammen mit der Aufnahme verbunden werden.
4. Legen Sie die erste der freigelegten Adern in die richtige Schneid-Klemme (Farbcode oder Nummer beachten, siehe auch Tabelle 2.4 und Tabelle 2.5). Die einzelne Ader liegt dabei lose mit etwas Überstand auf (Abbildung 2.13).

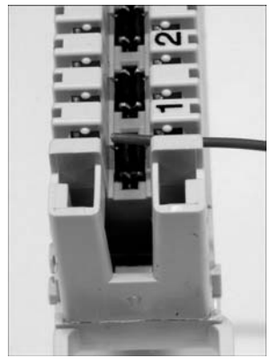

Abbildung 2.13 Lose aufliegende Einzelader

5. Bringen Sie Ihr Anlegewerkzeug in Position. Der klotzartige Teil zeigt zur abgehenden Ader, der schmale Teil (Schneide) zum Überstand (Abbildung 2.14). Drücken Sie nun mit einer schnellen, kraftvollen Bewegung das Werkzeug gegen die Leiste. Sie arbeiten dabei gegen eine Feder. Nach einem deutlich spürbaren Ruck mit einem schnappenden Geräusch nehmen Sie das Werkzeug weg. Durch die Kraft von oben haben Sie die Ader in die scharfkantigen Kontakte gedrückt. Dabei wurde die Isolierung durchdrungen und der elektrische Kontakt hergestellt (Abbildung 2.15). Anschließend verfahren Sie mit den restlichen Adern genauso.

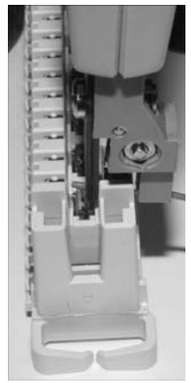

Abbildung 2.14 Die richtige Position des Anlegewerkzeugs

6. Wenn Sie die Verbindung auflösen wollen, müssen Sie die Ader mit einer Häkelnadel oder, falls vorhanden, dem Enterhaken aus dem Anlegewerkzeug entgegen der Druckrichtung abziehen.

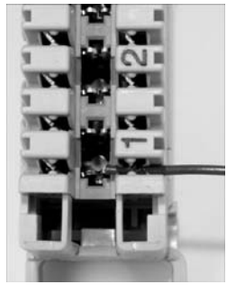

Abbildung 2.15 Fertig hergestellte Schneid-Klemmverbindung

2.1.7 Montage von RJ45-Steckern

Sie können leicht einmal in die Situation kommen, RJ45-Stecker an Netzwerkkabel montieren zu müssen. Vielleicht sind im Rechenzentrum die Standard-Patchkabel einfach zu kurz. Oder Sie müssen für den Messestand schnell und kostengünstig eine provisorische Verkabelung aufbauen, die ohne Netzwerkdosen auskommt (oder auch nur für die Studentenbude ...). Kurz und gut, die notwendigen Handgriffe sollten Sie kennen und beherrschen.

Der RJ45-Stecker besteht aus drei Teilen: dem Steckerkörper, der Kammplatte und der Tülle (Abbildung 2.16, von links nach rechts):

- **Steckerkörper:** Er besteht aus einer metallischen Außenhülle, die mit dem oder den Schirmgeflecht(en) des Kabels verbunden wird. Dadurch bleibt die durchgehende Schirmung zwischen Endgerät und Verteilung erhalten, und Sie vermeiden funktechnische Störungen und Qualitätsminderungen bei den übertragenen Signalen. Ferner verfügt der Steckerkörper über acht Kontakte.
- **Kammplatte:** Dieses kleine Kunststoffteil hält die Adern des angeschlossenen Kabels in Position.
- **Tülle:** Sie bildet die Verlängerung des Kabelmantels. Diese Tüllen erhalten Sie in verschiedenen Farben, sodass Sie damit auch Kennzeichnungen vornehmen können.

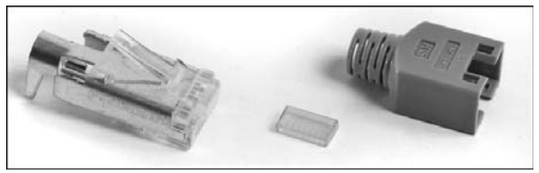

Abbildung 2.16 Bestandteile des RJ45-Steckers

Jetzt kennen Sie die Bestandteile des Steckers. Besorgen Sie sich einen Abmantler (Abbildung 2.11) und eine Crimpzange, Kabel- und Steckermaterial, dann können Sie durchstarten! Gehen Sie nach der folgenden Schritt-für-Schritt-Anleitung vor. Versuchen Sie es einmal, es ist nicht schwer.

1. Falls notwendig, schneiden Sie das Kabel auf die gewünschte Länge zu.
2. Schieben Sie jetzt bereits die Tülle richtig herum auf das Kabelende. Dieser Handgriff wird immer wieder vergessen, und Sie würden sich ärgern, wenn Sie den aufgebrachten Stecker wieder abschneiden müssten.
3. Entfernen Sie mit dem Abmantler 2 cm des Kabelmantels (Abbildung 2.17).

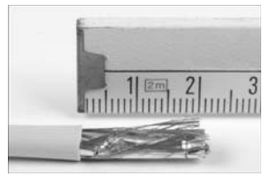

Abbildung 2.17 Das Kabelende; 2 cm des Außenmantels sind entfernt.

4. Legen Sie die verdrillten Adernpaare von der Schirmung (Folie, Geflecht) des Kabelmantels frei, wie Abbildung 2.18 zeigt; bei Cat.-7-Kabeln auch die der Adernpaare selbst. Die Schirmung darf nicht entfernt werden (siehe den nächsten Schritt)!

Abbildung 2.18 Freigelegte Adernpaare

5. Verdrillen Sie das Schirmungsmaterial nach hinten zur Tülle hin.
6. Ordnen Sie die Adern gemäß Tabelle 2.4, Tabelle 2.5 und Tabelle 2.6 sowie Abbildung 2.6 an, und stecken Sie deren Enden durch die Kammplatte (Abbildung 2.19).

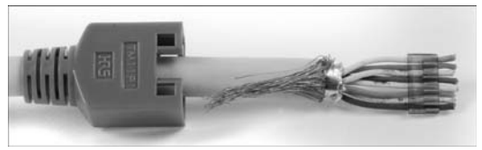

Abbildung 2.19 Zusammengedrillte Abschirmung, Adern durch Kammplatte gesteckt

7. Schieben Sie das so vorbereitete Kabelende in den Steckerkörper. Führen Sie das vorsichtig aus, die Adern dürfen nicht gestaucht werden (Abbildung 2.20)!

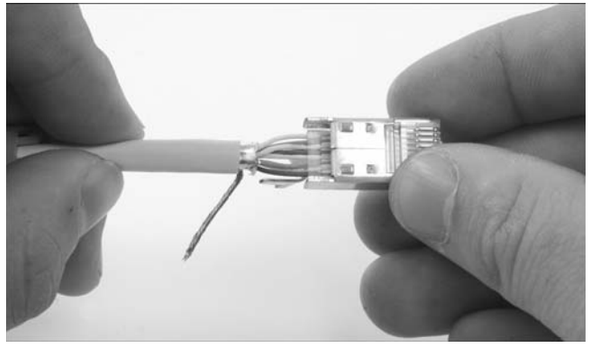

Abbildung 2.20 Einführen des vorbereiteten Kabels in den Steckerkörper

8. Richten Sie die verdrillte Schirmung so aus, dass sie zur Steckeroberseite zeigt. Die Steckeroberseite erkennen Sie daran, dass sich hier die Rastnase befindet. Bringen Sie die Schirmung in die hierfür vorgesehene Aufnahme (Abbildung 2.21). Damit ist der Stecker bereit zum Crimpen (Abbildung 2.22).

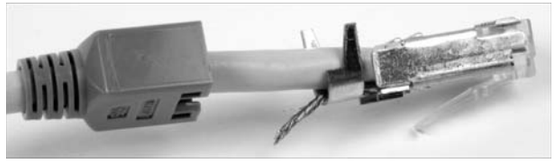

Abbildung 2.21 Crimpfertiger Stecker; das Schirmgeflecht liegt in der Schirmungsaufnahme.

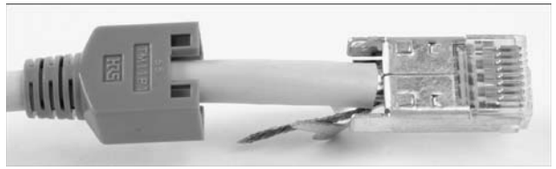

Abbildung 2.22 Crimpfertiger Stecker, Ansicht von unten

9. Nehmen Sie die Crimpzange zur Hand. Führen Sie den Stecker so in das Werkzeug ein, dass die Aufnahme für die Schirmung, die gleichzeitig auch die mechanische Zugentlastung bilden wird, zur passenden Werkzeugöffnung zeigt (Abbildung 2.23).

