

---

# 1 Netzwerke

Wie wir heute wissen, entwickelte sich die zunächst durch Teilung von Ressourcen begründete Netzwerk-Implementierung in Unternehmen (z.B. durch die Einführung von Abteilungsdruckern oder gemeinsam genutzte Speichermedien) in den letzten zwei Jahrzehnten zunehmend zu einem Umfeld komplexer weltweiter Kommunikation. Dabei wurde bereits recht früh der Grundstein für eine Standardisierung der »Sprache der Kommunikation« gelegt. Mit Gründung des Internets in den frühen 80er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde die Netzwerkprotokollfamilie »TCP/IP« ins Leben gerufen. Sie sorgte dafür, dass Daten zwischen Kontinenten, Ländern und einzelnen Standorten nach festgelegten Kriterien übertragen werden konnten. Das Regelwerk besitzt bis heute seine Gültigkeit und basiert im Wesentlichen auf die in diesem Kapitel dargestellten Standards.

Schnell entstanden die ersten lokalen Netzwerke (LAN = *Local Area Network*), die dann nach und nach über entsprechende Anbindungen mehr und mehr zu standortübergreifenden 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 sind und vom IETF (*International Engineering Task Force*) verwaltet werden.

### 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 Netzeinsatz 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 Netzwerkbereich. Eine wichtige Institution ist dabei das IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

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. Details hierzu können aber auch jederzeit auf der Website des IEEE unter [www.ieee.org](http://www.ieee.org) nachgelesen werden.

### **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.). Der Standard wird in der Ethernet Working Group des IEEE stets erweitert und aktualisiert. Hier einige Beispiele:

**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. Die Standardisierung erfolgte im Jahre 1999.

**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). Die Standardisierung erfolgte im Jahre 1998.

**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 802.3db**

Diese Gruppe innerhalb des neueren Projekts 802.3-2018 beschäftigt sich mit den physischen Spezifikationen und Parametern für den Betrieb von 100-, 200- und 400-Gigabit-Ethernet-Netzwerken via Glasfaser unter Verwendung einer 100-Gigabit-Signalisierung. Dieser Standard wurde am 3. Juni 2020 verabschiedet und hat zunächst eine Laufzeit bis zum 31. Dezember 2024.

**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 Glasfaserkabel. Dieser Standard wurde im Jahre 1998 verabschiedet.

**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 den Einsatz von MANs, also die 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). Auf die einzelnen Basis-Standards dieser Projektgruppe wird in Abschnitt 1.2.2 näher eingegangen.

**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, ZigBee).

**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.

## 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* verwendet wird. Was es damit auf sich hat und welche sonstigen Varianten darüber hinaus zur Verfügung stehen (Token Ring, ATM usw.), wird in Abschnitt 1.2.4 in einer Übersicht dargestellt.

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 wichtiger 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 Gigabit Ethernet mit Kapazitäten von 1.000, 10.000 Mbit/s und mehr 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. Heute ist die Token-Ring-Technologie auf globaler Basis weitgehend verschwunden und wird auch nicht mehr weiterentwickelt, sodass in diesem Buch fast ausschließlich Ethernet als Netzwerkvariante im Detail erläutert wird.

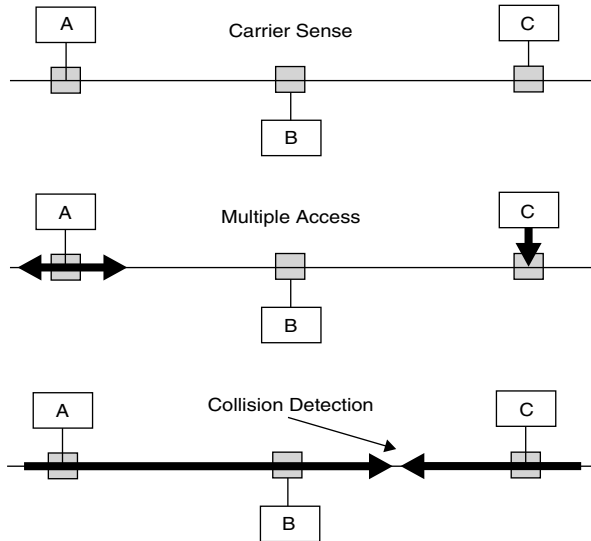
### 1.2.1 Ethernet

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).



