Gerhard Lienemann · Dirk Larisch

TCP/IP
Grundlagen und Praxis

Protokolle, Routing, Dienste, Sicherheit

→ 2., aktualisierte Auflage

Gerhard Lienemann arbeitete seit 1991 für etwa 12 Jahre als Netzwerkadministrator in einem produzierenden Betrieb bevor er dann ins technische Management wechselte. Seit dem war er zunächst zuständig für operative Kommunikationssicherheit und übernahm dann zusätzlich die Betreuung eines europäischen Netzwerkteams. In dieser Funktion ist er bis heute tätig.

Dirk Larisch hat nach dem Studium der Informatik eine Anstellung bei einem der größten deutschen Buchverlage angetreten. Seit mittlerweile über 23 Jahren ist er im EDV-Bereich zweier Krankenhäuser und bei der größten deutschen Krankenkasse tätig bzw. tätig gewesen. Neben seiner Tätigkeit als IT-Leiter führt er auch Systemverwaltertätigkeiten für die eingesetzten, heterogenen Netzwerke und Systeme durch.

Die aus seiner täglichen Arbeit rekrutierenden Erfahrungen und die angeeigneten Kenntnisse hat er in einer Vielzahl von Fachartikeln und Büchern niedergeschrieben, wobei bis zum heutigen Tag im In- und Ausland über 70 Bücher veröffentlicht worden sind.

Gerhard Lienemann · Dirk Larisch

TCP/IP – Grundlagen und Praxis

Protokolle, Routing, Dienste, Sicherheit

2., aktualisierte Auflage

Heise

Gerhard Lienemann
gerd@lienemann-net.de

Dirk Larisch
tcpip.dpunkt@larisch.info

Lektorat: Dr. Michael Barabas
Copy-Editing: Alexander Reischert, Köln
Herstellung: Birgit Bäuerlein
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de
Druck und Bindung: Media-Print Informationstechnologie, Paderborn

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN
Buch 978-3-944099-02-6
PDF 978-3-944099-11-8
ePub 978-3-944099-12-5

2., aktualisierte Auflage 2014
Copyright © 2014 Heise Zeitschriften Verlag GmbH & Co KG, Hamburg

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.
Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardwarebezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.
Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0

Vorwort

Als wir vom Verlag auf eine Neuauflage angesprochen wurden, sollten wir uns Gedanken darüber machen, an welchen Stellen etwas aktualisiert oder ergänzt werden muss. Dies kam uns zunächst merkwürdig vor. Was sollte an einem Buch geändert oder gar ergänzt werden, das sich mit einer mittlerweile über 40-jährigen (und eigentlich ausgereiften) Technologie beschäftigt? Aber sehr schnell wurde klar, dass sich auch bei einem Thema TCP/IP und all' seinen Facetten bereits in den zurückliegenden drei Jahren seit der Erstveröffentlichung dieses Buches viel getan hat. So mussten wir uns klar machen, dass wir viele Veränderungen unbewusst ausgeblendet haben, weil wir sie als selbstverständlich erachten.

Und so haben wir an vielen Stellen dieses Buches Ergänzungen oder Aktualisierungen vorgenommen, die Ihnen, liebe Leser, helfen sollen, bestimmte Zusammenhänge besser zu verstehen, aber gleichzeitig auch ein Werk in Händen zu halten, das auf dem Stand der aktuellen Entwicklungen ist.

Sie erfahren beispielsweise mehr über die neuesten Entwicklungen in der WLAN-Technologie (n-Standard!) oder auch im Bereich der DSL-Technik (Vectoring!). Ausgelöst durch aktuelle Diskussionen der letzten Monate (NSA lässt grüßen!), wurde das Thema Sicherheit an verschiedenen Stellen ausführlicher dargestellt, um Sie an der ein oder anderen Stelle auch zu sensibilisieren und zu versuchen, Vertrauen wieder aufzubauen. Zum Thema »Internet der Dinge« (*internet of things*) haben wir ein eigenes Kapitel aufgenommen, um damit auch zu dokumentieren, dass TCP/IP uns mittlerweile bei vielen Dingen und Geräten des täglichen Lebens begleitet.

So bleibt uns an dieser Stelle nur noch der Ausruf: TCP/IP lebt! Leben Sie es mit!

Dirk Larisch und Gerhard Lienemann
im November 2013

Vorwort zur ersten Auflage

Die TCP/IP-Protokollfamilie stellt heute den wesentlichen Kern jeglicher Kommunikation in weltweit umspannenden Netzwerken, aber auch in lokalen Netzwerken dar. Bereits in den Anfängen des ARPANET, der »Mutter aller Netzwerke«, das Ende der 60er Jahre aus nur vier Rechnern bestand (jeweils ein Rechner in der University of Utah, im Stanford Research Institute, in der University of Santa Barbara und in der University of Los Angeles), wurden die Grundsteine des TCP/IP gelegt. Ab 1978 begann die konsequente Einführung der TCP/IP-Protokollfamilie innerhalb des ARPANET, die schließlich 1983 abgeschlossen war. Ein Jahr zuvor wurde, damals aus primär wissenschaftlich orientierten Netzwerken, das *Internet* »ins Leben gerufen«, das von Anfang an auf TCP/IP-Protokollen basierte.