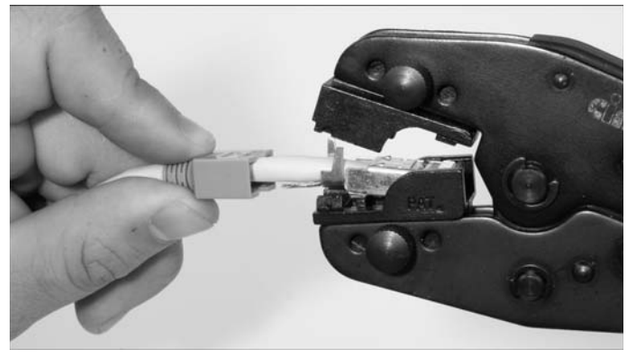

Abbildung 2.23 Einführen des RJ45-Steckers in das Crimpwerkzeug

10. Drücken Sie jetzt mit voller Kraft die Crimpzange zusammen. Der Stecker wird dadurch mit Schirmung und den Adern mechanisch und elektrisch verbunden.
11. Führen Sie eine Sichtkontrolle am fertigen Stecker (Abbildung 2.24) durch. Umschließt die Zugentlastung die Schirmung vollständig? Liegt sie fest an?

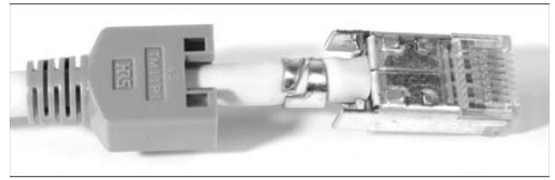

Abbildung 2.24 Fertig gecrimpter Stecker

12. Schieben Sie die Tülle auf den Steckerkörper.

Damit haben Sie den Stecker mit dem Kabel verbunden. Wie Sie Ihr Arbeitsergebnis gleich überprüfen können, lesen Sie im folgenden Abschnitt.

2.1.8 Prüfen von Kabeln und Kabelverbindungen

Wenn zwei Netzwerkteilnehmer absolut nicht zueinanderfinden können, sollten Sie durchaus einmal die beteiligten Patchkabel und die Gebäudeverkabelung (separat) testen. Nicht immer sind ausgefallene aktive Komponenten oder Konfigurationsfehler die Fehlerquelle!

Sie haben mehrere Möglichkeiten, die Kabelstrecke zwischen zwei Netzwerkteilnehmern zu prüfen. Im schlimmsten Fall haben Sie kein Mess- oder Prüfmittel zur Hand.

Hier im Beispiel gehe ich von einem Verbindungsfehler zwischen einem PC und einem Switch aus. Arbeiten Sie sich Stück für Stück methodisch vor:

1. Bringen Sie den PC direkt zum Switch, und schließen Sie ihn mit dem gleichen Patchkabel an, das die Verbindung zum Patchpanel herstellt. Bekommt der PC hier trotzdem keine Verbindung, dann tauschen Sie das Patchkabel. Klappt es jetzt wieder nicht, liegt der Fehler entweder beim PC oder beim Switch.
2. Der PC bekommt beim direkten Anschluss an den Switch eine Netzwerkverbindung. Klappt dies erst nach dem Kabeltausch, dürfte das Problem schon meist behoben sein. Wenn es nicht dieses Kabel war, dann verbinden Sie den gerade benutzten Port vom Switch wieder mit dem Patchpanel. Prüfen Sie, ob Sie hier auch den richtigen Steckplatz für die Netzwerk-Anschlussdose benutzen. Wenn bis hierher alles sicher ist, müssen Sie das Gebäudekabel prüfen. Nehmen Sie aber vorsichtshalber ein funktionierendes Patchkabel für den Anschluss zwischen Wanddose und PC mit.
3. Schließen Sie den PC mit einem funktionierenden Patchkabel an die vorgesehene Wanddose an. Bekommt der PC jetzt Verbindung, war das vorher verwendete Kabel defekt. Wenn es aber wieder nicht klappt, bleibt Ihnen nur, Patchpanel und Wanddose zu öffnen und die Schneid-Klemmverbindungen nochmals nachzubearbeiten (»nachzutackern«).

Tipp

Entfernen Sie defekte Netzwerkkabel sofort, damit diese nicht versehentlich erneut eine Störungsquelle bilden können!

(Tipp aus der Praxis: Stecker abschneiden, dann bleibt das Kabel auch in der Schrottkiste!)

Funktioniert die Verbindung immer noch nicht, benötigen Sie entweder weitere Messmittel oder externe Hilfe, die über diese Möglichkeiten verfügt.

Mit einem einfachen Netzwerktester (Abbildung 2.25), den Sie im Elektronikhandel und -versand sehr günstig erwerben können, grenzen Sie solche Fehler leichter ein. Ich zeige hier ein vielfach verbreitetes Modell, das unter vielerlei Modellbezeichnungen im Handel ist.

Der Tester verfügt über zwei Netzwerkanschlüsse und einen Satelliten für den Fall, dass eine Einzelstrecke zu messen ist. Das Gerät prüft jede Ader und die Schirmung einzeln. Sie können per Hand von Ader zu Ader schalten oder überlassen das dem Gerät, das dann den Wechsel eigenständig vornimmt.

Abbildung 2.25 Einfacher Netzwerktester

Das Fehlerbeispiel bleibt das gleiche wie gerade: Die Strecke zwischen einem PC und einem Switch funktioniert nicht. Mit dem kleinen Netzwerktester gehen Sie wie folgt vor:

- Prüfen Sie die beteiligten Patchkabel. Dazu stecken Sie jedes Kabel mit beiden Steckern am Netzwerktester (Abbildung 2.26) ein. Schalten Sie das Gerät ein, und drücken Sie die Taste AUTO. Das Gerät schaltet nun Ader für Ader durch.

Abbildung 2.26 Prüfung der Patchkabel

Die obere LED-Zeile gibt an, welche Ader geprüft wird. An der unteren sehen Sie, ob diese auch durchgängig ist. Solange die leuchtenden LEDs die gleiche Adernnummer markieren, ist das Kabel (außer es ist ein Cross-over-Kabel) in Ordnung. Ist es kein Cross-over-Kabel und leuchten unterschiedliche Adernnummern auf, liegt eine Vertauschung vor. Bleibt in der zweiten LED-Zeile die LED dunkel, wenn die darüberliegende leuchtet, ist diese entweder nicht vorhanden oder unterbrochen.

Probleme mit Billig-Patchkabeln

Bei billigen Patchkabeln sind nicht alle Adern vorhanden. Dies führt zu Problemen, wenn Sie zwei Partner mit 1000Base-T verschalten wollen. Es liegt dann kein Fehler im Sinne der Messung vor.

- Prüfen Sie das Gebäudekabel. Schließen Sie den Tester am Patchpanel und den Satelliten (Abbildung 2.27) an der Netzwerk-Anschlussdose an. Starten Sie den Tester im Automatik-Modus, und gehen Sie zum Satelliten. Hier müsste im Idealfall in aufsteigender Reihenfolge eine LED nach der anderen einzeln aufleuchten.

Abbildung 2.27 Streckenprüfung mit Satellit

Ältere Gebäudeverkabelungen

Hier wurden meist nicht alle Adern 1:1 durchgeschaltet. Ziehen Sie Tabelle 2.4 und Tabelle 2.5 zurate. Möglicherweise wurden die Adern nur für 10Base-T oder 100Base-T aufgelegt. Stimmen hierfür die Durchgangsmessungen, liegt kein Fehler im eigentlichen Sinne vor.

Sie können diese Messung auch zu zweit durchführen. Idealerweise sind Sie mit Ihrem Helfer mittels Telefon oder mit PMR-Funkgeräten in Kontakt. In diesem Fall können Sie dann anstelle des Automatik-Modus von Hand Ader für Ader durchschalten, und der Helfer kann das Fehlerbild leichter erfassen.

Einfache Fehler (falsche, gar nicht aufgelegte oder unterbrochene Adern) können Sie also mit dem kleinen Netzwerktester ausfindig machen und beheben. Sie können aber durchaus auf heimtückischere Fehlerbilder stoßen. Um zu lange Gebäudekabel oder Signalprobleme (Dämpfung, Echos, Übersprechen) erkennen zu können, benötigen Sie andere, leider auch teurere Messgeräte, die Sie auch tageweise mieten können.

Derartige Messgeräte (Abbildung 2.28) ermitteln unter anderem Messwerte für die Kabellänge, die Dämpfung, den Widerstand, die Kapazität, die Impedanz und eventuelle Signallaufzeitverzögerungen. Mit den Messadaptern für Koaxial-, Twisted-Pair- und Glasfaserkabel können Sie praktisch alle Arten von Netzen messen. Die ermittelten Messdaten übertragen Sie per USB-Schnittstelle auf Ihren Rechner zur weiteren Auswertung, z. B. für die Netzdokumentation nach Neu- oder Erweiterungsarbeiten am Netzwerk.

Abbildung 2.28 Verkabelungstester LanTEK®II (Hersteller: IDEAL INDUSTRIES INC., USA)

2.1.9 Kennzeichnen, Suchen und Finden von Kabelverbindungen

Beschriften Sie bei Verkabelungsarbeiten beide Enden immer eindeutig.

