
Kurseinheit 1

Vorwort	iii
Autorenvorstellung	iv
Prof. Dr.-Ing. Firoz Kaderali	iv
1 Kommunikationsmodelle	1-1
1.1 Einführung	1-1
1.2 Grundbegriffe des OSI-Modells	1-6
1.3 Schichten des OSI-Modells	1-14
1.4 TCP/IP-Protokollfamilie	1-19
Lösungshinweise	1-25

Vorwort

Der Kurs **Digitale Kommunikationstechnik**, der aus zwei Teilen besteht, wendet sich an Studenten nach dem Bachelor und an berufstätige Ingenieure und Informatiker. Es werden insbesondere mathematische Grundkenntnisse und Grundkenntnisse der Nachrichtentechnik vorausgesetzt. Jede Kurseinheit bildet jedoch eine abgeschlossene Einheit, in der alle verwendeten mathematischen Ergebnisse entweder im Text abgeleitet oder explizit als Voraussetzung gekennzeichnet und gegebenenfalls im Anhang aufgelistet werden. Theorie und Praxis stehen gleichermassen im Mittelpunkt. Die Theorie wird anhand der praktischen Beispiele vermittelt, während die Grenzen der praktischen Verfahren anhand der Theorie aufgezeigt werden.

Der in den vorliegenden Kurseinheiten behandelte Stoff stammt aus drei verwandten und in den letzten Jahren zusammengewachsenen Disziplinen: Übertragungstechnik, Vermittlungstechnik und Datenkommunikation. Ich habe den Versuch unternommen, den Stoff unter einheitlichen Gesichtspunkten darzustellen. Um den Stoff einzugrenzen, habe ich mich bis auf wenige Ausnahmen auf die Digitaltechnik beschränkt. Des weiteren habe ich mich stets von dem Vorsatz leiten lassen, lieber Einschränkungen beim Stoff, dafür aber eine gründliche Behandlung des Wesentlichen vorzunehmen.

Für die Erstellung vieler Aufgaben und die Durchsicht der Manuskripte danke ich besonders meinen Mitarbeitern Herrn Dipl.-Math. H. Hagemann, Herrn Dipl.-Ing. T. Hermann, Herrn Dipl.-Phys. B. Heyber, Herrn Dipl.-Ing. P. Roer und Herrn Dipl.-Ing. A. Essoh. Für zahlreiche Anmerkungen, Fragen und Diskussionen, die zur Erhöhung der pädagogischen Qualität der Abhandlungen beigetragen haben, danke ich meinen Studenten an der Fernuniversität in Hagen und an der Universität Siegen.

Hagen im Juli 2005

F. Kaderali

Autorenvorstellung

Prof. Dr.-Ing. Firoz Kaderali



- | | |
|-------------|--|
| 1963-69 | Studium der Theoretischen Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Darmstadt |
| 1969-72 | Assistent/Dozent für Statistische Signaltheorie an der Technischen Hochschule Darmstadt |
| 1974 | Promotion auf dem Gebiet der Netzwerktheorie an der Technischen Hochschule Darmstadt |
| 1976-81 | Projektleiter (Digitales Ortsnetz) im Forschungszentrum der Firma SEL (ITT)/Stuttgart |
| 1981-86 | Hauptabteilungsleiter (Systementwicklung Großsysteme) bei (Bosch) Telefonbau und Normalzeit/Frankfurt |
| Seit 1986 | Professor für Kommunikationssysteme an der FernUniversität Hagen
Arbeitsgebiete: Kommunikationssysteme, -netze und -protokolle;
Datenschutz und Datensicherheit in Kommunikationsnetzen; Einsatz von neuen Medien in der Lehre |
| 1989-94 | Leiter der Projektträgerschaft TELETECH NRW |
| 1990-96 | Mitglied der ISDN Forschungskommission des Landes NRW |
| Seit 1992 | Direktor des Forschungsinstituts für Telekommunikation (FTK)/Dortmund |
| 1995 - 2001 | Mitglied der Steuerungsgruppe der Landesinitiative media NRW |
| 1999 - 2002 | Sprecher des Forschungsverbundes Datensicherheit NRW |
| 2000-2002 | Vorsitzender des Beirates der Gesellschaft für IT-Sicherheit in Bochum |
| Seit 2002 | Vorsitzender der Open Source Initiative CampusSource |

Gliederung

Kurseinheit 1

Vorwort	iii
Autorenvorstellung	iv
Prof. Dr.-Ing. Firoz Kaderali	iv
1 Kommunikationsmodelle	1-1
1.1 Einführung	1-1
1.1.1 Ein Beispiel zur Abwicklung der Kommunikation zwi- schen Systemen nach dem OSI-Modell	1-4
1.2 Grundbegriffe des OSI-Modells	1-6
1.3 Schichten des OSI-Modells	1-14
1.3.1 Bitübertragungsschicht (Schicht 1)	1-14
1.3.2 Sicherungsschicht (Schicht 2).....	1-15
1.3.3 Vermittlungsschicht (Schicht 3).....	1-15
1.3.4 Transportschicht (Schicht 4)	1-16
1.3.5 Kommunikationssteuerungsschicht (Sitzungsschicht, Schicht 5)	1-17
1.3.6 Darstellungsschicht (Schicht 6)	1-17
1.3.7 Anwendungsschicht (Schicht 7)	1-18
1.4 TCP/IP-Protokollfamilie	1-19
1.4.1 TCP/IP-Modell	1-21
Lösungshinweise	1-25

1 Kommunikationsmodelle

In diesem Kapitel wird die Modellierung von Kommunikationssystemen behandelt. Es werden zunächst die Aufgaben der technischen Kommunikation und deren Klassifizierungsmöglichkeiten erörtert. Am Beispiel der Briefübermittlung wird dann die prinzipielle Abwicklung entsprechend dem OSI-Modell erläutert. Es folgen die Grundbegriffe des OSI-Modells, wobei sowohl die verbindungslose als auch die verbindungsorientierte Datenübertragung behandelt werden. Das Adressierungsverfahren und die Meldungsformate werden erläutert, die typischen Aufgaben der einzelnen Schichten und die entsprechenden Dienste und Funktionen aufgezählt und eine Einführung in die TCP/IP-Protokollfamilie gegeben.

Die Modellierung von Kommunikationssystemen nach dem OSI-Modell hat sich seit Anfang der 80er Jahre zunehmend durchgesetzt. Heute werden fast alle neuen Systeme nach Modellen entworfen, die sich an das OSI-Modell anlehnen. Deshalb ist dieses Kapitel für das Studium der Kommunikationstechnik von besonderer Bedeutung.

1.1 Einführung

Kommunikation zwischen Menschen beinhaltet Nachrichtenaustausch zwischen Menschen mit einer Nachrichtenverarbeitung im Sinne von Verständigung. Formal definieren wir jedoch Kommunikation lediglich als Austausch von Nachrichten. Im Folgenden werden wir stets technische Kommunikation, also Kommunikation mit Hilfe der Technik betrachten. Typische Beispiele von technischer Kommunikation sind: Sprachkommunikation über das Telefonnetz, Textübermittlung via GSM, Nachrichtenaustausch zwischen mehreren PCs in einer technischen Anwendung.

Kommunikationssysteme sind Einrichtungen, die an der technischen Kommunikation beteiligt sind. Wir unterscheiden zwischen **Endsystemen** (wie Endgeräte, PCs, Hostrechner), die Nachrichtenquellen oder -senken enthalten und **Subsystemen** (wie Übertragungseinrichtungen, Vermittlungseinrichtungen, Protokollwandler), die nur Teilaufgaben der Kommunikation übernehmen. Endsysteme und Subsysteme und die sie verbindenden Leitungen bilden Kommunikationsnetze. Außer den zwischen den Endsystemen zu übermittelnden Nachrichten (auch Nutzinformatoren genannt) werden bei der technischen Kommunikation Steuerinformationen im Netz erzeugt und ausgetauscht. Beim Telefonieren z. B. beinhaltet die Sprache die Nutzinformation, während die Rufnummer, der Ruf und die Wähltöne die Steuerinformationen darstellen.

Kommunikationssysteme übernehmen Aufgaben wie Eingabe, Ausgabe, Übertragung, Vermittlung und Speicherung der Nutzinformatoren. Hierbei werden stets Steuerinformationen verarbeitet und soweit erforderlich auch eingegeben, ausgegeben, gespeichert, übertragen und vermittelt. Eine weitere Detaillierung und Klassifizierung der Aufgaben eines Kommunikationssystems unter verschiedenen Gesichtspunkten führt zu Systemarchitekturen, die sich in den Implementierungen

Kommunikation

Kommunikationssysteme

Endsysteme

Subsysteme

der Produkte einzelner Hersteller widerspiegeln. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist das Bestreben der Hersteller, gleichartige Kommunikationsaufgaben in einer Hardware- oder Software-Implementierung (Modul) zusammenzufassen. Solche Module können dann in unterschiedlichsten Kommunikationssystemen eingesetzt werden. 1978 begann eine Expertengruppe (ISO TC 97 SC 16 - International Standardisation Organisation, Technical Committee 97 Subcommittee 16) ein Modell für die Strukturierung von Kommunikationssystemen zu erstellen. Bereits 1980 wurde ein Entwurf vorgestellt, der 1983 als ISO-Norm verabschiedet wurde. Das

ISO-Modell

ISO-Modell ist unter der Bezeichnung OSI (**O**pen **S**ystems **I**nterconnection) bekannt. Heute existieren bereits mehrere dieses Modell unterstützende Normen (Tabelle 1.1-1), und es wird ständig an einer Detaillierung und Erweiterung des Modells gearbeitet.