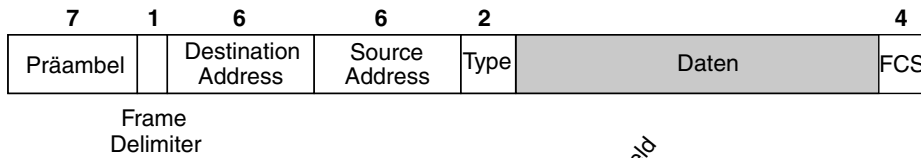


**Abb. 1-1** CSMA/CD-Zugriffsverfahren im Ethernet

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 Sendeveruch wird innerhalb zufällig generierter Intervalle wiederholt. Zufällig gebildete Intervalle minimieren das Risiko überproportional steigender Kollisionen. Kommt nach weiteren Sendeveruchen 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 Signallaufzeiten 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.

a) Ethernet Frame Format



b) IEEE 802.3 Frame Format

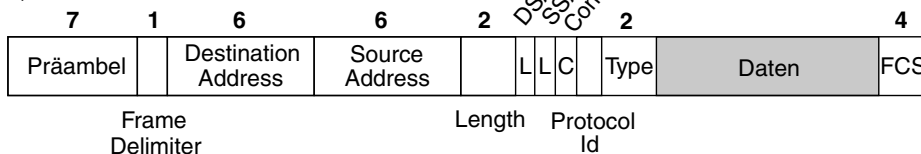


Abb. 1-2 Unterschiede im Aufbau der Datenpakete

**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 Metern auf 200 Metern 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 Anschlussarten. Fast Ethernet hat in den letzten Jahren jedoch deutlich an Bedeutung verloren und wird zunehmend durch die neueren Gigabit-Standards ersetzt. Dies gilt nicht nur für industrielle Netzwerke, sondern auch für die eingesetzten Netzkomponenten im privaten Bereich.

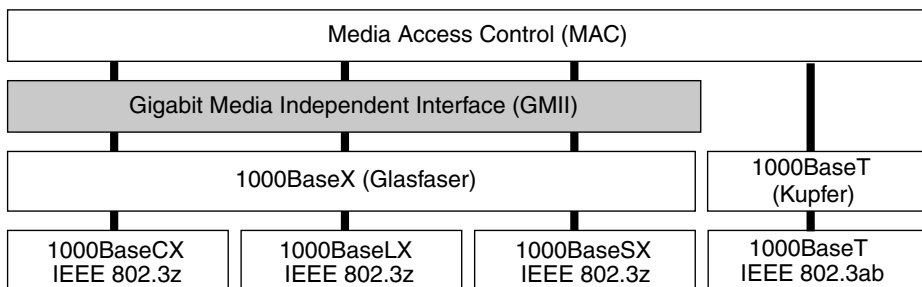
**Gigabit Ethernet**

Die unmittelbare Weiterentwicklung von Fast Ethernet stellt Gigabit Ethernet dar. Aus Sicht des ISO/OSI-Layers 2 (*Data Link Control*) in Richtung höherer 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 Metern erlaubt, verringert sich die Distanz beim 1000BaseT, also beim Kupferkabel, auf etwa 100 Meter. Dieses ist daher lediglich zur Überwindung kurzer Entfernungen bzw. innerhalb von Verteilerschränken verwendbar.



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

Heute beschäftigen sich technische Arbeitsgruppen (z.B. im IEEE im Projekt 802.3) bereits mit der Spezifikation und Implementierung von 800 Gigabit Ethernet (GbE) oder gar 1,6 Terabit Ethernet (TbE).