TCP/IP und das Internet – nichts gehört scheinbar so eng zusammen, wie es diese beiden Schlagworte der Computerindustrie auszudrücken versuchen. Das Internet profitiert von TCP/IP und wiederum TCP/IP von der sich exponentiell vergrößernden Internetgemeinde. Seit den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts hat sich TCP/IP zu dem Standardprotokoll schlechthin entwickelt. So muss sich heutzutage jeder Systemverantwortliche mit TCP/IP und seinen vielfältigen Merkmalen und Funktionen auseinandersetzen. Und genau dabei soll das vorliegende Buch helfen. So werden im Verlauf dieses Buches Netzwerkprotokolle und -verfahren wie IP (*Internet Protocol*), TCP (*Transmission Control Protocol*), DNS (*Domain Name System*), SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) oder auch HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) erläutert und deren Bedeutung für den praktischen Einsatz ausführlich dargestellt.

Das vorliegende Buch ist ein Versuch, die Materie des mittlerweile weltbekannten Protokolls in leicht verständlicher Form und – vor allen Dingen – an der Praxis orientiert zu vermitteln. Insbesondere richtet sich das Buch an den unbedarften Anwender, der bis dato mit der Materie TCP/IP noch nicht konfrontiert worden ist, sich jedoch gerne damit auseinandersetzen möchte. Des Weiteren soll das Buch aber auch demjenigen als Hilfe dienen, der zwar erste Berührungspunkte mit dieser Thematik hatte, dem jedoch die Zusammenhänge fehlen. Ob es uns gelungen ist, Sie mit diesem Buch in die *Welt des TCP/IP* zu »entführen«, obliegt Ihrer Beurteilung.

Bleibt uns nur noch, Ihnen viel Spaß beim Studium zu wünschen, verbunden mit der Hoffnung, dass es Ihnen den Inhalt vermittelt, den Sie sich erhoffen.

Dirk Larisch und Gerhard Lienemann
im Oktober 2010

Inhaltsverzeichnis

1 Netzwerke

Zu Beginn der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts, als der Siegeszug der Personalcomputer begann, dachte niemand daran, derartige einzelne Arbeitsplätze in Form eines Netzwerks zu kombinieren. Stellten diese doch zu der Zeit vielmehr ein individuelles Hilfsmittel für bestimmte, ausgewählte Mitarbeiter dar; einen deutlichen Prestigegewinn konnte jeder verbuchen, dessen Schreibtisch ein PC »zierte«. Die nächste Investition führte in der Regel zur Anschaffung eines Druckers. Als jedoch der Gerätepark in den Büros immer mächtiger wurde, wurde relativ schnell klar, dass es sicher kostengünstiger wäre, ein *Ressourcen-Sharing* (Teilen der Geräte) vorzunehmen. Anfangs leisteten noch Drucker-Umschalter gute Dienste, die es ermöglichten, einen Drucker von mehreren Arbeitsplätzen aus parallel zu nutzen. Doch schnell zeigten sich ähnliche Fragestellungen in Bezug auf Plotter (die damals Kostendimensionen eines Kleinwagens hatten) oder auch beim Einsatz von Scannern.

Neben dem gewichtigen Problem der »Hardwarevervielfältigung« stellte sich auch immer häufiger die Frage nach gemeinsam zu nutzender Software. Leistungsfähige Softwarepakete waren auch schon damals nicht gerade günstig. Aus diesen und ähnlichen Anforderungen wurde die Idee einer intelligenten Vernetzung von Personalcomputern und Peripheriegeräten und damit einer gemeinsamen Nutzung von Soft- und Hardware geboren. Als Vorbild dienten bereits bestehende, in Ansätzen vergleichbare Vernetzungen von Datenverarbeitungsanlagen, beispielsweise auf Basis der mittleren Datentechnik wie IBMs /36 oder DECs VAX.

In den folgenden Jahren entstand ein vermehrter Bedarf an der Nutzung gemeinsamer Datenpools sowie der Integration entfernter Rechner in einen einzigen logischen Rechnerverbund. Das Großprojekt »PC-Vernetzung« boomte. Zum Teil wurden bekannte (und bereits vorhandene) Netzwerktechnologien und -protokolle genutzt (z. B. TCP/IP); allerdings kamen auch zahlreiche Neuentwicklungen zum Zuge (z. B. IBM LAN-Server oder Microsoft LAN-Manager).

Die Vielfalt an Netzwerken und Netzwerkprotokollen führte im Laufe der Zeit sehr schnell zur Festlegung entsprechender Standards, denn ein Netzwerk besitzt nur dann in ausreichendem Maße kommunikative Eigenschaften, wenn es mit anderen Netzwerken innerhalb des eigenen Unternehmens verbunden bzw. gekoppelt werden oder mit Netzwerken entfernter Standorte Daten austauschen kann.