Tab. 1.1-1: ISO - Normen zur Systemmodellierung

ISO 7498	OSI Reference Model
ISO 8649/50	OSI Common Application
ISO 8517	OSI File Transfer
ISO 8831/32	OSI Job Transfer
ISO 9040/41	OSI Virtual Terminals
ISO 8822/23	OSI Presentation Service & Protocol
ISO 8824/25	OSI Transfer Syntax
ISO 8505/06	OSI Message Oriented Text
ISO 8613	Document Structure
ISO 646, 2022, 6937	Character Repertoire
ISO 8326/27	OSI Session Service & Protocol
ISO 8072/73	OSI Transport Service & Protocol
ISO 8602	OSI Connectionless Transport Service
ISO 8348	OSI Network Service
ISO 8473	OSI Connectionless Network Services
ISO 8878	X.25 Network Services
ISO 8808	X.25 Network Protocol
ISO 8880	LAN Network Services
ISO 8886	OSI Data Link Services
ISO 7776	X.25 Link Layer
ISO 3309/ 4335/ 7809	High Level Data Link Control (HDLC)
ISO 8802/ 2	LAN Logical Link Control
ISO 8802/ 3, 4, 5, 6, 7,	LAN Media Access & Physical Layer
ISO 9595	Common Management Information Service
ISO 13239	HDLC Procedures
ISO 8802/ 11	Wireless LAN Media Access Control & PHY

Im Bild Abb. 1.1-1 sind zwei herstellerspezifische Modelle und das OSI-Modell für Kommunikationssysteme dargestellt. Allen diesen Modellen ist gemeinsam, dass die Kommunikationsaufgaben in Gruppen zusammengefasst und hierarchisch (aufeinander aufbauend) gegliedert werden. Man nennt eine solche Gruppe von Kommunikationsaufgaben eine **Schicht** des Kommunikationsmodells. Durch das Zurückführen auf ein einziges Schichtenmodell - das OSI-Modell für Kommunikationssysteme - besteht die Aussicht, dass Produkte (sowohl Endsysteme als auch Subsysteme) verschiedener Hersteller zueinander kompatibel werden, d. h. freizügig miteinander kommunizieren können; daher auch die Bezeichnung "**Offene Systeme**" (Open Systems) für Systeme, die nach dem OSI-Modell strukturiert sind.

*Schicht**Offene Systeme*

SNA	OSI	DEC NET
End user	7 Anwendungsschicht	End User
Presentation services	6 Darstellungsschicht	Network Management
		Network Application
Data flow control	5 Kommunikations- Steuerungs (sitzungs) schicht	Session control
Transmission control	4 Transportschicht	End-to-end communication
Path control	3 Vermittlungsschicht	Routing
Data link control	2 Sicherungsschicht	Data link control
Physical	1 Bitübertragungsschicht	Physical

Abb. 1.1-1: SNA (System Network Architecture) von IBM und DEC NET von Digital Equipment im Vergleich zum OSI-Referenzmodell

Bei der Zerlegung der Aufgaben eines Kommunikationssystems in logisch aufeinander aufbauende Schichten werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Gleiche Funktionen werden in einer Schicht zusammengefasst.
- Jede Schicht hat nur direkte Interaktion mit den beiden benachbarten Schichten.
- Zwischen den einzelnen Schichten soll die Interaktion möglichst gering sein.
- Die von einer Schicht für die nächst höhere Schicht zu erbringenden Aufgaben werden in dieser Schicht gegebenenfalls unter Zuhilfenahme der jeweils niedrigeren Schicht realisiert.

- Kommunikationsmodelle sind logische Modelle. Sie legen keine Implementierungen fest, sondern beschreiben lediglich die jeweiligen Funktionen und deren logischen Zusammenhänge. Bei der Festlegung der einzelnen Schichten wird jedoch darauf geachtet, dass sie (hard- oder softwaremäßig) jeweils einzeln implementiert werden können.

Durch das beschriebene Vorgehen wird impliziert, dass eine (hard- oder softwaremäßige) Änderung in einer Schicht lediglich durch die Modifizierung dieser Schicht abgefangen wird - die anderen Schichten müssen nicht geändert werden. Das Vorgehen bei der Festlegung der einzelnen Aufgaben des Systems impliziert zudem, dass jeweils höhere Schichten die logischen Funktionen des Systems auf einer jeweils höheren Abstraktionsebene darstellen.

1.1.1 Ein Beispiel zur Abwicklung der Kommunikation zwischen Systemen nach dem OSI-Modell

Im Folgenden wollen wir die Abwicklung des Nachrichtenaustausches an einem Beispiel der Briefübermittlung zwischen zwei Teilnehmern darstellen. Die hierbei anfallenden Aufgaben werden anhand des OSI-Schichtenmodells erläutert. Hierzu betrachten wir zwei Endsysteme A und B, bestehend aus zwei Teilnehmern an Bildschirmendgeräten. Teilnehmer A möchte eine Mitteilung in Form eines Briefes an den Teilnehmer B übermitteln. Außer den beiden Endsystemen ist an der Kommunikation ein weiteres Transitsystem (d. h. eine die Kommunikation zwischen zwei Systemen unterstützende eigenständige Einrichtung) nämlich eine Vermittlungseinrichtung beteiligt. Die einzelnen Systeme sind über elektrische Leitungen miteinander verbunden (Abb. 1.1-2).

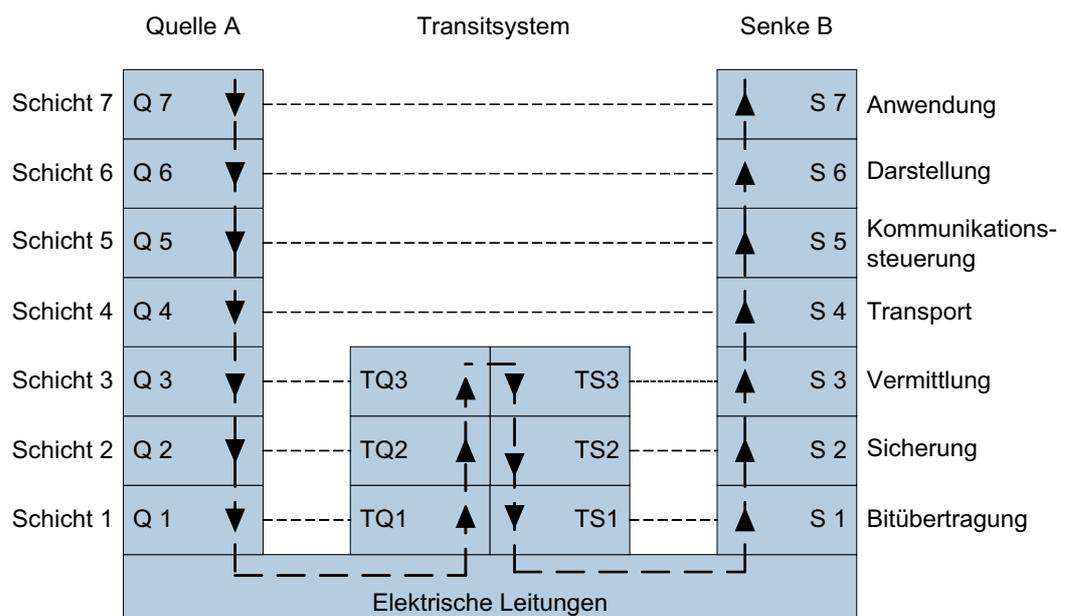


Abb. 1.1-2: Kommunikationsaufgaben bei der Briefübermittlung von A nach B nach dem OSI-Modell

Teilnehmer A, der als Quelle angesehen wird, erstellt eine Mitteilung in Form eines Briefes an seinem Terminal für den Teilnehmer B. Die Darstellungsschicht überprüft die lokalen begrifflichen und darstellungsmäßigen Vereinbarungen (z. B. Alphabet, Zeichenabstand, Zeilenabstand, Leerzeilen, Absatz u.s.w.) und aktiviert nach (interaktiver) Korrektur, die Kommunikationssteuerungsschicht. Diese stößt die Eröffnung einer Textübermittlungssitzung an, indem sie die Transportschicht aktiviert. Die Transportschicht stößt die Vermittlungsschicht an, die ihrerseits die Sicherungsschicht aktiviert. Diese aktiviert daraufhin die Bitübertragungsschicht. Die zwischen den benachbarten Schichten ausgetauschten Meldungen wollen wir **Primärmeldungen** ("primitives") nennen. Sie bestehen allgemein aus Nutz- und Steuerinformationen.