Beschriftung von Kabeln für und während Verkabelungsarbeiten

- Fast immer die beste Lösung: Dosennummer (z. B. Zimmer 15 im Erdgeschoss, 1. Dose, im Uhrzeigersinn gezählt: 015/1)
- Gut zum Finden von Patchkabel-Verbindungen: laufende Nummer am Kabel, an beiden Enden. Bei Gebäudeverkabelung müssen Sie eine Liste führen, welche Nummer zu welcher Dose bzw. welchem Switch-Port gehört.
- Die Beschriftung muss dauerhaft sein (Permanent-Filzschreiber oder Aufkleber, der über gute Klebeeigenschaften verfügt).
- Bei kleinen Netzen, die ohne Patchfelder/Wanddosen auskommen müssen, verwenden Sie Nummern oder Ringe (Kabelbinder) zur Kennzeichnung.

Was ist aber, wenn Sie auf ein Netzwerk treffen, bei dem nichts beschriftet wurde? Was ist, wenn Dosen keine Bezeichnungen tragen und Sie nicht einmal wissen, ob bei Doppeldosen auch »richtig herum« aufgelegt wurde? Was ist, wenn Sie bei einem provisorischen Netzwerk vor einem dicken Kabelbündel ohne jede Markierung stehen? Wie finden Sie genau die gesuchte Leitung, wenn Ihr Vorgänger alles sauber und akribisch per Barcode-Aufkleber (Praxisfall!) beschriftet hat und Sie keinen Leser dafür zur Hand haben? Der kleine Kabeltester aus dem letzten Abschnitt hilft beim Suchen nur sehr begrenzt weiter. Sie müssen nämlich jeden Port am Patchpanel einzeln prüfen und im gesamten Gebäude mit dem Satelliten jede Dose »besuchen«. Natürlich, bei einem kleinen Netzwerk mit zehn oder zwanzig Anschlüssen mögen Sie damit noch zurechtkommen, aber wenn das Ganze größere Dimensionen aufweist, ist die Arbeit mit dem Gerät kein Vergnügen.

Abhilfe schafft ein *Leitungssuchgerätesatz*. Dieser besteht aus dem Geber (links in Abbildung 2.29) und dem Empfängertastkopf (rechts in Abbildung 2.29). Der Geber besitzt zum Anschluss an die zu suchende Leitung sowohl einen RJ45-Stecker als auch ein Paar Federklemmen (rot für die Signalader, schwarz für die Erdung).

Der Geber des Leitungssuchgerätesatzes besitzt einen Hochfrequenzgenerator (»Sender«), der an ein offenes Adernende oder eine Netzwerk-/Telefondose angeschlossen wird. Am anderen Ende, meist dem Verteiler, suchen Sie mit dem Tastkopf die Leitung heraus. Der Tastkopf gibt ein akustisches und optisches Signal ab, wenn das Signal entdeckt wird. Zunächst finden Sie das Kabel dadurch heraus, weil der Tastkopf das Signal schon bei Annäherung schwach vernimmt.

Abbildung 2.29 Leitungssuchgerätesatz

Drücken Sie mit der Messspitze (Abbildung 2.30) auf die zutreffende, signalführende Ader, hören Sie dieses Signal laut und kräftig, und die Leuchtanzeige zeigt das Signal an. Bei alten, ungeschirmten Netzen (Cat. 3 oder einer nur ISDN-tauglichen Verkabelung) müssen Sie sehr misstrauisch sein. Prüfen Sie sehr sorgfältig, denn hier kann das Signal des Geberteils durch Übersprecheffekte scheinbar auf mehreren Adern vorhanden sein. Auch hier gilt, dass nur das am lautesten herstellbare Prüfsignal am Tastkopf die zutreffende Ader markiert.

Abbildung 2.30 Arbeiten mit dem Tastkopf an einem Adernbündel

Im Grunde finden Sie damit die betreffende Leitung recht schnell. Beschriften oder markieren Sie dann aber auch direkt die Leitung, damit Sie diese später nicht wieder suchen müssen.

Die Handhabung des Tastkopfes am Patchfeld kann etwas schwierig sein. Für den Test mit der direkten Berührung können Sie verschiedene Hilfsmittel verwenden:

- Nehmen Sie ein Patchkabel und das Innenleben einer Netzwerkdose. Stecken Sie das Kabel am »lautesten« Port am Patchfeld und an der Netzwerkdose an. Mit der Messspitze des Tastkopfes können Sie am LSA-Anschlussblock direkt auf die Adern zugreifen.
- Verwenden Sie ein Patchkabel, und schneiden Sie einen Stecker ab. Kämmen Sie die Adern aus, isolieren Sie die Enden knapp ab, und schieben Sie eine Kammplatte (siehe RJ45-Stecker, Abbildung 2.19 und Abschnitt 2.1.7, »Montage von RJ45-Steckern«) über die Adernenden, sodass kein Kurzschluss möglich ist. Diese freien Enden berühren Sie mit der Spitze des Tastkopfes.

2.1.10 Power over Ethernet (PoE)

Mit diesem Verfahren wird für Kleinverbraucher eine Versorgungsspannung von 48 Volt und maximaler Strom von 350 Milliampere bereitgestellt. Diese Versorgungstechnik hat an sich keinen Einfluss auf die Datenübertragung, jedoch sollten Sie nur die neueste Speisetechnik einsetzen, damit keine Netzwerkkomponenten beschädigt werden, die PoE nicht unterstützen. Bei 10Base-T und 100Base-T werden freie Adern des Netzwerkkabels, bei 1000Base-T die signalführenden (mit-)benutzt. Meist wird diese Technik zum Betrieb von VoIP-Telefonen, kleinen Switches oder WLAN-Accesspoints benutzt.

2.2 Lichtwellenleiter, Kabel und Verbinder

Bevor Sie Ihre erste Glasfaserstrecke aufbauen, machen Sie zunächst einen kleinen Abstecher in die Physik und die Geschichte dieser Technik. Mit etwas Grundwissen vermeiden Sie Fehler bei der Planung und dem Aufbau Ihres Lichtwellenleiter-Netzes.

Lichtwellen werden reflektiert, wenn sie schräg auf den Übergang von einem Medium auf das andere treffen. Sicher kennen Sie den Effekt aus dem Alltag: Wenn Sie schräg auf eine Wasseroberfläche blicken, sehen Sie kaum etwas davon, was sich unter dieser befindet. Erst wenn Sie nahezu senkrecht nach unten auf das Wasser sehen, erkennen Sie die Dinge unter Wasser.

Lichtwellenleiter ermöglichen derzeit die schnellste und breitbandigste Kommunikation überhaupt. Gebräuchlich sind zurzeit Verfahren mit zwei Adern, eine für die Sendung und eine für den Empfang. Es wird stets mit einer Wellenlänge (= Farbe) gearbeitet.

Die Entwicklungslabors haben Entwicklungen wie das Senden und Empfangen mit einer einzigen Faser geschaffen. Damit würden die Leitungskapazitäten bei konsequenter Umsetzung verdoppelt. In Laborversuchen werden Geschwindigkeiten von 1 Tbit/s angepeilt. Auch wurden schon Verfahren entwickelt, die mehrere verschiedenfarbige Laser auf einer Faser arbeiten lassen. Allerdings können die »normalen« Netzwerkteilnehmer wie PCs diese Geschwindigkeiten selbst noch nicht nutzen. Sie sind einfach zu langsam dafür.

Neben der absoluten Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen Einflüssen stehen auch die relativ hohe Abhörsicherheit und der geringere Platzbedarf am Leitungsweg auf der Habenseite. Nachteilig ist dagegen, dass es ein optisches Verfahren ist, bei dem Sie eben nicht schnell ein paar Adern auf eine LSA-Leiste tackern können. Zum Verbinden zweier Fasern brauchen Sie spezielle Spleißgeräte, die die Fasern miteinander verschweißen. Sie kleben Stecker an die Faser, müssen das Faserende polieren und mit dem Spezialmikroskop begutachten. Für die Messungen an den Leitungen benötigen Sie spezielle Geräte. Allerdings gibt es für die Gebäudeverkabelung bereits vorkonfektionierte Kabel, die Sie einfach in den Trassenweg einziehen. Zentrale Netzwerkgeräte wie Switches sind schon seit Langem auch mit Lichtwellenleiter-Anschlüssen im Handel. Netzwerkkarten für PCs sind ca. vier- bis fünfmal so teuer (100 Mbit/s) wie die »elektrische« Ausführung. Baugruppen für 1 Gbit/s kosten einige Hundert Euro. Ihr Einsatz wird deshalb nur wichtigen Server-Rechnern vorbehalten sein.

Vor- und Nachteile von Netzwerken mit Glasfaserkabeln

Vorteile:

- höchste Signalbandbreiten möglich
- keine elektromagnetischen Beeinflussungen von außen
- ohne elektrisches Potenzial
- darf zusammen mit Stromleitungen in einem Kanal/Rohr geführt werden
- keine Übersprecheffekte
- relativ hohe Abhörsicherheit
- darf in explosionsgefährdeten Bereichen verwendet werden
- wirtschaftlich, da höherer Investitionsschutz aufgrund längerer Nutzungsdauer

Nachteile:

- hoher Anschaffungspreis für aktive Netzwerkkomponenten
- Neue Werkzeuge und Messmittel müssen beschafft werden.
- Kein automatisches Erkennen und Einstellen der Übertragungsgeschwindigkeit, beide Partner müssen konstruktiv dieselben Eigenschaften aufweisen.
- Im Normalfall benötigen Sie immer zwei Fasern für eine Verbindung (Senden und Empfangen).