Schnell entstanden so die ersten lokalen Netzwerke (LAN = *Local Area Network*), die dann nach und nach über entsprechende Anbindungen mehr und mehr zu WAN-Netzwerken (WAN = *Wide Area Network*) ausgebaut wurden.

1.1 Netzwerkstandards

Wie bei jeder Technologie so werden auch im Netzwerkbereich bestimmte Vorgaben, Normen oder Standards benötigt, an denen sich die verschiedenen Entwicklungen orientieren. Bei der Behandlung von Netzwerkstandards sind dies insbesondere das ISO/OSI-Referenzmodell sowie die Normierungen und Vorgaben des IEEE *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (Institut der elektrischen und elektronischen Ingenieure), aber ebenso auch bestimmte Kommentierungen von Entwicklungen, die unter der Bezeichnung RFC (Request For Comment) allgemein üblich und bekannt sind.

1.1.1 OSI als Grundlage

Zur Vereinheitlichung der Datenübertragung wurde das OSI-Referenzmodell geschaffen, das bestimmte Vorgaben für die Kommunikation offener Systeme darlegt. Das OSI-Modell ermöglicht den Herstellern, ihre Produkte für den Netzwerkeinsatz aufeinander abzustimmen und Schnittstellen offenzulegen.

Dies ist somit die Basis für sämtliche Festlegungen im sogenannten ISO- bzw. OSI-Schichtenmodell, wobei die einzelnen Schnittstellen dieser Norm auf insgesamt sieben Schichten, sogenannte Layer, verteilt werden. Jede Schicht wiederum erfüllt bei der Kommunikation eine bestimmte Funktion. Das OSI-Schichtenmodell diente in der Vergangenheit, aber auch heutzutage noch generell als Grundlage für die Kommunikationstechnologie. Dabei liegt der Sinn und Zweck darin, dass die Teilnehmer der Kommunikation (z. B. Rechner) über genormte Schnittstellen miteinander kommunizieren. Im Einzelnen setzt sich das OSI-Referenzmodell aus den folgenden Schichten zusammen:

Schicht 1 – Physical Layer

Auf dem *Physical Layer* (physikalische Schicht) wird die physikalische Einheit der Kommunikationsschnittstelle dargestellt. Diese Schicht (Bit-Übertragungsschicht) definiert somit sämtliche Definitionen und Spezifikationen für das Übertragungsmedium (Strom-, Spannungswerte), das Übertragungsverfahren oder auch Vorgaben für die Pinbelegung, Anschlusswiderstände usw.

Schicht 2 – Data Link Layer

Der sogenannte *Data Link Layer* (Verbindungsschicht) ermöglicht eine erste Bewertung der eingehenden Daten. Durch Überprüfung auf die korrekte Reihenfolge und die Vollständigkeit der Datenpakete werden beispielsweise Übertragungsfehler direkt erkannt. Dazu werden die zu sendenden Daten in kleinere Einheiten zerlegt und als Blöcke übertragen. Ist ein Fehler aufgetreten, werden einfach die als fehlerhaft erkannten Blöcke erneut übertragen.

Schicht 3 – Network Layer

Der *Network Layer* (Netzwerkschicht) übernimmt bei einer Übertragung die eigentliche Verwaltung der beteiligten Kommunikationspartner, wobei insbesondere die ankommenden bzw. abgehenden Datenpakete verwaltet werden. In dieser Vermittlungsschicht erfolgt unter anderem eine eindeutige Zuordnung über die Vergabe der Netzwerkadressen, indem der Verbindung weitere Steuer- und Statusinformationen hinzugefügt werden. In einem Netzwerk eingesetzte Router arbeiten immer auf der Schicht 3 des OSI-Referenzmodells.

Schicht 4 – Transport Layer

Auf dem *Transport Layer* (Transportschicht) werden die Verbindungen zwischen den Systemschichten 1 bis 3 und den Anwendungsschichten 5 bis 7 hergestellt. Dies geschieht, indem die Informationen zur Adressierung und zum Ansprechen der Datenendgeräte (z.B. Arbeitsstationen, Terminals) hinzugefügt werden. Aus dem Grund enthält diese Schicht auch die meiste Logik sämtlicher Schichten. Im Transport Layer wird die benötigte Verbindung aufgebaut und die Datenpakete werden entsprechend der Adressierung weitergeleitet. Somit ist diese Schicht unter anderem auch für Multiplexing und Demultiplexing der Daten verantwortlich.

Schicht 5 – Session Layer

Der *Session Layer* (Sitzungsschicht) ist die Steuerungsschicht der Kommunikation, wo der Verbindungsaufbau festgelegt wird. Tritt bei einer Übertragung ein Fehler auf oder kommt es zu einer Unterbrechung, wird dies von dieser Schicht abgefangen und entsprechend ausgewertet.

Schicht 6 – Presentation Layer

Die Anwendungsschicht (*Presentation Layer*) stellt die Möglichkeiten für die Ein- und Ausgabe der Daten bereit. Auf dieser Ebene werden beispielsweise die Dateneingabe und -ausgabe überwacht, Übertragungskonventionen festgelegt oder auch Bildschirmdarstellungen angepasst.