Primärmeldungen

Primärmeldungen stellen Ereignisse (Aktionen) bei dem Kommunikationsablauf dar. Die Schicht 1 des Teilnehmers A treibt nun einen Bitstrom über die elektrische Leitung und aktiviert so die Schicht 1 des Transitsystems. Die Bitübertragungsschichten der Quelle und des Transitsystems sorgen nun dafür, dass Bitströme in beiden Richtungen (Quelle zum Transitsystem und umgekehrt) fließen. Über diese Bitströme können nun die Sicherungsschichten der Quelle und des Transitsystems Meldungen miteinander austauschen. Im Wesentlichen vereinbaren sie, welche Sicherungsmethode zur Vermeidung von Verfälschungen der übertragenen Bits anzuwenden ist, und verfahren dann entsprechend, indem sie z. B. Bitfehler durch Überprüfung gewisser redundanter Bits erkennen und gegebenenfalls korrigieren. Nun können die Vermittlungsschichten der Quelle und des Transitsystems die gesicherte Strecke verwenden, um Meldungen miteinander auszutauschen. Insbesondere teilt die Schicht 3 der Quelle der Schicht 3 des Transitsystems nun mit, dass eine Schicht 3-Verbindung zu der Senke B aufgebaut werden soll. Analog wird nun nacheinander die Bitübertragungsschicht, die Sicherungsschicht und die Vermittlungsschicht zwischen dem Transitsystem und der Senke aufgebaut. Damit steht den Transportschichten der Quelle und der Senke eine vermittelte Strecke, die gewöhnlich durch ein größeres Kommunikationsnetz führt, zum Meldungsaustausch zur Verfügung.

Die Transportschichten der Quelle und Senke nehmen eine Ende-zu-Ende Sicherung vor, indem jede von der Quelle zur Senke fehlerfrei übertragene Seite des Briefes von der Transportschicht der Senke quittiert wird. Bei Übertragung mit Fehlern wird die Seite neu abgerufen. Den Kommunikationssteuerungsschichten der Quelle und der Senke steht somit eine Ende-zu-Ende gesicherte Verbindung, über die sie einzelne quittierte Seiten austauschen können, zur Verfügung. Aufgabe der Kommunikationssteuerungsschicht ist es, nun die Briefübermittlungssitzung zu steuern. Es muss sichergestellt werden, dass wirklich die gewünschten Teilnehmer miteinander verbunden sind und, dass die Endgeräte empfangsbereit sind (d. h. Seiten auch wirklich ankommen). Meist wird auch das Datum und die Uhrzeit der Sitzungseröffnung mit den Teilnehmerkennzahlen ausgetauscht. Wie wir bereits am Anfang gesehen haben, überprüft die Schicht 6 die lokalen, begrifflichen und darstellungsmäßigen Vereinbarungen. Es ist auch ihre Aufgabe, entsprechende (mit den lokalen Vereinbarungen verträgliche) Vereinbarungen zwischen der Quelle und der Senke

zu treffen. Auf diese Weise wird der Brief von der Schicht 7 der Quelle (dem Teilnehmer A) zur Schicht 7 der Senke (dem Teilnehmer B) übermittelt. Anschließend wird, beginnend mit der Schicht 7, die jeweilige Verbindung zwischen den Schichten wieder abgebaut.

An diesem vereinfachten und doch recht detaillierten Beispiel der Briefübermittlung haben wir einige Eigenschaften des Kommunikationsablaufes entsprechend dem OSI-Modell beobachten können. Die beiden wichtigsten sind:

- Physikalisch werden die einzelnen Meldungen (senkrecht) zwischen den Schichten des jeweiligen Systems ausgetauscht. Lediglich über das Medium selbst werden physikalische Meldungen zwischen den Systemen (waagrecht) ausgetauscht.
- Logisch werden Meldungen (horizontal) zwischen den gleichen Schichten der an der Kommunikation beteiligten Systemen ausgetauscht.

Die Regeln für den logischen Meldungs austausch (zeitliche Abwicklung einbezogen) zwischen zwei gleichen Schichten von Systemen, die an der Kommunikation beteiligt sind, nennt man ein **Protokoll**.

Protokoll

Selbsttestaufgabe 1.1-1:

Bei der Betrachtung von Kommunikationssystemen, die nach dem OSI-Modell strukturiert sind, tauchen die Begriffe offene Systeme, Schicht, Protokoll und Primärmeldung auf. Erläutern Sie deren Bedeutung.

1.2 Grundbegriffe des OSI-Modells

Bisher haben wir die Begriffe Schicht, Protokoll und Primärmeldungen (Abb. 1.2-1) kennengelernt. Es sei besonders darauf hingewiesen, dass der Begriff Schicht einmal innerhalb eines Systems, zum zweiten aber auch über das gesamte Kommunikationsnetz hinweg verwendet wird.

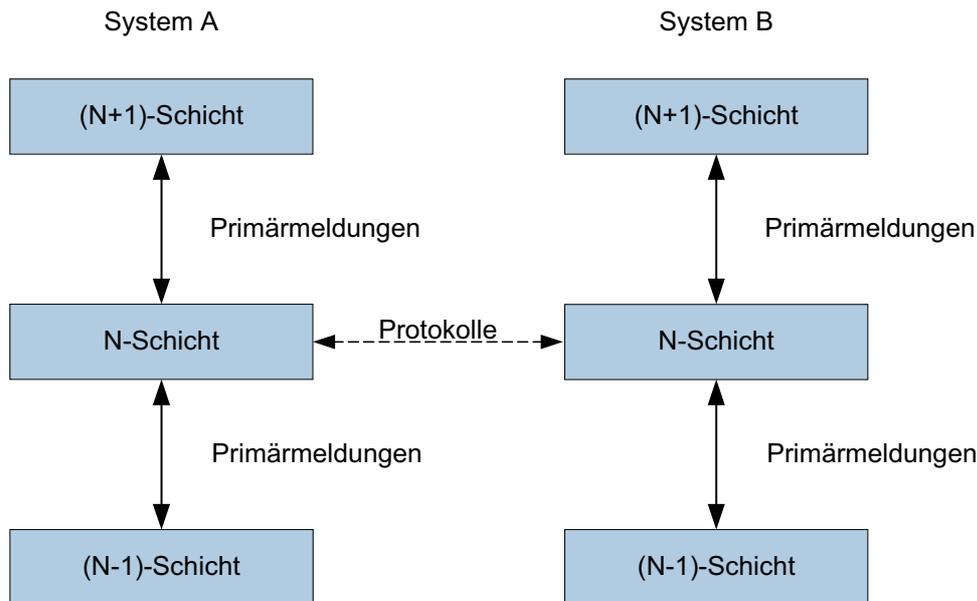


Abb. 1.2-1: Zu den Begriffen Schicht, Primärmeldungen und Protokolle

Eine **Instanz** einer Schicht ist eine aktive Einheit einer Schicht. Sie bietet der nächst höheren Schicht Kommunikationsfunktionen (auch **OSI-Dienste**)¹ an und/oder beteiligt sich an der Kommunikation mit einer anderen Instanz der gleichen Schicht eines anderen Systems über Protokolle. Eine Instanz kann auch lediglich eine Aufgabe innerhalb einer Schicht wahrnehmen, ohne einer höheren Schicht einen Dienst anzubieten (z. B. gewisse Fehler- oder Verwaltungsaufgaben behandelnde Instanzen). In Implementierungen werden Instanzen mit hard- oder softwaremäßigen Modulen identifiziert, obwohl dies nicht zwingend ist.

Instanz
OSI-Dienste

Die Dienste, die eine Instanz der Schicht N (wir bezeichnen die Instanz als eine N-Instanz) einer (N+1)-Instanz anbietet, können Funktionen beinhalten, die die N-Instanz selbst erbringt, mit Hilfe der nächst niedrigeren Schicht erbringt oder auch (über die Protokollabwicklung) mit Hilfe einer anderen N-Instanz der Schicht N erbringt.

Jede N-Schicht-Instanz hat einen über das gesamte Netz eindeutigen (N-Schicht) Namen. Eine (N+1)-Instanz kann einen Dienst, der von einer N-Instanz angeboten wird, über einen durch seine N-Adresse eindeutig gekennzeichneten **Dienstzugangspunkt** zwischen den beiden Schichten in Anspruch nehmen. Ein Dienstzugangspunkt kann jeweils nur von einer N-Instanz bedient werden. Eine N-Instanz kann mehrere N-Dienstzugangspunkte bedienen und eine (N+1)-Instanz mehrere N-Dienstzugangspunkte benutzen. Der Sachverhalt ist in Bild Abb. 1.2-2 dargestellt.