2.2.1 Übersicht über die Netzwerkstandards mit Glasfaserkabel

Für Ihre Planungen und Beschaffungen müssen Sie die Netzwerkstandards für Glasfasernetze kennen.

Auch im Bereich der Glasfasernetzwerke hat die »Evolution« verschiedene Standards (Tabelle 2.7) hervorgebracht. Sie können im Gegensatz zur Kupfertechnik aber keinen Mischbetrieb dahingehend verwirklichen, dass verschieden schnelle Komponenten auf einer Faser miteinander kommunizieren. Hierfür benötigen Sie Medienkonverter, die die Netzkosten erhöhen. In Tabelle 2.7 finden Sie auch Angaben zur IEEE-Norm und zu der Lichtquelle.

Bezeichnung	Maximale Länge	Beschaffenheit
10Base-FL	2 km	Faser: Multimode, OM1 bis OM4 Wellenlänge: 850 nm Lichtquelle: LED Norm: IEEE 802.3 Clause 18
100Base-FX	400 m/2 km	Faser: Multimode, OM1 bis OM4 Wellenlänge: 1310 nm Lichtquelle: LED Norm: IEEE 802.3 Clause 26 Reichweite: 2 km, wenn Switches oder Bridges miteinander verbunden sind
100Base-SX	300 m	Faser: Multimode, OM1 bis OM4 Wellenlänge: 850 nm Lichtquelle: LED Norm: IEEE 802.3 Clause 38

Tabelle 2.7 Netzwerkstandards optischer Netze

Bezeichnung	Maximale Länge	Beschaffenheit
1000Base-LX	550 m/2 km	Faser: Multimode, OM1 bis OM4 Wellenlänge: 1310 nm Lichtquelle: Laser Norm: IEEE 802.3 Clause 38 Reichweite: 550 m alternativ: Faser: Monomode, OS1 Wellenlänge: 1310 nm Lichtquelle: Laser Reichweite: 2 km
1000Base-SX	500 m	Faser: Multimode, OM1: 300 m, OM2 bis OM4: 500 m Wellenlänge: 850 nm Lichtquelle: VCSEL-Laser Norm: IEEE 802.3 Clause 38
10GBase-LR	10 km	Faser: Monomode, OS1 Wellenlänge: 1310 nm Lichtquelle: Laser Norm: IEEE 802.3ae
10GBase-SR	300 m	Faser: Multimode, OM3 bis OM4 Wellenlänge: 850 nm Lichtquelle: VCSEL-Laser Norm: IEEE 802.3ae
10GBase-ER	40 km	Faser: Monomode, OS1 Wellenlänge: 1550 nm Lichtquelle: DFB-Laser Norm: IEEE 802.3ae 2002
10GBase-LX4	300 m/10 km	Faser: Multimode, OM1 bis OM4 Wellenlängen (Multiplexbetrieb): 1275 nm, 1300 nm, 1325 nm und 1350 nm Dient der Übertragung auf (älteren) Multimode-Fasernetzen. Lichtquelle: vier Laser Norm: IEEE 802.3 Clause 48 alternativ Faser: Monomode, OS1 Reichweite: bis 10 km

Tabelle 2.7 Netzwerkstandards optischer Netze (Forts.)

Beachten Sie unbedingt, mit welcher Lichtquelle Ihr Netz arbeitet. Besonders Laser schädigen das Augenlicht, wenn Sie in ein offenes Faserende blicken. Planen Sie deshalb unbedingt Schutzmaßnahmen gegen unbeabsichtigtes Austreten des Laserlichtes ein (Zugangssperren zu Netzwerkkomponenten, Warnhinweise für Service-Personal usw.)!

2.2.2 Aufbau und Funktion von Glasfaserkabeln

Sie werden auf verschiedenartige Glasfaserkabel stoßen. Einige Bestandteile sind stets die gleichen. Wenn Sie Lichtwellenleiter-Kabel (LWL) über verschiedene Arten von Strecken verlegen (in/außerhalb von Gebäuden, Stammkabel, Einzelverbindungen), benötigen Sie diese Informationen.

Der *Außenmantel* bietet Schutz vor Einflüssen aller Art (je nach Ausstattung auch gegen Nässe, Nagetiere und starke mechanische Belastungen). Er nimmt jedoch keine Zugkräfte auf. Dafür finden Sie darunter als nächste Schicht das Zugentlastungsgarn aus Kevlar. Wiederum darunter treffen Sie auf die Adern (Hohl-, Kompakt- oder Bündeladern), die die Fasern beherbergen. Die Fasern selbst sind durch verschiedene Gellagerungen oder *Coatings* (Ummantelungen) geschützt. Das Primärcoating umschließt die Faser selbst. Auf das Sekundärcoating stoßen Sie nicht bei allen Kabeltypen. An seiner Stelle finden Sie weiche Füllmassen, in denen die vom Primärcoating geschützte Glasfaser liegt. Daraus ergeben sich verschiedene Aderquerschnitte:

Querschnitte verschiedener Adern von Glasfaserkabeln

- **Vollader**: Sekundärcoating aus hartem Material, Primärcoating aus weichem Material, Faser
- **Kompaktader**: Sekundärcoating aus hartem Material, gelartige Füllmasse, Primärcoating aus weichem Material, Faser
- **Hohlader**: Kunststoffröhrchen, Füllmasse, Primärcoating, Faser
- **Bündelader:** Kunststoffröhrchen, Füllmasse, mehrere Fasern im eigenen Primärcoating

Die Glasfaser selbst besteht aus dem *Glasmantel*, der vom Primärcoating umgeben ist, und dem *Glaskern*. Die Lichtwellen werden am Übergang vom Kern zum Mantel reflektiert.

Lichtwellenleiter bekommen Sie in zwei Ausführungen: Monomode (auch *Singlemode* genannt) und Multimode. Sie können die beiden Typen nur mittels aktiver Komponenten miteinander verbinden. Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, sollten Sie sich die Kabeleigenschaften und Einsatzgebiete, die mit den beiden Begriffen verbunden sind, genau einprägen.

Eigenschaften der Monomode-Glasfaser

- Physik: Das Licht wird senkrecht zur Schnittfläche des Faserkerns eingestrahlt. Der Lichtstrahl breitet sich in einer einzigen Wellenführung aus (Mono-/Singlemode). Die Monomode-Fasern (Abbildung 2.31) sind allesamt *Stufenindexfasern*, die Brechzahl beim Übergang vom Glaskern zum Glasmantel ändert sich abrupt.
- Übertragungseigenschaften: geringe Dämpfung und Signallaufzeiten, hohe Signaltreue (Signalform wird kaum verändert)
- Einsatz: Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über weite Strecken (WAN)
- gebräuchliche Wellenlängen: 1550 nm und 1310 nm
- Maße: Kerndurchmesser 9 µm (Altnetze/Übersee: 10 µm), Glasmantel 125 µm
- stellt hohe Anforderungen an Spleiß- und Steckverbindungen
- höherer Preis

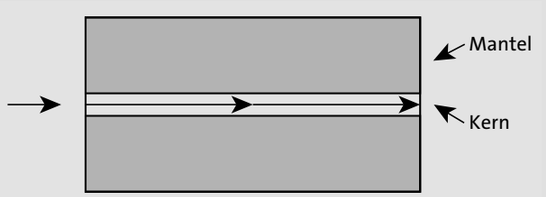

Abbildung 2.31 Verlauf der Lichtwellen in einer Monomode-Glasfaser

Eigenschaften von Multimode-Glasfasern

- Physik: Das Licht wird schräg auf die Schnittfläche des Faserkerns gegeben. Dadurch wird es am Übergang vom Glaskern zum Glasmantel in flachem Winkel reflektiert.
- Übertragungseigenschaften von Multimode-Fasern mit Stufenindex (Abbildung 2.32): mittlere Dämpfung, geringe Bandbreite, Signale werden durch die verschiedenen Laufzeiten der einzelnen Moden mit zunehmender Entfernung »unscharf« (*Modendispersion*). Multimode-Fasern mit Stufenindex werden nicht mehr verbaut.
- Übertragungseigenschaften von Multimode-Fasern mit Gradientenindex (Abbildung 2.33): Bandbreite über 1 GHz, relativ niedrige Dämpfung. Die einzelnen Moden erreichen zu relativ gleicher Zeit das Faserende, was die Ausprägung von »unscharfen« Signalen (Modendispersion) über weite Lauflängen gering hält. Diese Fasern werden bei Erweiterungen und Neubauten verwendet.
- Einsatz: in lokalen Netzen bis 2 km (LAN, MAN)
- gebräuchliche Wellenlängen: 1310 nm und 850 nm
- Maße: Kerndurchmesser 50 µm (Altnetze: 62,5 µm), Glasmantel 125 µm

- stellt weniger hohe Anforderungen an Spleiß- und Steckverbindungen
- günstigerer Preis, höhere Verbreitung

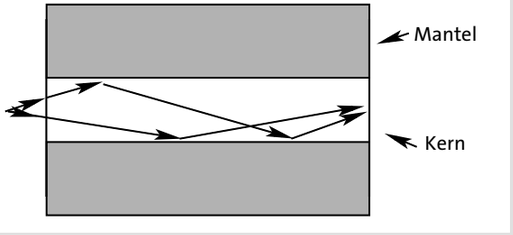

Abbildung 2.32 Lichtwellenverlauf in einer Multimode-Faser mit Stufenindex

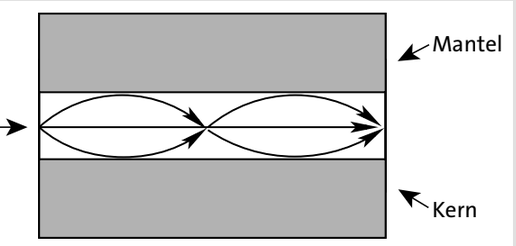

Abbildung 2.33 Lichtwellenverlauf in einer Multimode-Faser mit Gradientenindex

Glasfaserkabel bekommen Sie in verschiedenen Kategorien im Handel. Sie unterscheiden sich hinsichtlich Nutzbandbreite und Reichweite (Tabelle 2.8, Tabelle 2.9).