### 100VG-AnyLAN

Parallel zur Entwicklung von Fast Ethernet wurde im letzten Jahrhundert die 100VG-AnyLAN-Technologie geschaffen, die alternativ andere LAN-Zugriffsverfahren als das CSMA/CD nutzen kann.

Im IEEE-802.12-Standard ist das von Hewlett Packard entwickelte 100VG-AnyLAN als Alternative zum CSMA/CD-Zugriffsverfahren definiert und kann gewissermaßen als Synthese aus Ethernet und Token Ring betrachtet werden; weder Token Ring noch 100VG-AnyLAN haben heutzutage jedoch noch eine praktische Bedeutung. Der LAN-Zugriff wird im Wesentlichen vom angeschlossenen Hub oder Switch bestimmt und vermeidet zufällig orientierte Zugriffszyklen wie beim CSMA/CD-Verfahren. Konkurrierende Übertragungsanfragen werden vom Hub nach Prioritäten abgewickelt (nur eine einzige Station kann zu einem bestimmten Zeitpunkt Daten übertragen – Kollisionen werden somit vermieden), sodass sich diese Technologie besonders für Multimedia-Datenverkehr eignet. Es besteht

eine Frame-Kompatibilität zu Ethernet- und Token-Ring-Netzwerken, sodass ein 100VG-AnyLAN-Segment einfach durch Installation einer Bridge in bestehende Ethernet- oder Token-Ring-Segmente integriert werden kann.

#### **HINWEIS**

Die Netzwerkvariante 100VG-AnyLAN hat heutzutage so gut wie keine Bedeutung mehr und kommt insbesondere bei Neuinstallation nicht mehr zum Einsatz.

### **1.2.2 Wireless LAN (IEEE 802.11)**

Überall dort, wo eine Verkabelung zur Einrichtung eines Netzwerks nicht infrage kommt oder besondere Anforderungen hinsichtlich der Mobilität vorliegen, ist der Einsatz funkbasierter Kommunikationstechnologien zu empfehlen. Die heute verfügbare Technik liefert ausreichend Möglichkeiten, um die in einem Netzwerk erforderlichen Aufgaben zufriedenstellend zu lösen. Nachfolgend sind die verfügbaren Standards, Komponenten und die erforderlichen Sicherheitsmechanismen erläutert.

#### **WLAN-Standards**

Im Standard IEEE 802.11, der in seinen Einzelstandards die heute verfügbaren Techniken darstellt, sind die wesentlichen Merkmale und Funktionen erläutert und definiert. Hier einige wichtige Beispiele:

- *IEEE 802.11a*  
WLAN-Standard (1999), der auf einer Brutto-Datenrate von etwa 54 Mbit/s und dem 5-GHz-Band basiert. Seit November 2002 ist dieser Standard auch für Deutschland zugelassen (gem. Order Nr. 35/2002 vom 13. November 2002 – Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post).
- *IEEE 802.11b*  
WLAN-Standard (1999), der auf einer Brutto-Datenrate von etwa 11 Mbit/s und dem 2,4-GHz-Band basiert. Es handelt sich hierbei um die derzeit verbreitetste WLAN-Variante.
- *IEEE 802.11g*  
WLAN-Standard aus dem Jahr 2003, der auf einer Brutto-Datenrate von etwa 54 Mbit/s und dem 2,4-GHz-Band basiert. Dieser Standard ist abwärtskompatibel zu IEEE 802.11b, sodass hier ein zukünftig hoher Verbreitungsgrad sehr wahrscheinlich ist.
- *IEEE 802.11h*  
WLAN-Standard, der eine Adaption des IEEE-802.11a-Standards für Europa repräsentiert. In Europa erfolgt die Radar-Kommunikation ebenfalls im 5-GHz-Band, sodass hier besondere Vorkehrungen zur Steuerung der Datenübertragung vorgenommen werden müssen.