Dienstzugangspunkt

1 Nicht zu verwechseln mit Diensten in öffentlichen Netzen (s. Kapitel 2)

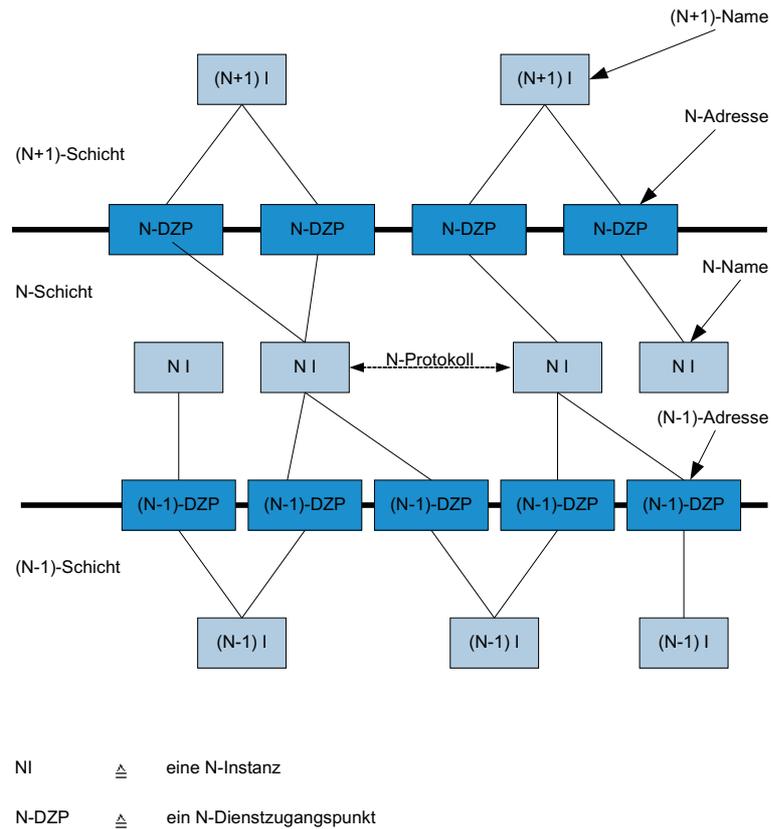
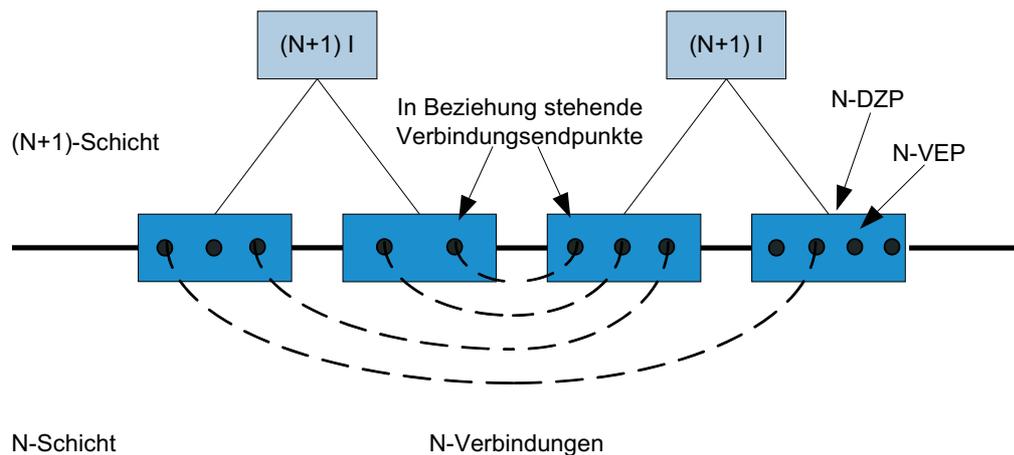


Abb. 1.2-2: Kennzeichnung der N-Instanzen durch N-Name und der N-Dienstzugangspunkte durch die N-Adresse

Sollen Nachrichten zwischen verschiedenen Instanzen der Schicht (N+1) ausgetauscht werden, so werden von der Schicht N logische Verknüpfungen zwischen den Dienstzugangspunkten (zur Schicht N), über die die Nachrichten ausgetauscht werden, erstellt. Besteht die Nachricht nur aus einzelnen Meldungen, die alle Adressierungs- und Sequenzierungsinformationen enthalten, so sind keine weiteren Kennzeichnungen als die Verknüpfung der Dienstzugangspunkte erforderlich, und man spricht von **verbindungsloser Datenübermittlung**.

*verbindungslose
Datenübermittlung*



(N+1) I \triangleq (N+1)-Instanz

N-DZP \triangleq N-Dienstzugangspunkt

N-VEP \triangleq N-Verbindungsendpunkt

Abb. 1.2-3: N-Verbindungen zwischen N-Dienstzugangspunkten werden durch Verknüpfung zwischen eindeutig bezeichneten N-Verbindungspunkten gekennzeichnet

Im anderen Falle wird eine (logische) Verbindung zwischen den Dienstzugangspunkten aufgebaut. Sie wird durch eine Zuordnung zwischen den **Verbindungsendpunkten**, die zu den jeweiligen Dienstzugangspunkten führen, identifiziert (Abb. 1.2-3). Verbindungen stellen somit eine logische Kommunikationsbeziehung zwischen den Verbindungsendpunkten, den Dienstzugangspunkten und letztlich, den diese Dienstzugangspunkte verwendenden Instanzen dar. Gewöhnlich werden Punkt-zu-Punkt Verbindungen verwendet, jedoch auch Mehrpunktverbindungen (z. B. für globale Mitteilungen) sind möglich. Zwischen zwei Dienstzugangspunkten können auch gleichzeitig mehrere Verbindungen bestehen.

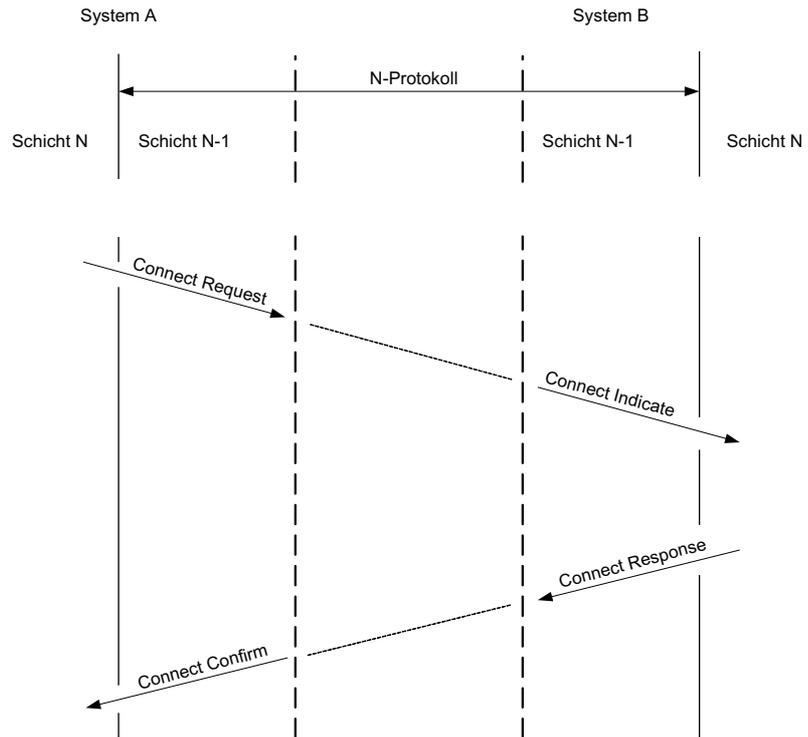
Verbindungsendpunkte

Die **verbindungsorientierte Datenübermittlung** verläuft in drei Phasen:

1. Eine Verbindungsaufbauphase, in der die Verbindung erstellt wird.
2. Eine Verbindungsphase, in der Nutzdaten übermittelt werden.
3. Eine Verbindungsabbauphase, in der die Verbindung wieder abgebaut wird.

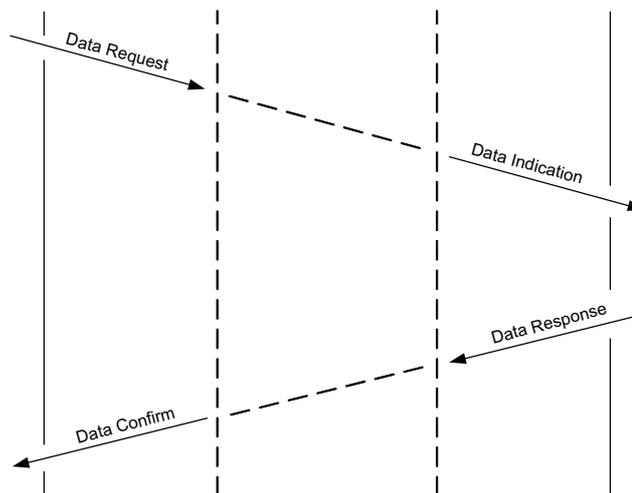
verbindungsorientierte Datenübermittlung

Beispiele der verbindungsorientierten Datenübermittlung sind: Durchschaltverbindungen (Leitungsvermittlung) und virtuelle Verbindungen bei der Datenpaketübermittlung. In den Bildern Abb. 1.2-4, Abb. 1.2-5 und Abb. 1.2-6 ist der typische Ablauf einer solchen Verbindung für eine verbindungsorientierte Datenpaketübermittlung mit den dabei verwendeten Primärmeldungen dargestellt.



