Rechnernetze

WS 1998/99

Prof. Dr. W. Effelsberg

Lehrstuhl für
Praktische Informatik IV

Universität Mannheim

Inhalt

1. Einführung

1.1 Geschichte der Rechnernetze, Motivation
1.2 Typen von Rechnernetzen
1.3 Protokollhierarchien
1.4 Normungsgremien
1.5 ISO-Referenzmodell für offene Rechnernetze

2. Bitübertragungsschicht (Physical Layer)

2.1 Definition
2.2 Mechanische/elektrische/funktionale Spezifikation
2.3 Übertragungstechniken, Modulation
2.4 Physikalische Medien
2.5 Beispiele: V.24, ADSL

3. Sicherungsschicht (Data Link Layer)

3.1 Übertragungsfehler: Ursachen
3.2 Fehlererkennungs- und Fehlerkorrekturcodes
3.3 Bitstopfen und Rahmenbegrenzer
3.4 Bestätigungen und Sequenznummern
3.5 Flußkontrolle
3.6 Beispiel: HDLC

Inhalt (2)

4. Lokale Netze

4.1 Topologien für lokale Netze
4.2 Medienzugangskontrolle
4.3 ALOHA
4.4 CSMA/CD (Ethernet)
4.5 Token Ring
4.6 FDDI
4.7 Logical Link Control im LAN
4.8 Sternkoppler und LAN Switching

5. Weitverkehrsnetze und Routing

5.1 Das Prinzip der Paketvermittlung
5.2 Virtuelle Verbindungen oder Datagramme?
5.3 Wegewahl (Routing) für Punkt-zu-Punkt-Netze
5.4 Wegewahl (Routing) für Multicast-Netze
5.5 Überlastkontrolle in der Vermittlungsschicht
5.6 Beispiele: IP, X.25, ATM

6. ISDN

6.1 Ziele von ISDN
6.2 Grundlagen von ISDN
6.3 Schichten 1, 2 und 3 für ISDN
6.4 Breitband-ISDN
6.5 ISDN-Standards

Inhalt (3)

7. Transportschicht

7.1 ISO-Definition der Transportschicht
7.2 ISO-Transportdienst
7.3 ISO-Transportprotokolle
7.4 Transportprotokolle im Internet: Architektur
7.5 UDP (User Datagram Protocol)
7.6 TCP (Transmission Control Protocol)

8. Darstellungsschicht

8.1 Aufgaben und Funktionsweise
8.2 Die Darstellungsschicht nach ISO/OSI
8.3 XDR - die Darstellungs"schicht" im Internet

9. Anwendungsschicht

9.1 Architektur der Anwendungsprotokolle im Internet
9.2 smpt für elektronische Post
9.3 ftp für Dateitransfer
9.4 nfs für den Fernzugriff auf Dateien im Netz
9.5 telnet für virtuelles Terminal (remote login)
9.6 http für das World Wide Web
9.7 Telefondienste über IP

10. Formale Methoden zur Spezifikation von Protokollen

11. Verzeichnisdienste

11.1 Architektur des Domain Name Service (DNS)
11.2 Protokolle des DNS

Literatur (1)

1. **Bocker, P.:** ISDN – The Integrated Services Digital Network, 2. Auflage, Springer-Verlag, 1992
2. **Comer:** Internetworking with TCP/IP, Vol.1; Prentice-Hall, 1995
3. **De Prycker, Martin:** Asynchronous Transfer Mode. 3rd edition, Prentice Hall Europe, 1995
4. **Halsall, Fred:** Data Communications, Computer Networks and Open Systems. 3rd edition, Addison-Wesley, 1992
5. **Huitema, Ch.:** Routing in the Internet, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995
6. **Huitema, Ch.:** IPv6, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995
7. **Kuo, Frank, Effelsberg, Wolfgang und Garcia-Luna-Aceves, J.J.:** Multimedia Communications - Protocols and Applciations. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998
8. **Partridge, C.:** Gigabit Networking. Addison Wesley, 1994
9. **Peterson, Larry L. and Davie, Bruce S.:** Computer Networks - A Systems Approach. Morgan Kaufmann Publishers, 1996

Literatur (2)

10. **Tanenbaum, A.S.:** Computer Networks. 3rd edition, Prentice Hall, 1996
11. **Zitterbart, M.:** Hochleistungskommunikation, Band 1: Technologie und Netze. Oldenbourg, München/Wien, 1995
12. **Zitterbart, M.:** Transportdienste und Transportprotokolle (Hochleistungskommunikation, Band 2), Oldenbourg, München/Wien, 1996
13. **Zitterbart, M., Schmidt, C.:** Internetworking - Brücken, Router&Co.; TAT-Band 8, International Thomson Publishing, 1995