Faserkategorie IEC/ISO 11801	Entspricht IEC 60793-2-10-	Standards aus EN 50173-1
OM1	A1b	60793-2-10
OM2	A1a	60793-2-10
OM3	A1a.2	60793-2-10
OM4	A1a.2 Ed.2.0	60793-2-10
OS1	(IEC 60793-2-50)-B.1.1	60793-2-50

Tabelle 2.8 Normenverweis für Faserkategorien; OM1 bis OM4 betreffen Multimode-Fasern, OS1 betrifft Monomode-Fasern.

Die Normenvorgaben zur Dämpfung sind Mindestwerte! Viele Hersteller bieten Ihnen Produkte an, die diese deutlich unterschreiten. Sie tragen allerdings hauseigene Bezeichnungen. In Tabelle 2.9 ist auch die noch sehr neue Norm OS2 enthalten.

Faserkategorie	OM1	OM2	OM3	OM4	OS1	OS2
Kerndurchmesser	62,5 µm	50/62,5 µm	50 µm	50 µm	9 µm	9 µm
Dämpfung db/km bei 850 nm	3,5	3,5	3,5	3,5	–	–
Dämpfung db/km bei 1310 nm	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,4

Tabelle 2.9 Normenvorgaben zur Dämpfung

2.2.3 Dauerhafte Glasfaserverbindungen

Dauerhafte Glasfaserverbindungen begegnen Ihnen an jeder Verlängerung bei WAN-Strecken. Aber auch kurze Stücke mit fest verbundenem Stecker werden dauerhaft mit der Gebäudeverkabelung zusammengefügt. Für eine dauerhafte Verbindung müssen Sie Glasfasern miteinander verschweißen. Mit jeder Übergangsstelle erhöht sich die Dämpfung und verringert sich die Reichweite geringfügig.

Wenn Sie Glasfasern miteinander verschweißen möchten, benötigen Sie ein (teures) Spleißgerät. Sie sehen damit die beiden Faserenden stark vergrößert auf einem kleinen Monitor. Unter diesem »Mikroskop« führen Sie die Enden aneinander und lösen den Lichtbogen aus, der den Schmelzvorgang bewirkt. Dies geschieht alles mit feinmechanisch höchster Präzision. Die Verbindungsstelle wird zusätzlich mit einer aufgecrimpten Metallklammer gesichert.

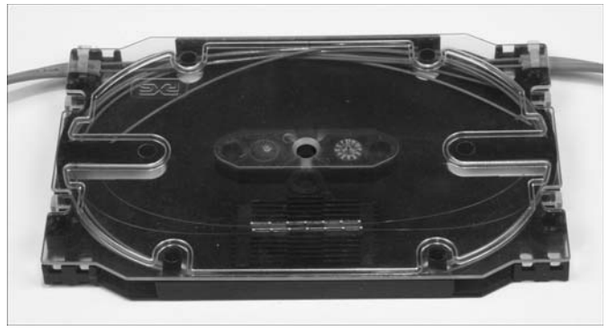

Abbildung 2.34 Spleißbox

An den Verbindungsstellen sind die Faserenden blank, dort ist also der Glasmantel sichtbar. Erst nach einigen Zentimetern wird er vom Primärcoating bedeckt. Der Außenmantel und das Zuggarn aus Kevlargarn enden bereits in der Zugentlastung. Die so offen liegenden Kabel werden in der Spleißbox (Abbildung 2.34) vor mechanischen und klimatischen Umwelteinflüssen geschützt.

2.2.4 Lichtwellenleiter-Steckverbindungen

Es gibt leider viele verschiedene LWL-Steckverbinder. Beim Einkauf von aktiven Netzwerkkomponenten sollten Sie deshalb auf eine einheitliche Ausstattung achten.

Steckverbindungen für Glasfaserkabel funktionieren im Prinzip so, dass die polierten Steckerenden mit dem Faserkern aneinandergepresst werden und der Lichtstrahl die Schnittflächen überwindet. Besonders bei Monomode-Fasern mit nur 9 µm Kerndurchmesser werden hier sehr hohe Anforderungen an die Präzision von Stecker und Kupplungshalterung gestellt. Natürlich haben auch die LWL-Steckverbindungen eine Dämpfung.

Ein LWL-Stecker besteht aus einer *Ferrule* (gegebenenfalls Doppelferrule), die die Faser aufnimmt, und dem Steckergehäuse. Das Steckergehäuse nimmt die Ferrule und die Zugentlastung für das Kabel auf. Es dient auch der Führung und Verriegelung in der Kupplungshalterung.

Für die klassischen Steckverbinder (SC, ST) müssen Sie mehr Platz als für Kupferanschlüsse von RJ45-Buchsen und -Steckern einplanen. Jedes Kabel führt zwei Fasern, und für jede brauchen Sie einen Steckplatz. Damit finden Sie auf einem Patchpanel weniger Platz vor. Mit den miniaturisierten Steckernormen LC und MTRJ wurde dieses Problem aber schon weitgehend gelöst.

Fast alle Stecker nehmen nur eine Faser auf, daher können Sie für den paarweisen Einsatz Duplexklammern verwenden, die damit quasi einen Stecker bilden.

Zum Befestigen von Steckern an den Kabelenden benötigen Sie in jedem Fall Spezialwerkzeug. Hauptsächlich werden Sie folgende zwei Verfahren antreffen:

Verbindung von LWL-Steckern mit dem Kabel

- **Klebetechnik**: Die Faser (Glasmantel und -kern) führen Sie in den mit Kleber gefüllten Stecker ein. Den Kleber lassen Sie aushärten, die Faser schneiden Sie am Ferrulenende ab. Die Schnittfläche polieren Sie und kontrollieren sie im Mikroskop auf Riefen und sauberen Schliff hin. Atmen Sie den Polierstaub nicht ein, er darf auch nicht auf Nahrungsmittel gelangen. Halten Sie den Arbeitsplatz sauber!
- **Anspleißen**: Es werden vorgeklebte Stecker angeboten, die Sie mit dem LWL-Spleißgerät mit der Faser verbinden.

Die so bearbeiteten Kabel müssen Sie mit einem Messgerät neu überprüfen (lassen). Damit erkennen Sie, ob es wie bei den Spleißstellen überhaupt geklappt hat und wie hoch die Einfügedämpfung ist.

Wenn Sie über großzügige Kabeltrassen und -kanäle verfügen, können Sie ganz einfach vorkonfektionierte Kabel über den Fachhandel einkaufen und selbst einziehen. Vergessen Sie aber auch hier nicht, aussagekräftige Beschriftungen an den Kabelenden anzubringen!

Im Laufe der Zeit hat die Industrie eine Anzahl verschiedener Steckertypen entwickelt. Häufig treffen Sie die Typen SC, ST, LC und MTRJ an. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Einfügedämpfung, ihrer Faseranzahl und ihres Platzbedarfes (Tabelle 2.10).

Typ Einsatz	Abbildung	Norm IEC 61754-	Einfügedämpfung	
			Multimode-Faser	Monomode-Faser
ST eine Faser, LAN/WAN	2.35	2	0,2 dB	0,15 dB
SC eine Faser, LAN/WAN	2.35	4	0,2 dB	0,20 dB
MTRJ zwei Fasern, LAN/WAN	2.36	18	0,2 dB	0,40 dB
LC eine Faser, LAN/WAN	2.37	20	0,2 dB	0,12 dB

Tabelle 2.10 Einfügedämpfung und Einsatzgebiete gebräuchlicher LWL-Stecker

Besonderheiten ausgewählter LWL-Stecker

- **ST-Stecker**: Er besitzt eine Metallhülle und wird mittels Bajonettsicherung am Gegenstück befestigt. Keramikferrule 2,5 mm Durchmesser (Abbildung 2.35, links).
- **SC-Stecker**: Kann mit der Duplexklammer zu einem Paarstecker zusammengefügt werden. Keramikferrule 2,5 mm Durchmesser (Abbildung 2.35, rechts).
- **MTRJ-Stecker**: Platzbedarf wie RJ-45-Stecker. Wird meist in aktiven Komponenten (Switches) verwendet, da hohe Anschlussdichte realisierbar. Nicht für dicke Kabel verwendbar. Kunststoff-Doppelferrule (Abbildung 2.36).