- Connect Request \triangleq Verbindungswunsch
- Connect Indicate \triangleq Anzeige des Verbindungswunsches
- Connect Response \triangleq Annahme der Verbindung
- Connect Confirm \triangleq Bestätigung des Verbindungsaufbaus

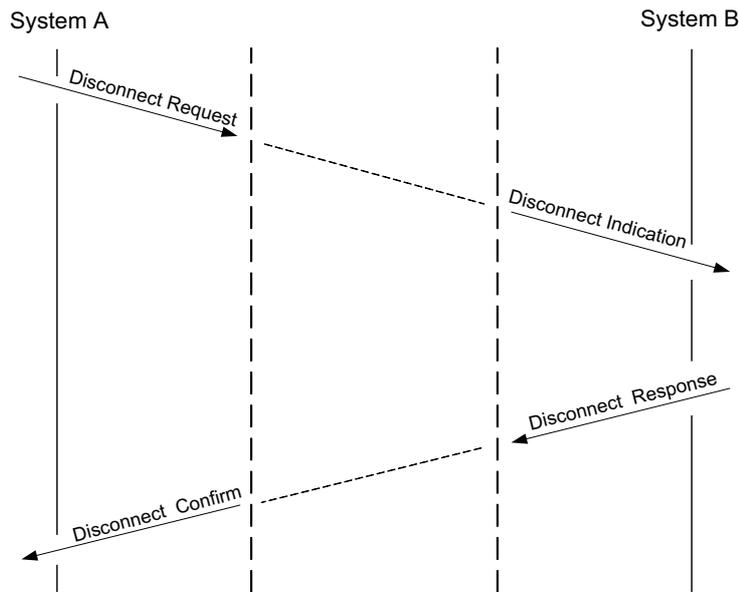
Abb. 1.2-4: Verbindungsaufbau



Der Datenaustausch wird mehrfach, ggf. auch verschachtelt durchgeführt

- Data Request \triangleq Wunsch, Datenpaket zu übermitteln
- Data Indication \triangleq Anzeige des Datenpakets
- Data Response \triangleq Annahme des Datenpakets
- Data Confirm \triangleq Bestätigung der Übermittlung des Datenpakets

Abb. 1.2-5: Verbindungsphase



Disconnect Request	≙	Wunsch, Verbindung abzubauen
Disconnect Indication	≙	Anzeige des Abbauwunsches
Disconnect Response	≙	Annahme des Abbauwunsches
Disconnect Confirm	≙	Bestätigung des Verbindungsabbaus

Abb. 1.2-6: Verbindungsabbau
Typische Primärmeldung bei verbindungsorientierter
Schicht N Kommunikation

Ein wesentlicher Punkt bei der **verbindungslosen Datenübermittlung** ist, dass die Zeitbedingungen gegenüber der verbindungsorientierten Datenübermittlung (insbesondere gegenüber der Durchschalteverbindung) gelockert werden. Die einzelnen Instanzen einer Schicht müssen nicht unmittelbar zur Verfügung stehen; lediglich eine Maximalzeit für den Übermittlungsvorgang sollte nicht überschritten werden. Obwohl eine zeitlich begrenzte Verbindung im Falle der verbindungslosen Datenübermittlung nicht existiert, wollen wir den Begriff "Route" auch für verbindungslose Datenübermittlung verwenden, um im Folgenden einheitliche Formulierungen verwenden zu können. Als **Route** bezeichnen wir den Weg, den eine Meldung zwischen zwei Endsystemen durch das Kommunikationsnetz benutzt.

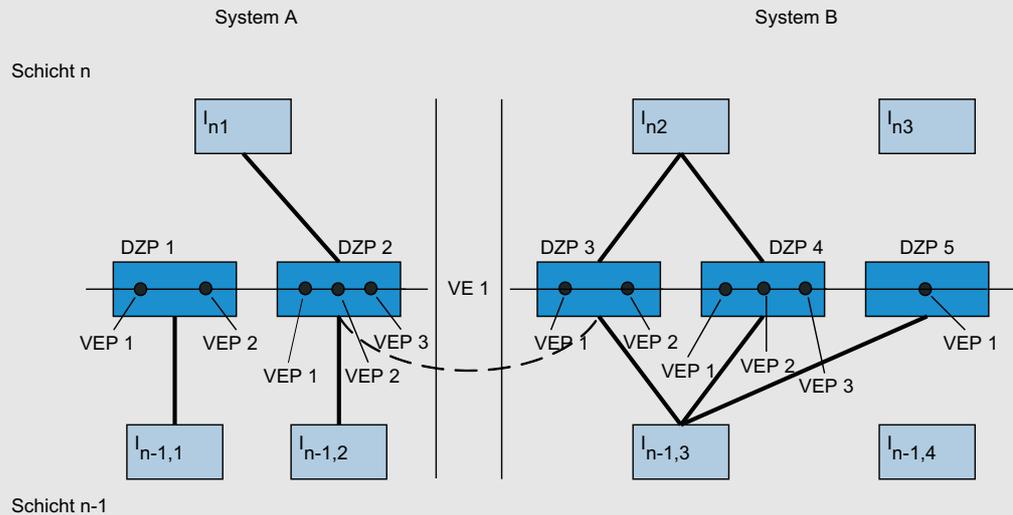
Route

Für die Adressierung im OSI-Modell gilt folgendes: Instanzen, Dienstzugangspunkte und Verbindungsendpunkte werden jeweils eindeutig gekennzeichnet (adressiert). Über die Zuordnung von N-Instanzen und den (N-1)-Dienstzugangspunkten, über die sie kommunizieren können, wird (in der N-Schicht) ein Verzeichnis geführt. Die N-Verbindungen (d. h. die Verknüpfungen zwischen den N-Verbindungsendpunkten) werden in der N-Schicht verwaltet. Ihr sind jeweils auch die Dienstzugangspunkte, die eine N-Instanz bedient und die (N-1)-Dienstzugangspunkte, deren Dienste sie hierfür in Anspruch nimmt, bekannt. Die jeweiligen Zuordnungen können einfach (eins zu eins oder hierarchisch) oder aber auch recht kompliziert sein. Wesentlich ist, dass die (N+1)-Schicht diese Zuordnungen nicht kennt und nicht zu verwalten braucht. Für die Schicht-(N+1) sind lediglich die Dienste, die ihr von der Schicht-N angeboten werden, relevant.

Wie sie erbracht, d. h. auch implementiert werden, ist für sie irrelevant und bleibt ihr verborgen.

Beispiel 1.2-1:

Nachfolgend sind zwei ISO-Schichten ($n, n - 1$) zweier miteinander kommunizierender Systeme A und B mit ihren Verarbeitungsinstanzen I , den Dienstzugangspunkten DZP und den Verbindungsendpunkten VEP dargestellt.



Es wird eine Verbindung VE1 zwischen I_{n1} und I_{n2} aufgebaut. Folgende Aussagen geben die wichtigsten Eigenschaften des OSI-Modells wieder.

1. I_{n1} muss die Adresse von I_{n2} kennen.
2. I_{n1} muss wissen, dass sie DZP1 oder DZP2 in Anspruch nehmen muss.
3. I_{n1} muss wissen, dass I_{n2} über DZP3 oder DZP4 zu erreichen ist.
4. $I_{n-1,2}$ muss nicht wissen, über welchen DZP I_{n2} zu erreichen ist.
5. $I_{n-1,2}$ hätte statt

$$VE1 = [VEP1(DZP2), VEP1(DZP3)]$$

auch

$$VE2 = [VEP2(DZP2), VEP2(DZP3)]$$

nehmen können,

6. $I_{n-1,2}$ muss dabei I_{n1} nicht über die Wahl des Weges informieren.

Formate von Meldungen

Im Abb. 1.2-7 sind typische **Formate von Meldungen**, wie sie bei der Kommunikation zwischen zwei Systemen verwendet werden, dargestellt. Charakteristisch für einen solchen Meldungs austausch ist, dass jede Schicht eine Meldung von der jeweils höheren Schicht übernimmt, Steuerinformationen der eigenen Schicht hin-

zufügt und die neue Meldung an die jeweils niedrigere Schicht weitergibt. Auf der Empfangsseite werden dann jeweils die Steuerinformationen von der Meldung abgenommen, verwertet und die Meldung an die jeweils höhere Schicht weitergegeben. Die Steuerinformationen einer Schicht werden somit nur in dieser Schicht verwendet. Sie sind für die jeweils höhere und niedrigere Schicht irrelevant.