Schicht 7 – Application Layer

Schicht 7 ist die oberste Schicht des OSI-Referenzmodells (*Application Layer*), auf der die Anwendungen zum Einsatz kommen. Dies ist somit die Schnittstelle zwischen dem System (z.B. Rechner oder sonstige Hardware) und einem Anwendungsprogramm.

1.1.2 IEEE-Normen

Neben dem ISO-Schichtenmodell existieren weitere Vorgaben oder Normen für den Netzwerbereich. Eine wichtige Institution ist dabei das IEEE, was als Abkürzung steht für *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (Institut der elektrischen und elektronischen Ingenieure).

Das IEEE (gesprochen *Ai Trippel I*) ist ein Berufsverband für Ingenieure und ein amerikanisches Normungsgremium, das sich generell mit Festlegungen, Standards und Normen für die Kommunikation auf den beiden untersten Ebenen des OSI-Schichtenmodells (*Physical Layer*, *Data Link Layer*) beschäftigt. Die einzelnen Definitionen in Bezug auf die Datenübertragung werden allesamt unter dem Titel des »Komitee 802« zusammengefasst. Eine der ersten Definitionen des Komitees war die Verabschiedung des Ethernet-Zugriffsverfahrens CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Im Dezember 1980 trat eine spezielle Projektgruppe (802.5) zusammen, um das Zugriffsverfahren für den Token-Ring-Bereich zu standardisieren. Ein Jahr später konstituierte sich dann die Token-Bus-Projektgruppe (802.4). Die zahlreichen IEEE-Arbeitsgruppen sind verschiedenen Themen gewidmet und beschäftigen sich vor allem mit Netzwerktopologien, Netzwerkprotokollen oder Netzwerkarchitekturen. Die wichtigsten der Normen und Arbeitsgruppen sind nachfolgend aufgeführt:

IEEE 802.1

Der IEEE-Standard mit der Bezeichnung 802.1 beschreibt den Austausch der Daten unterschiedlicher Netzwerke. Dazu gehören Angaben zur Netzwerkarchitektur und zum Einsatz von Bridges (Brücken). Zusätzlich erfolgen hier auch Angaben über das Management auf der ersten Schicht (*Physical Layer*). IEEE 802.1 wird in der Fachliteratur auch mit dem Namen *Higher Level Interface Standard* (HLI) bezeichnet.

IEEE 802.1Q

Innerhalb des Arbeitskreises HLI (*Higher Level Interface*) beschäftigt sich die Arbeitsgruppe 802.1Q mit der Definition des Standards für den Einsatz virtueller LANs (VLANs).

IEEE 802.2

Im Arbeitskreis 802.2 wird eine Definition für das Protokoll festgelegt, mit dem die Daten auf der zweiten Ebene des OSI-Modells (*Data Link*) behandelt werden. Dabei wird unterschieden zwischen dem verbindungslosen und dem verbindungsorientierten Dienst. Die Einordnung dieses Standards im OSI-Referenzmodell erfolgt auf Schicht 2.

IEEE 802.3

Dies ist eine Definition, die im Bereich der Netzwerke eine der wichtigsten Vorgaben darstellt, denn mit 802.3 wird neben der Topologie, dem Übertragungsmedium und der Übertragungsgeschwindigkeit auch ein ganz spezielles Zugriffsverfahren beschrieben bzw. vorgegeben: CSMA/CD, was als Abkürzung für *Carrier Sense Multiple Access, Collision Detection* steht. Darüber hinaus werden weitere Definitionen festgelegt, die sich allesamt mit dem Einsatz des Übertragungsmediums befassen (10Base-2, 10Base-5, 10Base-T, 100Base-T, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet usw.).

IEEE 802.3ab

Diese Arbeitsgruppe spezifiziert die notwendigen Vorgaben, um den Einsatz von Gigabit Ethernet auf UTP-Kabeln (*Twisted Pair*) der Kategorie 5 zu ermöglichen.

IEEE 802.3ac

Diese Arbeitsgruppe befasst sich mit MAC-Spezifikationen (*Media Access Control*) und Vorgaben für das Management des Ethernet-Basisstandards, inklusive bestimmter Vorgaben für den Einsatz virtueller LANs (VLANs).

IEEE 802.3an

Im Jahr 2006 wurde der Standard 802.3an verabschiedet, der eine Übertragung von 10 Gbit auf herkömmlichen Kupferkabeln des Typs *Twisted Pair* vorsieht. Beim Einsatz von Cat6-Kabeln können Daten über eine Distanz von 100 Metern übertragen werden, mit Cat5e-Kabeln immerhin noch über eine Distanz von 22 Metern.

IEEE 802.3z

Diese Arbeitsgruppe legt Standards für Gigabit Ethernet fest, insbesondere für den Einsatz von Gigabit Ethernet auf Kupferkabeln der Kategorie 5 (siehe auch 802.3ab), aber ebenso für die Übertragung mittels Glasfaserkabeln.