- **LC-Stecker**: Etwa halber Platzbedarf von SC-Steckern, Keramikferrule 1,25 mm Durchmesser, Einsatz an aktiven Komponenten (Abbildung 2.37).

Abbildung 2.35 ST-Stecker (links), SC-Stecker in Duplexklammer (rechts), Ferrulenschutzkappe (Mitte)

Abbildung 2.36 MTRJ-Stecker

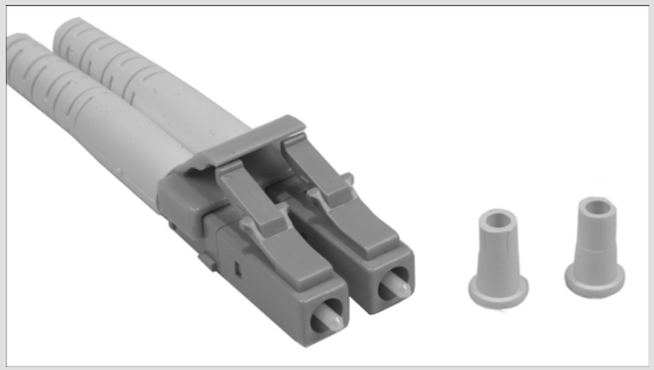

Abbildung 2.37 LC-Stecker paarweise in Duplexklammer mit Ferrulenschutzkappen

2.2.5 Umgang mit der LWL-Technik

Beim Umgang mit Glasfasertechnik müssen Sie einige Regeln einhalten, um sich oder die Technik nicht zu gefährden.

Normalerweise kommen in Netzwerken erst ab 1 Gbit/s Übertragungsgeschwindigkeit Laser zum Einsatz, aber das kann in besonderen Fällen auch schon auf Netze mit 100 Mbit/s zutreffen.

Laserstrahlen schädigen Gewebe, auch wenn sie nur über eine scheinbar sehr geringe Leistung verfügen. Doch die punktförmig einwirkende Energie kann ausreichen, um im Auge die Netzhaut, gegebenenfalls auch die Hornhaut, dauerhaft zu schädigen. Nicht alle Laserstrahlen liegen im Bereich des sichtbaren Lichtes. Die Bereiche von 1500 nm bis 1300 nm sind für das menschliche Auge nicht erfassbar. Nur die Wellenlänge von 850 nm wird als rot wahrgenommen. Beachten Sie das Warnzeichen (Abbildung 2.38)!

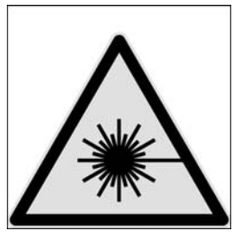

Abbildung 2.38 Warnung vor Laserstrahl

Schutzmaßnahmen bei LWL-Netzwerkanlagen

- Blicken Sie niemals in offene LWL-Buchsen oder Stecker!
- Verschließen Sie LWL-Buchsen an Medienkonvertern, Patchfeldern und Switches stets mit den passenden Schutzkappen, wenn kein Kabel angeschlossen wird!
- Installieren Sie LWL-Netzwerkkomponenten möglichst außerhalb allgemein zugänglicher Räume!
- Sichern Sie LWL-Mess- und Prüfgeräte in Arbeitspausen!

Offene LWL-Kabelenden sind gefährlich! Berühren Sie besonders die kleinen Abschnitte nicht, die bei Verkabelungsarbeiten anfallen. Glasmantel und -kern durchdringen bei senkrechtem Druck mühelos Ihre Haut. Die Glasteile können nicht operativ entfernt werden. Der Körper kann sie nur über eine Abstoßungsreaktion loswerden, die mit Entzündungen und Eiterungen verlaufen kann. Das Einatmen von Glasfaserabschnitten und Schleifstaub (Steckerbearbeitung) schädigt Ihre Lunge, genauso die Verdauungsorgane bei der Aufnahme über Nahrung und Trinken!

Schutzmaßnahmen vor Verletzungen durch Glasfaserteile

- Berühren Sie niemals die Enden einer Glasfaser (Abbildung 2.39)!
- Reinigen Sie nach Arbeiten am Glasfasernetz das Umfeld der »Baustelle« sorgsam von Faserresten und Schleifstaub. Wirbeln Sie hierbei keine Teilchen auf! Verwenden Sie feuchte Reinigungstücher und -lappen, und entsorgen Sie diese anschließend in verschließbaren Plastiksäcken.
- Essen und trinken Sie nicht im Umfeld von Arbeiten an Glasfaserleitungen! Lagern Sie an solchen Stellen auch keine Nahrungsmittel.

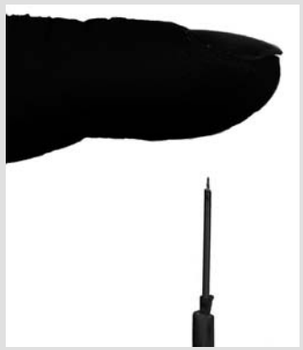

Abbildung 2.39 Verletzungsgefahr an offenen LWL-Kabelenden

Achten Sie auf Sauberkeit im Umfeld von LWL-Anschlusskomponenten. Mit Staub, Schmierfilm oder Kratzern überzogene Stecker und Buchsen mindern die Übertragungsqualität und führen zu Störungen bei der Datenübertragung.

Schutz der Glasfasertechnik vor schädlichen Einflüssen

- Verschließen Sie unbenutzte Steckerenden und Buchsen von LWL-Komponenten stets mit den zugehörigen Schutzkappen.
- Berühren Sie Steckerenden niemals mit dem Finger (Abbildung 2.40)!
- Vermeiden Sie Staub und Kondensatbildung (Wasser- und Fettdampf) im Umfeld von LWL-Komponenten.
- Verschmutzte Austrittsflächen an LWL-Steckern reinigen Sie mit reinem Isopropylalkohol. Andere Reiniger haben Zusatzstoffe (Seifen, Duftstoffe), die einen Schmierfilm bilden und zurückbleiben.
- Decken Sie bei Bauarbeiten LWL-Komponenten staubdicht ab.
- Quetschen und knicken Sie keine LWL-Kabel.

- Unterschreiten Sie die Biegeradien nicht! Wird der Biegeradius unterschritten, findet die Reflexion der Lichtwellen am Übergang vom Glaskern zum Glasmantel nicht mehr statt. Der Licht- oder Laserstrahl trifft in das Primärcoating. Die Verbindung wird mit Dämpfung beaufschlagt oder unterbrochen.
- Wenden Sie bei LWL-Steckverbindungen keine Gewalt an! Die Ferrule kann beschädigt werden, und es platzen Teile im vorderen Bereich ab. Genauso gut aber können LWL-Buchsen ausleiern. Der Licht- oder Laserstrahl wird dann nicht mehr genau zentriert.

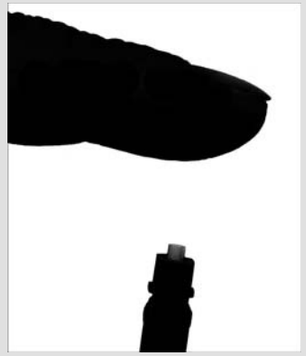

Abbildung 2.40 Hier droht Gefahr für LWL-Komponenten!

2.2.6 Aufbau eines einfachen Leitungs- und Kabeltesters

Wenn Sie einmal vor einem Bündel unbeschrifteter Glasfaserkabel sitzen, die von allen möglichen Räumen ankommen, hilft Ihnen ein kleines Gerät (Abbildung 2.41) vielleicht weiter. Leitungssuchgeräte, wie aus der Kupfertechnik bekannt, scheiden bei Glasfasern leider aus.

Abbildung 2.41 Eigenbau-LWL-Tester mit Adapterkabel ST

Das Innenleben des Testers besteht aus einer Blinkschaltung für LEDs (Bausatz vom Elektronikversender). Die LED wird gegen einen anderen, sehr hellen Typ gleicher Stromaufnahme (hier 20 mA) getauscht. Bohren Sie den Korpus der LED vorsichtig ein Stück auf, sodass anschließend eine 2,5-mm-Ferrule eines ST-Steckers gut sitzt. Sie können auch einen LED-LWL-Geber für 850 nm Wellenlänge benutzen, wenn erhältlich. Bauen Sie die Schaltung zusammen mit einer Batteriehalterung und einem Schalter in ein Kleingehäuse ein – fertig!

Sie können das Gerät um einen passenden Satelliten ergänzen, der mittels Fototransistor eine Signaleinrichtung schaltet (LED, Summer ...).

2.2.7 Prüfen von LWL-Kabeln und -Verbindungen

Mit dem Eigenbau-LWL-Tester können Sie einfach Patchkabel »auf Durchgang« prüfen. Stecken Sie hierzu ein Ende des Kabels an den Tester, und ermitteln Sie am anderen Ende den Stecker mit dem Lichtaustritt. Markieren Sie die zutreffende Faser an beiden Kabelenden am Kabelmantel. Für MTRJ- und LC-Stecker müssen Sie sich einen Adapter fertigen (lassen) oder besorgen.