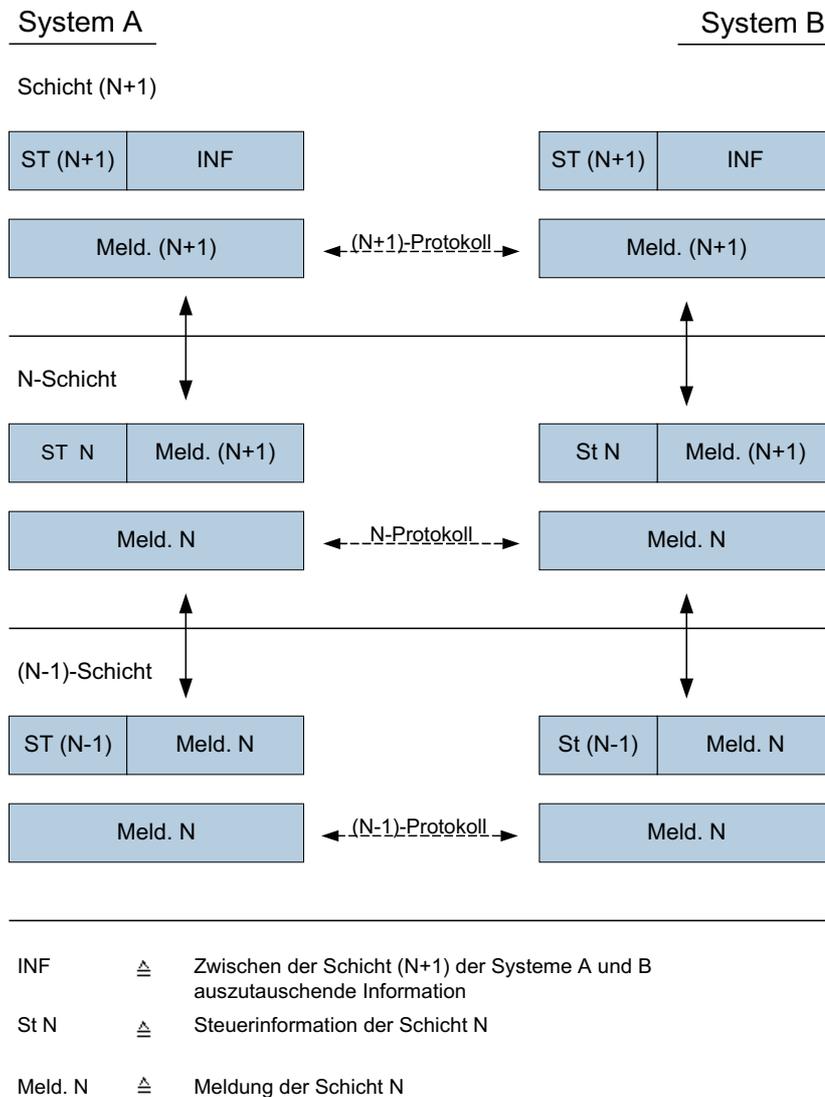


Abb. 1.2-7: Formate der Meldungen bei der Kommunikation zwischen Systemen

1.3 Schichten des OSI-Modells

Im Folgenden wollen wir die einzelnen Schichten des OSI-Modells ansehen. Wir wollen dabei die Aufgabe der jeweiligen Schicht, die Dienste, die diese Schicht der nächst höheren Schicht anbietet und die Funktionen, die in der jeweiligen Schicht ausgeführt werden, zusammenstellen. Wir haben die Formulierungen so gewählt, dass sowohl verbindungsorientierte als auch verbindungslose Datenübermittlung abgedeckt werden. Es sei hier darauf hingewiesen, dass in konkreten Fällen die Aufgaben, Dienste und Funktionen abhängig von den jeweiligen Anwendungen sind und über die Zuordnung einiger Funktionen zu bestimmten Schichten verschiedene Auffassungen herrschen.

transportorientierte Schichten

Die ersten vier Schichten bewältigen im Wesentlichen den Transport von Nachrichten, sie werden deshalb auch **transportorientierte Schichten**, ihre Protokolle Transportprotokolle genannt. Sie sind streng hierarchisch gegliedert. Die jeweiligen Funktionen sind sehr ähnlich aufgebaut und in konkreten Implementierungen oft austauschbar (so kann z. B. eine gute Fehlersicherung auf Teilstrecken eine Ende-zu-Ende Sicherung in der Schicht 4 überflüssig machen). Wir haben uns jeweils auf wesentliche Funktionen und Dienste beschränkt. Die oberen drei Schichten orientieren sich an den Anwendungen. Sie werden deshalb **anwendungsorientierte Schichten**, ihre Protokolle Anwendungsprotokolle genannt. Sie können hierarchisch dargestellt werden, dies ist jedoch keineswegs zwingend. Auch hier haben wir uns auf wesentliche Funktionen und Dienste begrenzt.

anwendungsorientierte Schichten

Bitübertragungsschicht

1.3.1 Bitübertragungsschicht (Schicht 1)

- Englisch: Physical Layer
- Aufgabe: Bitübertragung zwischen benachbarten Systemen (unter Verwendung des Übertragungsmediums)
- Dienste:
 - Aufbau, Abbau und Unterhaltung von (ungesicherten) physikalischen Verbindungen zwischen benachbarten Systemen
 - Physikalische Bitübertragung
 - Fehlermeldungen
- Funktionen:
 - Aktivieren und Deaktivieren der physikalischen Strecken
 - Bitübertragung auf der Strecke (Speisung, Leitungscodierung, Bitsynchronisierung)
 - Verwaltung von physikalischen Verbindungen (z. B. Zuordnung nach Güteparametern)
 - Fehlerbehandlung und -verwaltung (z. B. Resynchronisierung, Notspeisung)

1.3.2 Sicherungsschicht (Schicht 2)

Sicherungsschicht

- Englisch: Data Link Layer
- Aufgabe: Gesicherte Datenübertragung auf Teilstrecken zwischen benachbarten Systemen (unter Verwendung der Dienste der Schicht 1)
- Dienste
 - Auf- und Abbau von gesicherten Verbindungen auf Teilstrecken
 - Gesicherte Datenübertragung auf Teilstrecken
 - Flusskontrolle
 - Fehlermeldung
- Funktionen
 - Strukturierung der Bitübertragungsschicht (Wort- und Rahmenbildung sowie Wort- und Rahmensynchronisierung)
 - Sequenzierung (Sicherung der Reihenfolge von Bits, Wörtern und Meldungen)
 - Multiplexbildung (Splitten oder Zusammenfassen der Bitübertragungstrecken)
 - Verwaltung von gesicherten Verbindungen (Aufbau, Abbau und Zuordnung von Verbindungen nach Prioritäten und Güteparametern. Meist wird auch der Zugang zur Strecke, d. h. Verwaltung des Mediums hier angesiedelt)
 - Sicherung der Teilstrecken (durch Fehlererkennungs- und Fehlerbehebungsmaßnahmen)
 - Flussregelung zwischen den benachbarten Systemen
 - Umsetzung der zwischen den Instanzen der Schicht 3 auszutauschenden Nachrichten auf die gesicherten Strecken
 - Fehlerbehandlung und -verwaltung (der Schicht 2-Funktionen)

1.3.3 Vermittlungsschicht (Schicht 3)

Vermittlungsschicht

- Englisch: Network Layer
- Aufgabe: Erstellung und Unterhaltung von Netzverbindungen (für verbindungsorientierte Datenübertragung) und von Netzrouten (für verbindungslose Dateübertragung) zwischen Endsystemen im Kommunikationsnetz unter Verwendung von gesicherten Teilstrecken (d. h. unter Verwendung der Schicht 2-Dienste)
- Dienste
 - Auf- und Abbau von Verbindungen zwischen Endsystemen

- Datenübermittlung über Netzverbindungen und Netzzrouten (mit Mindest-Güteparametern wie Kosten, Durchsatz, Verzögerungen u.s.w. sowie Prioritäten)
- Fehlermeldung und -verwaltung
- Funktionen:
 - Splitten oder Zusammenfassen von gesicherten Teilstrecken (Multiplexbildung)
 - Sequenzierung und Sicherung auf zusammengefassten oder gesplitteten Teilstrecken (um z. B. die erforderliche Güte der Schicht 3-Dienste zu erhalten)
 - Wegesuche, Leitweglenkung, Routen- und Ersatzroutenbestimmung
 - Verwaltung von Netzverbindungen (Zuteilung nach Güteparametern und Prioritäten)
 - Betrieb von Netzverbindungen und Netzzrouten zwischen Endsystemen
 - Flussregelung und Optimierungen im Kommunikationsnetz (z. B. Kostenminimierung, Verzögerungsminimierung, Überlastbehandlung, Blockierungsauflösung)
 - Fehlerbehandlung und -verwaltung (der Schicht 3-Funktionen)

Transportschicht **1.3.4 Transportschicht (Schicht 4)**

- Englisch: Transport Layer
- Aufgabe: Gesicherte transparente Datenübertragung auf Netzverbindungen oder Netzzrouten (d. h. unter Verwendung der Schicht 3-Dienste) zwischen Endsystemen
- Dienste
 - Auf- und Abbau von Ende-zu-Ende Transportverbindungen
 - Datenübertragung auf Ende-zu-Ende Transportverbindungen und Transportrouten
 - Fehlerbehandlung und -verwaltung
- Funktionen
 - Splitten oder Zusammenfassen von Netzverbindungen zu Transportverbindungen
 - Sequenzierung und Sicherung auf Ende-zu-Ende Transportverbindungen oder Transportrouten
 - Flussregelung zwischen Endsystemen
 - Verschlüsselung von Meldungen zwischen Endsystemen
 - Betrieb von Transportverbindungen und -routen

- Verwaltung von Transportverbindungen (Zuteilung nach Güteparametern und Prioritäten)
- Fehlerbehandlung und -verwaltung (der Schicht 4-Funktionen)

1.3.5 Kommunikationssteuerungsschicht (Sitzungsschicht, Schicht 5)

Kommunikationssteuerungsschicht

- Englisch: Session Layer
- Aufgabe: Betrieb und Verwaltung von Sitzungen zwischen Anwenderinstanzen (unter Verwendung von Diensten der Transportschicht)
- Dienste
 - Auf- und Abbau von Sitzungen zwischen Anwenderinstanzen
 - Durchführung von Sitzungen (Dialogverwaltung, Synchronisation, Datenübermittlung)
 - Fehlermeldung und -verwaltung
- Funktionen
 - Umsetzung von Sitzungen auf Transportverbindungen oder Transportrouten und entsprechende Datenübermittlung
 - Dialogverwaltung (z. B. Verwaltung des Senderechtes oder Abgrenzung von Aktivitäten innerhalb eines Dialoges)
 - Synchronisation des Dialoges (Setzen von Synchronisationspunkten, Rücksetzung des Dialoges auf einen Synchronisationspunkt)
 - Verwaltung von Sitzungen (Zuordnung nach Güteparametern und Prioritäten)
 - Fehlerbehandlung und -verwaltung (der Schicht 5-Funktionen)

1.3.6 Darstellungsschicht (Schicht 6)

Darstellungsschicht

- Englisch: Presentation Layer
- Aufgabe: Einheitliche Darstellung von Informationen der Anwendungsinstanzen, um die Kommunikation zwischen verschiedenen Endsystemen während einer Sitzung zu ermöglichen
- Dienste
 - Festlegung der lokalen (systeminternen) Darstellung für eine Sitzung
 - Festlegung der (globalen) neutralen Darstellung für eine Sitzung
 - Austausch von Informationen zwischen den Anwendungsinstanzen (ggf. mit Darstellungsumsetzungen) während einer Sitzung
 - Fehlerbehandlung und -verwaltung
- Funktionen