IEEE 802.4

Während sich 802.3 mit Ethernet beschäftigt, wird in der Definition 802.4 der Token-Bus-Standard proklamiert und entsprechende Festlegungen werden getroffen.

IEEE 802.5

Als Ergänzung zu 802.4 legt dieser Arbeitskreis eine Definition für den Token Ring fest. Dazu zählt die Definition der Topologie, des Source Routing, des Übertragungsmediums und auch der Übertragungsgeschwindigkeit.

IEEE 802.6

Dieser Standard beschreibt ganz allgemein den Einsatz von MANs, also der sogenannten *Metropolitan Area Networks*. Zusätzlich beschäftigt sich diese Gruppe auch mit dem Bereich der DQDB-Protokolle (*Distributed Queue Dual Bus*).

IEEE 802.7

Mit den Festlegungen innerhalb dieser Arbeitsgruppe (*Broadband Technical*) werden bzw. wurden Vorgaben für den Einsatz der Breitbandtechnologie festgelegt.

IEEE 802.8

802.8 beschäftigt sich ausschließlich mit dem Einsatz von Lichtwellenleitern bzw. Glasfaserkabeln (*Fiber Optic*) innerhalb eines Netzwerks.

IEEE 802.9

Die Inhalte dieses Standards beziehen sich auf die Einbeziehung von Sprachübertragung in die allgemeine Kommunikation. Auf diese Art und Weise sollen in einem solchen ISLAN (*Integrated Services LAN*) alle Datenendgeräte (Rechner, Drucker, Telefon, Fax usw.) an einer einzigen Schnittstelle betrieben werden können.

IEEE 802.9a

Die isochrone Technik für die Echtzeitübertragung von Daten im LAN bis an den Arbeitsplatz ist Inhalt dieser Arbeitsgruppe.

IEEE 802.10

Der Arbeitskreis mit der Bezeichnung 802.10 beschäftigt sich vornehmlich mit generellen Sicherheitsfragen. Zu diesem Zweck wurde auch eine entsprechende Vorgabe verabschiedet, die den Namen SILS trägt (*Standard for Interoperable LAN Security*).

IEEE 802.11

Die in 802.11 zusammengesetzte Projektgruppe beschäftigt sich mit dem Einsatz drahtloser LANs (WLAN). Die Ergebnisse wurden in verschiedenen Stufen mit 802.11a, 802.11b oder 802.11n bekannt.

IEEE 802.12

Ergebnis dieser Arbeitsgruppe ist ein Standard für ein 100-Mbit-Verfahren für den Multimedia-Einsatz, das den Namen *Demand Priority* (DP) trägt. Es handelt sich dabei um ein Zugriffsverfahren (vergleichbar mit CSMA/CD aus 802.3), bei dem ein Repeater die einzelnen Datenendgeräte nach Übertragungswünschen abfragt (Polling-Verfahren).

IEEE 802.14

Der Auftrag der 802.14-Arbeitsgruppe besteht bzw. bestand darin, Standards und Normen für den Bereich von Kommunikationsfunktionen in Kabelnetzen (Kabelfernsehen) auszuarbeiten. Diese Bestrebungen sind in der Literatur auch häufig unter der Abkürzung CATV (Cable Television) zu finden.

IEEE 802.15

Die kabellose Anbindung von Rechnern ist Auftrag dieser Arbeitsgruppe. In Erweiterung zur Arbeitsgruppe 802.11, die sich mit drahtlosen LANs (WLANs) beschäftigt, wird in dieser Gruppe die Gesamtheit der kabellosen Anbindungsmöglichkeiten auf Basis des WPAN (*Wireless Personal Area Network*) betrachtet. Darunter fallen beispielsweise Technologien für den kabellosen Einsatz auf kurzen Distanzen (z.B. Bluetooth).

IEEE 802.16

Als Ergänzung zur Arbeitsgruppe 802.15 beschäftigt sich diese Arbeitsgruppe mit der kabellosen Anbindung in der Breitbandtechnik. Bekannt geworden ist diese Technik unter dem Namen WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), die als Alternative zum Festnetz-DSL angesehen werden kann.

HINWEIS

Da der Bereich der Netzwerktechniken ein schnellebiger Markt ist, existieren neben den hier aufgeführten Standards weitere Festlegungen und Arbeitsgruppen (z.B. 802.17, 802.18, 802.23), die jedoch im Rahmen dieses Buches nicht allesamt Erwähnung finden, da sie teilweise für den praktischen Einsatz (zumindest bisher) keine große Rolle spielen.