1.1 Geschichte der Rechner und der Rechnernetze

1950: Hauptspeicher 64 KB
BATCH-Betriebssystem, Einbenutzerbetrieb
Programmierung in Assembler
Peripherie: Lochstreifen

1960: Hauptspeicher 64 KB (Magnetkerne)
BATCH, Multiprogramming, I/O-Kanäle
FORTRAN, COBOL
Magnettrommel, Magnetplatte, Magnetband, Lochkarten

1970: Hauptspeicher 256 KB (Halbleiter/Magnetkerne)
Virtueller Speicher, Paging
Time-Sharing-Betriebssysteme
Terminals für Systemprogrammierer

1980: Hauptspeicher 1 MB (Halbleiter)
Time-Sharing + TP-Monitor
Terminal-Netze über Standleitungen
Interaktive Programmentwicklung am Terminal
Transaktionsverarbeitung On-Line am Terminal
Magnetplatte, Magnetband

Geschichte der Rechner (2)

1990: Leistungsstarke Arbeitsstationen und PCs
mit 1 MB Hauptspeicher, 1 MIPS, 1 Mio. Bildpunkte
Abteilungsrechner
Zentrale Großrechenzentren
Benutzerfreundliche Programme auf PCs
UNIX
PASCAL, C
LAN, WAN mit Paketvermittlung (X.25)
Netzarchitekturen der Hersteller
ISO-OSI-Architektur
Glasfaserkabel
Mobilfunk

1998: PCs und Unix-Workstations weit verbreitet
64 MB Hauptspeicher, RISC, 64 Bit CPU
Abteilungs-Server derselben Architektur
Zentrale Großrechenzentren
Windows 98, Unix
C, C++
LAN (100 MBit/s), ATM als Backbone,
Internet-Protokolle dominieren alles, WWW; lokale PC-Netze; Glasfaserkabel, Mobilfunk, Satelliten (LEO); Aufhebung des Postmonopols im Weitverkehr

Geschichte des Internet

1965: Experimentelles Rechnernetz mit drei Rechnern am MIT aufgebaut

1968: Verbindung von Rechnern über ein gemeinsames Medium
Ziel: Datenübertragung bei einem nuklearen Unfall

1969: Gründung der Network Working Group
Die ersten vier Rechner werden miteinander verbunden
(UCLA, UCSB, SRI, University of Utah)

1971: Experiment: Einloggen in entfernte Rechner
Nutzung von E-mail

1972: Erste öffentliche Demonstration des Netzwerkes

1973: Erste Satelliten-Übertragungsstrecke (Hawaii-CA)

1973/74: Entwurf der TCP/IP-Protokolle zur Verknüpfung verschiedener Netze

1975: Verwaltung an das Department of Defense übergeben

1980: TCP/IP-Protokolle in Berkeley UNIX

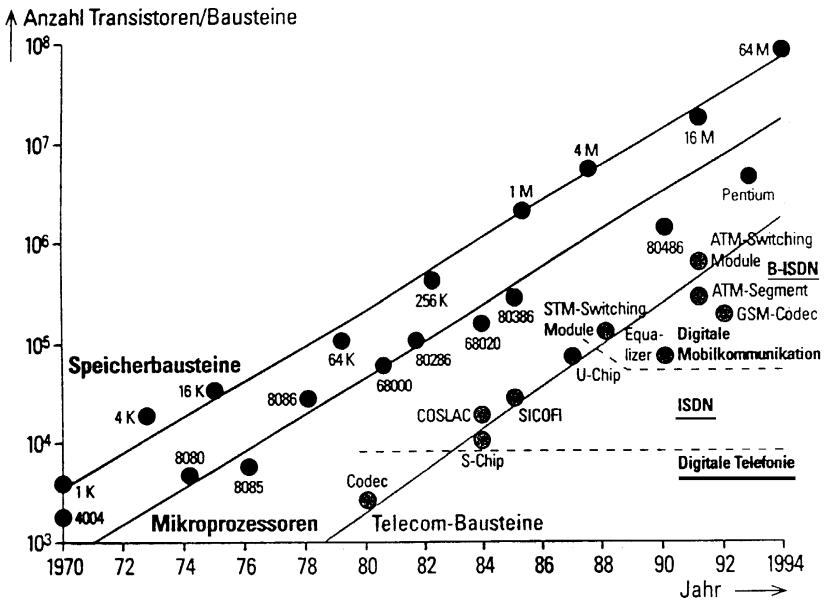
Ende 80er: Internet breitet sich in Europa, Australien, ... aus
Wachstumsrate:10-15% Rechner pro Jahr
über 25% Verkehr pro Jahr