Wenn Sie in der Gebäudeverkabelung LWL-Leitungen auf Durchgang prüfen oder ganz einfach eine Leitung suchen möchten, sollten Sie sich an folgenden Arbeitsschritten orientieren:

Prüfen und Suchen in der LWL-Gebäudeverkabelung

- **Vorbereitungen am Patchfeld**: Grenzen Sie den Bereich der zu prüfenden Anschlüsse ein (Stockwerk, Zimmer).
- **Vorbereitungen bei der LWL-Anschlussdose im »Zielraum«**: Stellen Sie sicher, dass sich keine Komponenten (Medienkonverter, Switch mit LWL-Uplink, PC mit LWL-Netzwerkkarte) in Betrieb befinden und an das LWL-Netz angeschlossen sind. Es besteht sonst unter Umständen eine Verletzungsgefahr für die Augen!
- **Netzwerkdose**: Verbinden Sie mit dem LWL-Einzelfaserkabel die beiden Buchsen der Strecke. (Netzwerkdosen sind in der Regel immer duplex.)
- **Patchfeld**: Stellen Sie eine Verbindung des Testers mittels Einfaserkabel mit dem vermutlich zutreffenden Steckplatz her. In der unbenutzten Buchse des Duplexanschlusses sollten Sie das (blinkende) Lichtsignal sehen können, wenn die Strecke in Ordnung ist (Hin- und Rückleitung). Andernfalls lassen Sie den Tester eingeschaltet und sehen bei der Netzwerkdose nach, ob dort das Lichtsignal ankommt. Gegebenenfalls ist eine Faser falsch aufgelegt oder unterbrochen.

Wenn Sie Messungen (Dämpfung, Länge, Qualität) vornehmen wollen, benötigen Sie ein Messgerät wie das in Abbildung 2.28.

2.3 Datenübertragung per Funktechnik

Mit der Funktechnik können Sie auf verschiedene Arten Daten übertragen. Viele Funkdienste (im Sinne der VO Funk) übertragen Text, Bild, Ton und Daten aller Art digital per Funk. Von den Mobilfunknetzen (GSM, UMTS oder auch WIMAX) werden Datenübertragungsdienste gegen Gebühr angeboten. Außer den Funkdiensten im klassischen Sinne kennen Sie sicherlich das verbreitete WLAN.

2.3.1 WLAN (Wireless LAN, Wi-Fi)

Mit dem WLAN zog das Internet in die Haushalte ein. Kabelloses Surfen öffnete die PCs der Privatkunden für den Anschluss an die weite Welt. WLAN beschäftigt elektrosensitive Menschen genauso wie die Gerichte, die hierzulande mit einer recht uneinheitlichen Rechtsprechung über »Schwarzsurfen« und missbräuchliche Nutzung von WLAN-Zugängen nicht gerade für Rechtssicherheit sorgen. Ganz allgemein gesagt, ist die Datenübertragung in der Regel langsamer als bei kabelgebundenen Netzen. WLAN-Netze sind auch oftmals das Ziel von Angriffen. Sie erkennen, dass hier verschiedene Interessen aufeinanderprallen. Lesen Sie aber zunächst die technischen Details.

Technische Details des WLANs

- **Frequenzbereich und Sendeleistung**:
  2400–2450 MHz mit 100 mW effektiv abgestrahlter Leistung 5150–5250 MHz mit 200 mW effektiv abgestrahlter Leistung, nur innerhalb geschlossener Räume, die Anwendung darf andere Nutzer des Frequenzbereichs nicht stören.
- **Antennen**:
  Als Antennen kommen sowohl Rundstrahl- als auch kleine Richtantennen zum Einsatz. Dabei darf die vorgegebene effektive Strahlungsleistung (EIRP) nicht überschritten werden. Der Antennengewinn wird hierbei hinzugerechnet.
- **Einschränkungen**:
  Die genannten Frequenzbereiche werden auch von anderen Nutzern belegt (Shared Medium). Insofern sind Störungen bzw. Leistungsminderungen bei der Datenübertragung möglich. Außerdem kann es bei einer hohen Dichte von WLAN-Nutzern ebenfalls zu Ressourcenengpässen kommen.
- **Übertragungsrate/Reichweite**:
  Die Übertragungsrate beträgt standardmäßig maximal 54 Mbit/s (schnellere Verfahren bis 600 Mbit/s). Die Reichweite wird bis maximal 250 m angegeben.
- **Normen**:
  IEEE 802.11 (a–y) (Tabelle 2.11)

- **Endgeräte**:
  eingebaut in Notebooks, USB-Sticks, PCMCIA- und Cardbus-Steckkarten für Notebooks, Erweiterungskarten für PCs
- **Netzwerkkomponenten**:
  WLAN-Zugangspunkte und WLAN-Router

Auch das WLAN hat sich über die Jahre weiterentwickelt, und das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) hat dafür entsprechende Standards definiert (siehe Tabelle 2.11).

Norm IEEE 802.11	Merkmale
–	maximal 2 Mbit/s, 2,4 GHz-Band, veraltet
a	54 Mbit/s (effektiv ca. 50 % davon), 5 GHz
b	11 Mbit/s (effektiv ca. 50 % davon), 2,4 GHz, bei Altgeräten noch im Einsatz
g	54 Mbit/s (effektiv ca. 40 % davon), 2,4 GHz, sehr verbreitet
h	Der Standard 802.11a wurde um die Kontrolle der Senderausgangsleistung (TPC) und die dynamische Frequenzwahl (DFS) erweitert. Besonders außerhalb von Gebäuden könnten sonst Satelliten-, Ortungs- und Radaranwendungen, z. B. die der Flugsicherung, gestört werden.
n	600 Mbit/s, 2,4 GHz und 5 GHz, beherrschen immer mehr Neugeräte (2010)
p	27 Mbit/s, 5,8 GHz, für die Vernetzung von Fahrzeugen untereinander
ac	Schnellere Datenübertragung mit 1,3 GBit/s brutto. Nur für den 5-GHz-Frequenzbereich, benutzt Kanalbandbreiten von 80 MHz bzw. 160 MHz.
ad	»Kurzstrecken«-WLAN im 60-GHz-Band. Die Reichweite ist auf wenige Meter beschränkt, also etwa auf den Bereich eines durchschnittlich großen Zimmers. Datenrate brutto bei 6 GBit/s.
ah	Standard in Einführung, arbeitet im 900-MHz-Bereich. Reichweite bis 1 km. Soll für das »Internet der Dinge« verwendet werden, also der Kommunikation von Fahrzeugen, Maschinen und Geräten untereinander, nicht aber klassischen Netzwerkanwendungen dienen.

Tabelle 2.11 Auswahl von gängigen WLAN-Normen

2.3.2 Datenübertragung über öffentliche Funknetze

Die Datenübertragung über die Mobilfunknetze bietet Ihnen den Internet- und Netzwerkzugriff ohne ortsfeste Anbindung. Sonderfälle ortsfester Datenfunknutzer stellen Mess- und Überwachungsgeräte außerhalb vorhandener Infrastrukturnetze dar, z. B. Pegelmesser an Gewässern, Wetterstationen, aber auch Notrufeinrichtungen von Aufzügen sowie Backup-Verbindungen von Brandmeldeanlagen. Dabei stehen Ihnen je nach Angebot vor Ort verschiedene Leistungsmerkmale zur Verfügung:

Leistungsmerkmale der Datenübertragung über Mobilfunknetze

- **CSD**: 9,6 bis 14,4 kbit/s, leitungsvermittelt
- **HSCD**: bis 57,6 kbit/s (je Richtung 28,8 kbit/s), Kanalbündelung
- **GPRS**: 53,6 kbit/s, paketorientiert
- **EDGE**: je Zeitschlitz 59,2 kbit/s, praktisch 220 kbit/s Download, 110 kbit/s Upload (erweitert GPRS zu E-GPRS und HSCD zu ESCD)
- **UMTS**: 144 bis 384 kbit/s
- **HSDPA**: 1,8 Mbit/s (veraltet), 3,6 Mbit/s und 7,2 Mbit/s
- **LTE**: Nachfolger von UMTS und UMTS-Erweiterungen, 100 Mbit/s Download, 50 Mbit/s Upload in den ersten verfügbaren Netzen (2010)
- **LTE-Advanced**: Nachfolger von LTE, erwartet: 1 Gbit/s Download

Als Endgeräte finden Sie meist diverse USB-Sticks im Handel. Einsteckkarten für PCs oder Router bieten nur Spezialausrüster an. Sie finden aber auch WLAN-Router mit einem USB-Steckplatz für einen HSDPA-Stick.

Falls Sie einen Internetzugang in einer DSL-freien Zone (auch ohne LWL-Anschlussmöglichkeit) benötigen, ist in einigen Gebieten vielleicht WIMAX (nach IEEE 802.16) eine Alternative. Der in Deutschland genutzte Frequenzbereich liegt bei 3,5 GHz, die maximale (theoretische) Datenrate beträgt 3,5 Mbit/s. Von den Anbietern werden Ihnen Download-Raten von 1 oder 2 Mbit/s angeboten. Verbesserungen sind in Entwicklung, Standard: IEEE 802.16j-2009.