1.1.3 Sonstige Standards

Die gesamte Entwicklung der TCP/IP-Protokollfamilie wurde von zahlreichen Veröffentlichungen zur Kommunikationsthematik begleitet. Allesamt sind diese bekannt unter dem Namen RFC (*Request For Comment*), was so viel bedeutet wie: »Bitte/Anfrage um Kommentar!«. Die wichtigsten Standards innerhalb der TCP/IP-Protokollfamilie haben sich bereits sehr früh herausgebildet und sind bis heute gültig:

- UDP (User Datagram Protocol)
  RFC 768 – August 1980
- IP (Internet Protocol)
  RFC 791 – September 1981
- TCP (Transmission Control Protocol)
  RFC 793 – September 1981
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
  RFC 821 – August 1982
- TELNET
  RFC 854 – Mai 1983
- RARP (Reverse Address Resolution Protocol)
  RFC 903 – Juni 1984
- FTP (File Transfer Protocol)
  RFC 959 – Oktober 1985
- NetBIOS over TCP/UDP
  RFC 1001/1002 – März 1987
- DNS (Domain Name System)
  RFC 1034/1035 – November 1987
- SNMP (Simple Network Management Protocol)
  RFC 1157 – Mai 1990
- POP3 (Post Office Protocol Version 3)
  RFC 1725 – November 1994
- IMAP (Internet Message Access Protocol)
  RFC 1730 – Dezember 1994

Darüber hinaus gibt es für die Einichtung und den Betrieb lokaler Netzwerke mittlerweile eine Vielzahl von Gesetzen und Vorschriften, die sich auf die Verkabelungssysteme oder auch auf die Grenzwerte bestimmter Messverfahren beziehen. Diese werden nachfolgend der Vollständigkeit halber erwähnt (EN = Europäische Norm), ohne dass wir jedoch an dieser Stelle näher darauf eingehen zu können; dies bleibt weiterführender Literatur vorbehalten.

- EN 50173
  Leistungsanforderungen für strukturierte Verkabelungssysteme
- EN 55022
  Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von informationstechnischen Einrichtungen
- EN 50081-1
  Fachgrundnorm: Störaussendung
- EN 50082-1
  Fachgrundnorm: Störfestigkeit

- EN 187000
  Fachgrundspezifikation: Lichtwellenleiterkabel
- EN 188000
  Fachgrundspezifikation: Lichtwellenleiter

1.2 Netzwerkvarianten

Neben Festlegungen, Standards und Normen entscheiden letztlich der Anwender und natürlich die Industrie über entsprechende Produktpaletten, also welche Formen der Netzwerkvarianten zum Einsatz kommen. Heutzutage kann man festhalten, dass bei sämtlichen Neuinstallationen fast durchweg der Netzwerktyp *Ethernet* zum Einsatz kommt. Was es damit auf sich hat und welche sonstigen Varianten darüber hinaus zur Verfügung stehen (Token Ring, ATM usw.), soll nachfolgend dargestellt werden.

Während sich Ethernet und Token Ring als etablierte LAN-Standards im Laufe der letzten Jahrzehnte in den Unternehmen als verlässliche Kommunikationsgebilde durchgesetzt haben und FDDI bzw. ATM als Hochgeschwindigkeitstechnologie mit hohen Übertragungskapazitäten in Backbones eingesetzt wurden, wurden Fast Ethernet und Gigabit Ethernet für Hochgeschwindigkeits-LANs mit gewachsenen Anforderungen immer bedeutsamer und sind in zahlreichen Netzwerken bereits vollständig implementiert.

Noch Ende des vergangenen Jahrhunderts reichten Ethernet-Kapazitäten von 2 bis 10 Mbit/s und Token-Ring-Geschwindigkeiten von 4 bis 16 Mbit/s für den anfallenden Datenverkehr völlig aus. Diese Situation hat sich mittlerweile jedoch deutlich verändert, da die Übertragung multimedialer Objekte wie Bilder, Grafiken, Video- und Audiosequenzen in Netzwerken immer wichtig geworden ist. Netzwerkstrukturen, die unter den Schlagworten *Corporate Networking*, *Voice over IP* oder *Videoconferencing* zusammengefasst werden, tragen dazu bei, höchste Bandbreiten im lokalen Netzwerk zur Verfügung stellen zu müssen, sodass der Bedarf an Hochgeschwindigkeitstechnologien wie dem Fast Ethernet und dem Gigabit Ethernet mit Kapazitäten von 100 bzw. 1000 und 10.000 Mbit/s nur eine Frage der Zeit war.

Zwar entwickelte man auch für die Token-Ring-Technik Komponenten mit höherer Leistung (*High Speed Token Ring* = HSTR), es zeigte sich aber, dass der Markt diese Technik nur dann annahm, wenn ein Unternehmen, das bereits primär Token-Ring-Netzwerke einsetzte, auf eine deutlich höhere LAN-Geschwindigkeit umstellen musste und den Wechsel zu Ethernet nicht vornehmen wollte.

HINWEIS

Für die TCP/IP-Protokollfamilie sind die Überlegungen zur Auswahl einer Netzwerkvariante zunächst einmal unerheblich, da sich die einzelnen Protokolle sowohl auf Ethernet- als auch auf Token-Ring-Netzwerken abbilden lassen. Dadurch leistet TCP/IP einen entscheidenden Beitrag zur Netzwerkintegration in Unternehmen mit unterschiedlichen LAN-Standards bzw. -Topologien.