- Vereinbarungen über die lokalen (systeminternen) Darstellungen von Informationen für eine Sitzung (z. B. Zeichencodierung, Darstellung auf Bildschirm)
- Vereinbarungen über die (globale) neutrale Informationsdarstellung für eine Sitzung (z. B. Codierung der Anwenderinformationen, Codierung der Darstellungsinformationen)
- Überprüfung der Einhaltung lokaler Darstellungsvereinbarungen
- Umsetzungen zwischen lokalen und neutralen Darstellungen während einer Sitzung
- Fehlerbehandlung und -verwaltung (der Schicht 6-Funktionen)

Anwendungsschicht **1.3.7 Anwendungsschicht (Schicht 7)**

- Englisch: Application Layer
- Aufgabe: Wahrnehmung der kommunikationsrelevanten Aspekte des Anwendungsprozesses, Quelle und Senke für die Kommunikation
- Funktionen: Die Funktionen können je nach Anwendung sehr verschieden sein, so dass wir nur einige Beispiele aufzählen:
 - Identifikation des Kommunikationspartners
 - Nachfrage, ob der Partner verfügbar ist
 - Schutzmechanismen
 - Kostenregelung
 - Synchronisation der Anwendungsprozesse
 - File Transfer
 - Remote Job Entry
 - Message Handling
 - Virtual Terminal Function

Die Entwicklung eines Protokollstacks, der genau dem ISO-OSI-Modell entspricht ist insgesamt sehr aufwendig. Beispielsweise enthalten die Schichten einzelne Funktionen mehrfach, die neben dem Realisierungsaufwand auch zu kleinerem Durchsatz führen können. Außerdem kann abhängig von der Technologie auch eine andere Aufteilung der Funktionen sinnvoll sein. Daher existieren viele Entwicklungen (siehe ATM), die sich nicht exakt auf das ISO-OSI-Modell abbilden lassen. Daneben gibt es aber auch eine Vielzahl von Architekturen bei denen eine genau Zuordnung ohne weiteres möglich ist. Eine davon ist die TCP/P-Implementierung, welche im Folgenden näher betrachtet wird.

Selbsttestaufgabe 1.3-1:

Das OSI-Modell für Kommunikationssysteme besteht aus 7 Schichten, die jeweils bestimmte Gruppen von Kommunikationsaufgaben übernehmen. Zeigen Sie an Beispielen jeweils eine dieser Aufgaben für jede einzelne Schicht auf.

1.4 TCP/IP-Protokollfamilie

In diesem Abschnitt wird eine Einführung in die TCP/IP-Protokollfamilie gegeben. Der Schwerpunkt liegt dabei weniger auf der detaillierten Darstellung der einzelnen Protokolle und Datenformate, vielmehr sollen die Grundlagen und Zusammenhänge aufgezeigt werden.

Die Geschichte des Internet ist sehr stark verbunden mit dem Kommunikationsprotokoll TCP/IP – dem **Transmission Control Protocol/Internet Protocol**. Als der Vorgänger des Internet, das ARPANET, in den siebziger Jahren immer größer wurde, stellte man fest, dass es immer schwieriger wurde, ein gemeinsames Protokoll zu finden, das von allen Rechnersystemen verstanden wurde und auch in großen Netzen stabil lief. Hinzu kam, dass sich weitere Netze entwickelten, wie z. B. das USENET und FIDONET, die untereinander und mit dem ARPANET verbunden werden sollten. In dem sich so entwickelnden Verbundnetz kam überwiegend ein Protokoll zum Einsatz – das TCP/IP Protokoll. Das Netz, das sich zwischen den verschiedenen Netzinseln entwickelte, kann praktisch als Netz zwischen den Netzen, oder auch „InterNetz“, bezeichnet werden, woraus sich im Englischen der Name „Internet“ entwickelte.

Internet-Protokoll

Die grundlegende Idee von TCP/IP wurde 1974 von Vinton Cerf und Robert E. Kahn in einem wissenschaftlichen Artikel veröffentlicht. Im Jahre 1980 wurde dann begonnen, alle Hostrechner des ARPANET (ca. 300) auf TCP/IP umzustellen. Im Jahr 1983 war die Umstellung auf TCP/IP abgeschlossen, und das Internet war geboren.

Die freie Verfügbarkeit von TCP/IP führte dazu, dass nach dem Militär in den achtziger Jahren zuerst wissenschaftliche Einrichtungen und Hochschulen das Internet für den Informationsaustausch nutzten, in den neunziger Jahren wurde das Internet dann zunehmend auch für kommerzielle und private Anwendungen interessant.

Das Prinzip der TCP/IP-Übertragung liegt darin, dass es eine klare Aufgabenverteilung zwischen den einzelnen Protokollen von TCP/IP gibt. Das Internet-Protokoll (IP) hat die Aufgabe, Datenpakete von einem Sender durch das Kommunikationsnetz an den Empfänger zu leiten. Falls ein Paket verloren geht, wird dies den Kommunikationspartnern nicht angezeigt. Diese Aufgabe übernimmt das oberhalb von IP operierende TCP, das im Fehlerfall eine erneute Übertragung von Datenpaketen anfordert.

Übertragungsprinzip

TCP/IP Vorteile Ein großer Vorteil von TCP/IP ist, dass es in heterogenen Netzen eingesetzt werden kann, die aus unterschiedlichen physikalischen Netzen und Netztopologien bestehen. Um z. B. zwei kleine lokale Netze in unterschiedlichen Städten zu verbinden, muss keine Direktverbindung zwischen den LANs aufgebaut werden, sondern jedes LAN braucht nur an das Internet-Backbone angeschlossen zu sein. Die Kommunikation zwischen den beiden LANs erfolgt dann über das Internet, unabhängig davon, welche Technologie unterhalb der TCP/IP-Protokollschichten an den beiden Standorten eingesetzt wird.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die beiden kommunizierenden Hosts nicht wissen müssen, auf welchem Weg die Daten zu dem jeweiligen Kommunikationspartner gelangen. Die Datenpakete werden nur mit der Zieladresse des anderen Hosts versehen und dann an das Netz übergeben. Innerhalb des Netzes sorgen dann spezialisierte Rechner, die als **Router** bezeichnet werden, dafür, dass die Datenpakete durch das Internet an das gewünschte Ziel gelangen. Falls eine Verbindung innerhalb des Netzes ausfällt, wird einfach über einen Umweg geroutet und die Daten erreichen trotzdem ihr Ziel. Router haben also die Aufgabe, die verschiedenen selbständigen Netze innerhalb des „Internetes“ miteinander zu verbinden. Das bedeutet, dass sie immer mindestens mit zwei verschiedenen Netzen verbunden sind und somit auch mindestens zwei Internetadressen besitzen (hosts).

Ein weiterer wichtiger Grund für die starke Verbreitung von TCP/IP ist, dass es von Anfang an für den Einsatz in Client-Server-Anwendungen konzipiert wurde. In diesem Konzept kann jeder Host als Client oder Server agieren, unabhängig davon ob es sich bei dem Computer um einen PC oder eine Mainframe handelt. Als Server wird hierbei ein Host bezeichnet, der anderen Rechnern über ein Netz einen Dienst zur Verfügung stellt. Ein Rechner, der den Dienst auf einem Server in Anspruch nimmt, wird als Client bezeichnet. Typische Client-Server-Anwendungen sind z. B. das World Wide Web, das File Transfer Protocol oder eine Datenbankabfrage.

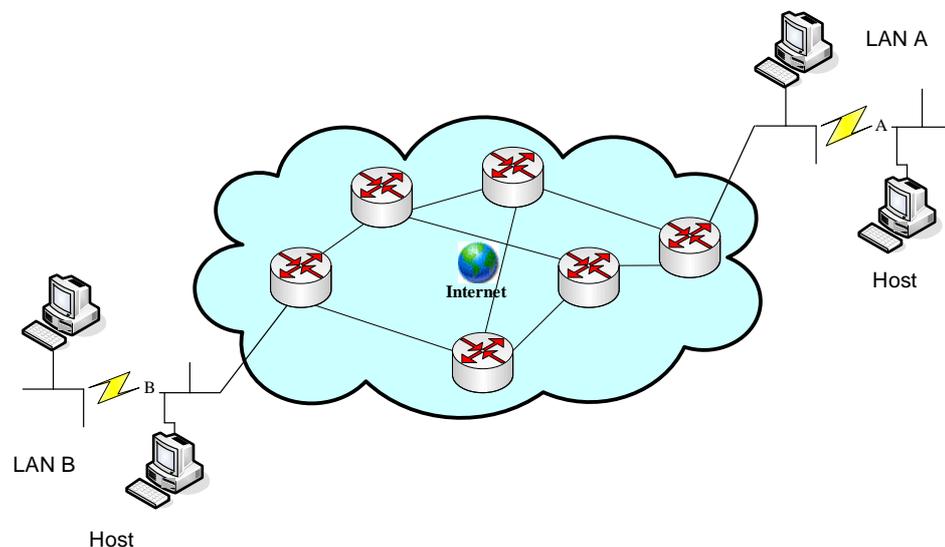


Abb. 1.4-1: Hosts in verschiedenen LANs kommunizieren über das Internet

1.4.1 TCP/IP-Modell

Zu der TCP/IP-Protokollfamilie gehört neben TCP und IP ein ganzer Satz weiterer Protokolle, die sich über die verschiedenen Schichten des OSI-Modells verteilen. Die TCP/IP-Protokolle sind entsprechend dem OSI-Modell schichtweise angeordnet. Im Gegensatz zum OSI-Modell besteht das **TCP/IP-Modell** nicht aus sieben sondern nur aus vier Schichten (siehe Abb. 1.4-2), wobei diese vier Schichten aber eindeutig den OSI-Schichten zugeordnet werden können.