2.3.3 Powerline Communication (PLC)

Warum verwenden Sie nicht einfach die schon vorhandenen Stromleitungen für den Datentransport? Sie müssen keine zusätzlichen Kabel durch Büros oder auch heimische Wohnstuben ziehen. Einfach einstecken – und die PCs sind verbunden. Die Werbung flüstert es Ihnen so ein. Zumindest eines stimmt: Sie brauchen keine zusätzlichen Datenkabel. Was nicht in den bunten Prospekten steht, lesen Sie in den nächsten Zeilen.

PLC dient dem Datentransport über Stromversorgungsleitungen. Das Verfahren war schon in der »vordigitalen« Ära zum Ansteuern von »Nachtstromverbrauchern« (Nachtspeicheröfen, Waschmaschinen ...) in Benutzung und arbeitete ursprünglich bis zu einer Frequenz von 148,5 kHz (damit konnten Schwachlasttarife überhaupt erst verwirklicht werden). Mit der Erweiterung der Nutzung auf die Anbindung von Haushalten an das Internet bzw. zur Datenkommunikation innerhalb eines Betriebs/Haushalts wurden die Nutzfrequenzen angehoben. Es werden mittlerweile bis zu 200 Mbit/s als Übertragungsrate erzielt.

Mit PLC-Geräten können Sie Störungen des Rundfunkempfangs und anderer Funkdienste in Ihrer Umgebung verursachen, da die benutzten Stromleitungen in der Regel nicht abgeschirmt sind und daher wie Sendeantennen wirken. Funkstellen in der Nachbarschaft, die auf den gleichen Frequenzen arbeiten, können wiederum die Datenübertragung stören oder gar unmöglich machen. Geräte mit schlechter Funkentstörung verringern die Übertragungsrate genauso wie mehrere PLC-Anwender an einer Phase (bis zum Zähler- oder Hausanschluss, teilweise auch grundstücksübergreifend). In letzterem Fall kommt übrigens hier wie beim 10Base2 der CSMA-Zugriff zum Einsatz.

PLC-Modems verschiedener Hersteller arbeiten nicht immer zusammen. Selbst bei unterschiedlichen Modellreihen aus dem gleichen Haus konnte dies schon beobachtet werden. Es besteht die Gefahr, dass Überspannungen aus natürlichen und technischen Quellen den PLC-Adapter beschädigen und gegebenenfalls auf das angeschlossene Gerät (PC, Modem) durchschlagen. Im gewerblichen/beruflichen Bereich ist die Anwendung von PLC für Datennetze ohne Bedeutung, bei der Energieversorgung wird sie im Zusammenhang mit den *Smart Grids* an Bedeutung gewinnen, hier im Normalfall aber bei geringen Datenraten und niedrigen Frequenzen.

In Sonderfällen (Maschinenbau) können Sie die PLC-Technik zusammen mit geschirmten Stromkabeln aber gut einsetzen. Setzen Sie entsprechende Sperrmittel ein, damit die Signale nicht in das ungeschirmte Stromnetz eintreten können. Treffen Sie Maßnahmen, dass Überspannungen nicht zu Folgeschäden bei den Datenverarbeitungseinrichtungen führen. Prüfen Sie durch Messungen, ob die strom- und signalführende Leitung frei von störenden Impulsen ist (Elektromotoren, Steuerungen, Lampendimmern ...). Ist das nicht der Fall, müssen Sie ein »sauberes« Stromnetz aufbauen, das frei von den genannten Störungen ist.

2.4 Technische Anbindung von Rechnern und Netzen

Am Ende eines Netzwerkkabels finden Sie immer eine Vorrichtung, die die Daten zum Nutzsignal aufbereitet. Auch in Hubs und Switches finden Sie die als *Transceiver* (Kunstwort aus *Transmitter* und *Receiver*) bezeichneten Vorrichtungen. Die Schnittstelle zwischen dem Transceiver und dem weiteren Gerät trägt in Abhängigkeit von der Übertragungsgeschwindigkeit eine eigene Bezeichnung:

- *Attachment Unit Interface* (AUI) bei 10 Mbit/s
- *Media Independent Interface* (MII) bei 100 Mbit/s
- *Gigabit Media Independent Interface* (GMII) bei 1 Gbit/s
- *10 Gigabit Media Independent Interface* (10G-MII)

Sie finden die technischen Vorrichtungen unter anderem auf Netzwerkkarten, im Innenleben von USB-Sticks oder auf den Hauptplatinen von Rechnern.

2.5 Weitere Netzwerkkomponenten

Sie machen irgendwann auch einmal Bekanntschaft mit weiteren Netzwerkkomponenten, die entweder durch den Fortschritt bereits überholt sind oder einfach seltener eingesetzt werden. Wichtig ist, dass Sie einfach wissen, dass es diese Dinge gibt und wofür man sie einsetzt:

- **Repeater** gehören zum Layer 1 des OSI-Schichtenmodells. Ihre Aufgabe besteht in der Umgehung von Längenbegrenzungen einzelner Netzwerksegmente mit gleichem Medium. Das Signal wird hier nicht nur pegelmäßig verstärkt, sondern auch wieder mit der notwendigen Flankensteilheit versehen, also »aufgefrischt«. Hat ein Repeater mehrere Anschlüsse, spricht man auch von einem *Hub* (diese sind in dieser Reinform aber nicht mehr gebräuchlich, sondern wurden in der Praxis durch die Switches abgelöst).
- **Medienkonverter** verbinden verschiedenartige Übertragungsmedien miteinander. An zentraler Stelle kommen sie meist unmittelbar neben Switches mit Kupfertechnik vor, wenn wegen größerer Streckenlängen auf Glasfaser umgesetzt werden muss. Am anderen Ende der Strecke, z. B. in einem Büro, wird wiederum auf Kupfer umgesetzt. Dazu werden entweder einzelne Medienkonverter verwendet (ein Switch-Port = ein Anschluss = volle Geschwindigkeit), oder es wird ein Mini-Switch mit LWL-Port mit gebräuchlicherweise fünf oder acht Anschlüssen eingesetzt. (Einen Switch-Port teilen sich im Extremfall fünf oder acht Teilnehmer, entsprechend langsamer sind diese angebunden.)
- **Hubs** stellen den Netzknoten bei der Twisted-Pair-Verkabelung dar. »Blanke« Hubs ohne weitere Ausstattung sind nichts anderes als eine Art Sammelschiene für die sternförmig abgehenden Netzwerkleitungen. Das Signal wird wie in einem Repeater behandelt.

2.6 Zugriffsverfahren

Sobald sich mehr als zwei Partner ein Medium (WLAN, Koaxialkabel-Netz, Hub) teilen, benötigen Sie Verfahren, die das Miteinander regeln. Sie dürfen das direkt mit dem klassischen Funkverkehr vergleichen, bei dem sich die Partner gegenseitig zum Senden auffordern müssen oder eine Leitstelle für »Funkdisziplin« sorgt.

2.6.1 CSMA/CD, Kollisionserkennung

Wenn Sie Rechner über »geteilte« Medien verbinden, kommt es leicht vor, dass zwei oder mehrere Teilnehmer gleichzeitig senden. Der sendende Transceiver erkennt dies anhand der Signalspannung zwischen den eigenen Zeichen und gibt das *JAM-Signal* auf das Medium. Alle weiteren Teilnehmer erkennen nun, dass es zu Kollisionen gekommen ist, und stellen ihre Aussendungen zunächst ein bzw. verharren »auf Empfang«. Durch gesetzte Timer bleibt dieser Zustand für kurze Zeit bestehen, und eine Station beginnt nun mit ihrer Aussendung. *CSMA/CD* (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) begegnet Ihnen bei 10-Mbit/s-Netzen (10Base-5, 10Base2 und 10Base-T mit Hub).

2.6.2 CSMA/CA, Kollisionsvermeidung

Bei WLAN-Netzen werden Kollisionen von vornherein vermieden. Erkennt die Funkeinrichtung, dass kein anderer den Kanal belegt, wird er mit dem *Request-to-send-Signal* (*RTS*) reserviert. Kommt keine Kollision zustande, halten sich alle weiteren Partnerstationen mit dem Senden zurück, und die Funkeinrichtung beginnt mit der Datenübertragung. Nach der Übertragung der Nutzlast wird der Kanal mit dem *Clear-to-Send-Signal* (*CTS*) wieder für andere Nutzer freigegeben.

2.7 Prüfungsfragen

1. Welche Betriebsgefahren gehen von LWL-Netzwerkanlagen aus?
2. Warum sollten Sie niemals ungeschirmte Netzwerkkabel (UTP) verwenden?
3. Mit welcher Maßnahme wird in WLAN-Netzen verhindert, dass mehrere Stationen gleichzeitig senden?
4. Sie sollen ein Netzwerk errichten, über das sehr vertrauliche Daten übertragen werden. Auf welche Übertragungstechniken sollten Sie dabei verzichten?

Die Auflösungen finden Sie in Anhang B, »Auflösungen zu den Prüfungsfragen«.