1.2.1 Ethernet

Durch Einsatz eines speziellen Zugriffsverfahrens mit dem Namen CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) verdichtete sich bereits in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts der Ethernet-Standard. Dabei repräsentiert Ethernet einen Standard, der physikalisch auf einer reinen Bus-Topologie beruht. Diesen Bus kann man sich als ein Kabel vorstellen, das an seinen beiden Enden durch jeweils einen Abschlusswiderstand terminiert wird (Terminator) und über sogenannte Transceiver dem jeweiligen Endgerät (z.B. Rechner mit Ethernet-Netzwerkcontroller) einen Netzwerkzugang ermöglicht.

Auch wenn es für die Hochgeschwindigkeitstechnologien alternative LAN-Zugriffsverfahren bzw. entsprechende Entwicklungen gab (z.B. 100VG-AnyLAN), hat sich heutzutage Ethernet mit dem CSMA/CD-Verfahren als Grundlage und Standard durchgesetzt. Dabei beruht das CSMA/CD-Verfahren auf folgenden Überlegungen:

Eine Station (Rechner in einem lokalen Netzwerk) möchte Daten übertragen. Zu diesem Zweck versucht sie, über die eingebaute Netzwerkkarte auf dem Übertragungsmedium zu erkennen, ob eine andere Station Daten überträgt (*Carrier Sense*). Wenn das Medium besetzt ist (*Collision Detection*), zieht sich die Station wieder zurück und wiederholt diesen Vorgang in unregelmäßigen Abständen, bis die Leitung frei ist. Dann beginnt sie mit dem Übertragungsvorgang. Alle am Netz befindlichen Rechner überprüfen den *Header* des ankommenden Datenpakets (*Frame*), und nur derjenige, dessen eigene Adresse mit der Zieladresse im Frame übereinstimmt, beginnt mit dem Empfangsprozess (siehe Abb. 1–1).

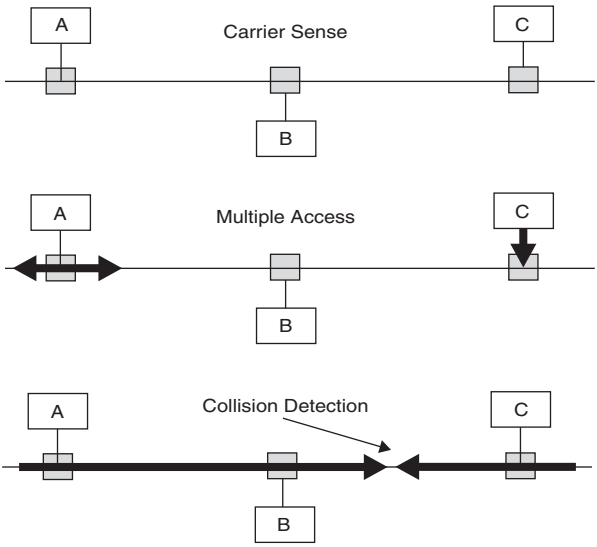

Abb. 1–1 *CSMA/CD-Zugriffsverfahren im Ethernet*

Dabei ist bei der gleichzeitigen Übertragung mehrerer Stationen zu beachten, dass das Prinzip der Kollisionserkennung (*Collision Detection*) dazu führt, dass die erste sendende Station ihren Sendeprozess unmittelbar abbricht und ein Störsignal (Jam-Signal) produziert. Ein erneuter Sendeversuch wird innerhalb zufällig generierter Intervalle wiederholt. Zufällig gebildete Intervalle minimieren das Risiko überproportional steigender Kollisionen. Kommt nach weiteren Sendeversuchen mit unterschiedlich langen Wartezeiten und fünf weiteren, gleich großen Zeitintervallen keine störungsfreie Übertragung zustande, wird die nächsthöhere Protokollschicht informiert und muss nun ihrerseits geeignete Sicherungsmechanismen durchführen.

Bei der Betrachtung des Ethernet-Standards (Version 2) ist zu berücksichtigen, dass dieser leicht vom 802.3-Standard abweicht. Die Differenzen zeigen sich insbesondere in unterschiedlichen maximalen Signalrundlaufzeiten und im Aufbau der Datenpakete (Frames). So befindet sich im Ethernet-Frame auf Byte-Position 20 ein Zwei-Byte-Typenfeld, aus dem das hier eingesetzte höhere Protokoll hervorgeht. Anschließend beginnt der Datenteil. Im IEEE-802.3-Frame hingegen fehlt das Typenfeld. Stattdessen gibt es ein gleich großes Längenfeld, in dem die Gesamtlänge des Frames eingesetzt wird. Anschließend folgt der LLC-Header (Logical Link Control) mit den Daten. Daraus ergibt sich eine Inkompatibilität von Rechnern, die mit diesen beiden Standards arbeiten und miteinander kommunizieren wollen. In Abbildung 1–2 sind die Unterschiede im Frame-Aufbau dargestellt.