*TCP/IP
Schichtenmodell*

OSI	TCP/IP
7 Anwendungsschicht	Anwendung FTP, HTTP, SMTP, TELNET,
6 Darstellungsschicht	
5 Kommunikations- Steuerungs (sitzungs) schicht	
4 Transportschicht	Transport TCP, UDP
3 Vermittlungsschicht	Internet IP
2 Sicherungsschicht	Netz-Interface HDLC, ATM, Ethernet, FDDI
1 Bitübertragungsschicht	

Abb. 1.4-2: Das TCP/IP-Schichtenmodell

Die Verwendung eines solchen Schichtenmodells hat den Vorteil, dass z. B. ein Anwendungsentwickler nicht wissen muss, welche Netztechnologie bei potentiellen Kunden eingesetzt wird. Das Schichtenmodell verbirgt die Technologie unterhalb der IP-Schicht und die Anwendung kann ohne Wissen über die eingesetzte Technologie entwickelt werden.

Auf der **Anwendungsschicht** laufen Programme, die auf Dienste in dem TCP/IP-Netz zugreifen. Die Anwendungen entscheiden, ob ein konstanter Datenstrom verarbeitet werden soll oder ob einzelne Nachrichten über das Netz ausgetauscht werden. Im ersten Fall wird die Anwendung TCP verwenden, im zweiten Fall UDP. Das Anwendungsprogramm überreicht seine Daten in der gewünschten Form an die Transportschicht.

Anwendungsschicht

- Transportschicht** Die **Transportschicht** ermöglicht die Kommunikation zwischen zwei Anwendungen über das TCP/IP-Netz (Ende-zu-Ende-Verbindung). TCP-Verbindungen bieten einen zuverlässigen Dienst, bei dem dafür gesorgt wird, dass keine Datenpakete verloren gehen und diese in der richtigen Reihenfolge an die Anwendungen weitergeleitet werden. UDP hingegen garantiert nicht dafür, dass alle gesendeten Pakete auch zum Empfänger gelangen. Dafür ist es gut geeignet, ohne großen Protokoll-Overhead Nachrichten an die Kommunikationspartner zu schicken. So wird für die E-Mail TCP und für Videostreams UDP verwendet. Dateneinheiten auf der Transportschicht werden als Segmente (TCP) oder Nachrichten (UDP) bezeichnet.
- Internetschicht** Die **Internet-Schicht** übernimmt die Aufgabe, die Daten aus den höheren Schichten in Pakete zu verpacken und durch das TCP/IP-Netz an das Ziel zu routen. Im Gegensatz zur Transportschicht erfolgt hier die Kommunikation nicht zwischen Programmen, sondern zwischen Hosts. Die Datenpakete auf der Internet-Schicht werden als Datagramme bezeichnet und transportieren die TCP-Segmente und UDP-Nachrichten der Transportschicht als Nutzlast.
- Netz-Interface-Schicht** Die **Netz-Interface-Schicht** bildet die unterste Ebene in dem TCP/IP-Modell und hat die Aufgabe, die Daten über die jeweilig vorhandenen physikalischen Netze zu senden. Dateneinheiten auf der untersten Schicht werden als Rahmen (Frame) bezeichnet. Das Rahmenformat ist abhängig von der eingesetzten Netztechnologie und transportiert IP-Datagramme als Nutzlast.

Literaturverzeichnis

- [AGG90] Aggarwal S., Sabnani K.: Application of formal techniques to the OSI Protocols, Special Issue Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 18, Nr. 3, April 1990
- [COM00] Douglas E. Comer.: Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols, and Architectures, 4 edition, Prentice Hall, 2000
- [COM04] Douglas Comer.: Computer Netzwerke und Internets mit Internet-Anwendungen, 3. überarbeitete Auflage, Prentice Hall, 2004
- [FRE98] Freer J.: Computer Communications and Networks, IEEE Press, 1998
- [HAE00] H. Häckelmann, H.J. Petzold, S. Strahringer.: Kommunikationssysteme: Technik und Anwendungen, Springer Verlag, 2000
- [HAL96] Halsall F.: Data Communications, Computer Networks, Open Systems, Addison-Wesley, 4 edition, 1996
- [HEN92] Henshall J, Shaw S.: OSI praxisnah erklärt, Hanser Verlag, 1992
- [JAI90] Jain B.N., Agrawala A.K.: Open Systems Interconnection: Its Architecture and Protocols, Elsevier, 1990

- [KAD01] Firoz Kaderali.: Handbuch Unternehmensnetze: Zukunftssicherer Einsatz und Betrieb heterogener DV- und TK-Netze, Deutscher Wirtschaftsdienst, 2001
- [KAU97] Kauffels F. J.: Moderne Datenkommunikation: Eine strukturierte Einführung, WMI Buch AG 2. Auflage, 1997
- [KER95] Kerner H.: Rechnernetzwerke nach ISO, 3. Auflage, Addison-Wesley, 1995
- [KUR04a] F. Kurose and K. W. Ross. Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet, Addison-Wesley, 3 edition, 2004. Online version <http://occ.awlonline.com/bookbind/pubbooks/kurose-ross1/#>
- [KUR04b] F. Kurose and K. W. Ross.: Computernetze: Ein Top-Down-Ansatz mit Schwerpunkt Internet, Addison-Wesley, 2004
- [MEU90] Meulen H., Schäfer W.: SNA: Systems Network Architecture, Datacom Verlag, 1990
- [MOD91] Modiri N.:The OSI Reference Model Entities, IEEE Network Magazine, Vol. 5, No. 4, p. 24 - 33, July 1991
- [OTF00] Otfried Georg.: Telekommunikationstechnik: Handbuch für Praxis und Lehre, Springer Verlag, 2000
- [PER03] Peterson Larry L., Davie Bruce S.: Computer Networks: A System Approach, 3rd Edition, Morgan Kaufmann, 2003
- [PER04] Peterson Larry L., Davie Bruce S.: Computernetze: eine systemorientierte Einführung, Deutsche Ausgabe der 3. amerikanischen Auflage, Dpunkt Verlag, 2004
- [PIS93] David M. Piscitello, A. Lyman Chapin.: Open Systems Networking: Tcp/Ip and Osi, Addison-Wesley, Professional Computing, 1993
- [SCH87] Schwartz M.: Telecommunication networks, Addison-Wesley Verlag, 1987
- [STA03] William Stallings.: Data & Computer Communication, 7 edition, Prentice Hall, 2003
- [TAN03] Tanenbaum A.S.: Computer-Netzwerke, 4. Auflage, Prentice Hall, 2003
- [WAL02] Walter E. Proebster.: Rechnernetze: Technik, Protokolle, Systeme, Anwendungen, 2 überarbeitete Auflage, Oldenbourg, 2002
- [WET01] Debra Wetteroth. OSI Refernce Model for telecommunications, McGraw-Hill Professional Publishing; 1st edition, 2001

Lösungen zu Selbsttestaufgaben der Kurseinheit

Lösung zu Selbsttestaufgabe 1.1-1:

- a. In offenen Systemen sind die Produkte unterschiedlicher Hersteller nach dem ISO - Modell konzipiert und deshalb zueinander annähernd kompatibel, d. h. eine freizügige Kommunikation ist möglich.
- b. Eine Schicht stellt eine Gruppe von Kommunikationsaufgaben eines Kommunikationssystems dar.
- c. Ein Protokoll besteht aus den Regeln (einschließlich den zeitlichen Bedingungen), nach denen der logische Meldungs austausch zwischen zwei gleichen Schichten von Kommunikationssystemen abgewickelt wird.
- d. Primärmeldungen sind Meldungen, die zwischen zwei benachbarten Schichten ausgetauscht werden.

Lösung zu Selbsttestaufgabe 1.3-1:

Schicht 1: Bitsynchronisation auf Teilübertragungstrecken.

Schicht 2: Flussregelung beim Verbindungsaufbau zwischen einem Endgerät und der Vermittlungsstelle.

Schicht 3: Wegesuche für den Verbindungsaufbau zwischen zwei Teilnehmern.

Schicht 4: Flussregelung für einen Drucker, dessen Druckgeschwindigkeit geringer als die Übertragungsgeschwindigkeit des Systems ist.

Schicht 5: Dialogverwaltung für zwei Datenendgeräte, die z. B. über ein System mit Halbduplexübertragung Nachrichten austauschen wollen.

Schicht 6: Bei der Datenübertragung zwischen zwei PC's mit unterschiedlicher Codierung für die Bildschirmdarstellung wird die Umsetzung für ein globales Darstellungsformat durchgeführt.

Schicht 7: Bei der Benutzung einer Datenbank wird zu Beginn die Identifikation und Autorisierung des Benutzers überprüft.