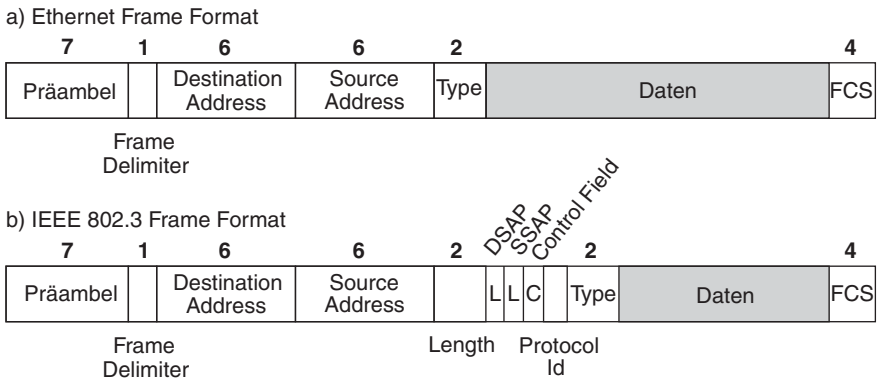

Abb. 1–2 *Unterschiede im Aufbau der Datenpakete*

Fast Ethernet

Fast Ethernet beschreibt einen als IEEE 802.3u definierten Standard, der aus dem klassischen Ethernet hervorgegangen ist. Seine Implementierung wird als 100BaseT bezeichnet und stellt eine Bandbreite von 100 Mbit/s zur Verfügung. 100BaseT beruht auf dem IEEE-802.3-Standard und ist somit in der Lage, beide Geschwindigkeiten, also sowohl 10 Mbit/s als auch 100 Mbit/s, im lokalen Netzwerk zu realisieren. Auch das Frame-Format ist für beide Implementierungen identisch.

Da 100BaseT das gleiche Zugriffsverfahren wie 10BaseT verwendet (CSMA/-CD), ist eine Reduktion der als *Collision Domain* bezeichneten Entfernung zwischen zwei Ethernet-Stationen von etwa 2000 m auf 200 m erforderlich. Das Design einzelner Netzwerksegmente ist abhängig von den für dieses Verfahren eingesetzten Medien. 100BaseTX-, 100BaseFX- und 100BaseT4-Medien unterscheiden sich jeweils im Kabeltyp, in der Anzahl einzelner Adern und in den verwendeten Anschlusstypen.

Gigabit Ethernet

Die unmittelbare Weiterentwicklung von Fast Ethernet stellt Gigabit Ethernet dar. Aus Sicht des ISO/OSI-Layers 2 (*Data Link Control*) in Richtung höhere Protokollschichten ist die Architektur von Gigabit Ethernet mit dem IEEE-802.3-Standard identisch. Allerdings mussten die 1999 neu geschaffenen Standards IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet über Glasfaser) und IEEE 802.3ab (Gigabit Ethernet über Kupferkabel 1000BaseT) hinsichtlich der physikalischen Schicht angepasst werden, damit Geschwindigkeiten von bis zu 1000 Mbit/s erreicht werden können.

Die leicht modifizierte Gigabit-Ethernet-Architektur geht aus Abbildung 1–3 hervor. Eine medienunabhängige Schnittstelle (GMII = *Gigabit Media Independent Interface*) innerhalb der physikalischen Schicht sorgt für Transparenz gegenüber den höheren Protokollschichten.

Das Medium spielt beim Gigabit Ethernet eine herausragende Rolle. Glasfaserkabel (Medien 1000BaseCX, 1000BaseLX und 1000BaseSX) sind aufgrund ihrer Materialbeschaffenheit und der anwendbaren Codierungsverfahren für solch hohe Geschwindigkeiten besonders gut geeignet. Aber auch die am 1000BaseT orientierten Twisted-Pair-Kabel lassen sich für das Gigabit Ethernet verwenden, vorausgesetzt, es werden alle vier Adernpaare für die Signalübermittlung verwendet (für 10BaseT oder 100BaseT sind zwei der vier Adernpaare ausreichend). Während der Einsatz des Glasfaserkabels Übertragungsstrecken bis zu 5000 m erlaubt, verringert sich die Distanz beim 1000BaseT, also beim Kupferkabel, auf etwa 100 m. Dieses ist daher lediglich zur Überwindung kurzer Entfernungen bzw. innerhalb von Verteilerschränken verwendbar.

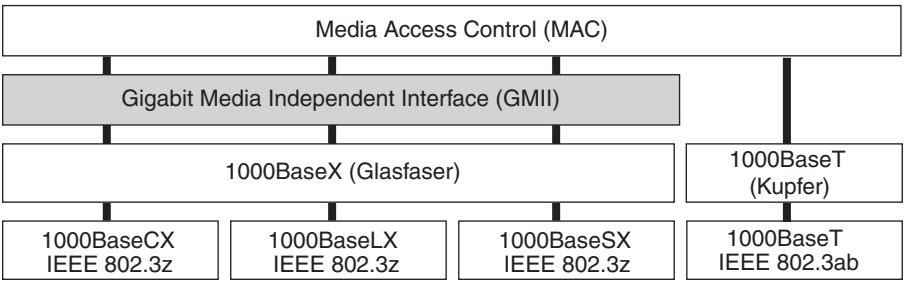

Abb. 1–3 *Darstellung der modifizierten Architektur bei Gigabit Ethernet*