Geschichte des Internet (2)

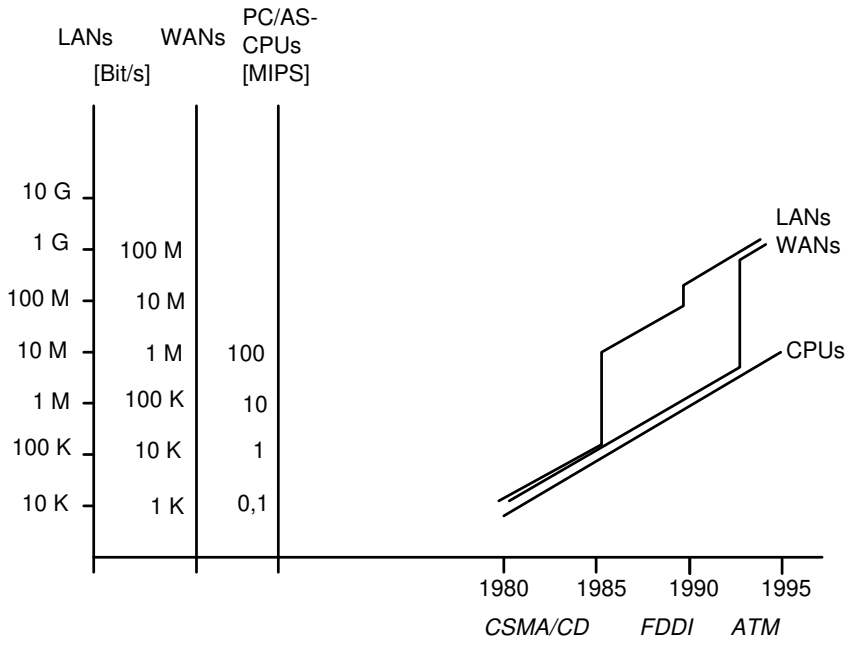
1989-92: 85% Zuwachs an Rechnern zwischen ’89 und ’92 (80.000 Rechner ’89, 727.000 Rechner ’92)
- 2.056.000 Rechner 1993!!

1991-98: 105% Zuwachs an Datenvolumen (1.1 10^{13} Bytes/Monat)
120% Zuwachs an Netzen (28.578)
IP Version 6 erscheint im Markt
IP Telephony wird populär

Fortschritte in der Mikroelektronik



MIPS, LANs und WANs



1.2 Typen von Rechnernetzen, Abgrenzung

Kopplung unabhängiger Rechner zum Zweck des Datenaustauschs

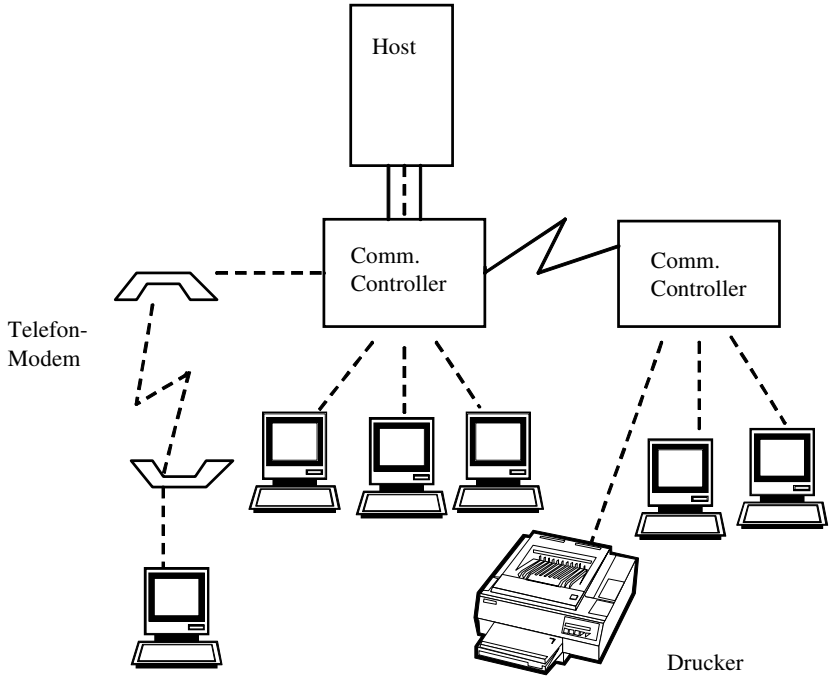
Abgrenzung gegenüber

- Bus, Kanal
- Interkonnektionsnetz eines Parallelrechners (Mehrprozessor-System vs. Verteiltes System)
- Terminalnetz
- DC-System, TP-Monitor

Ziele der Rechnernetze

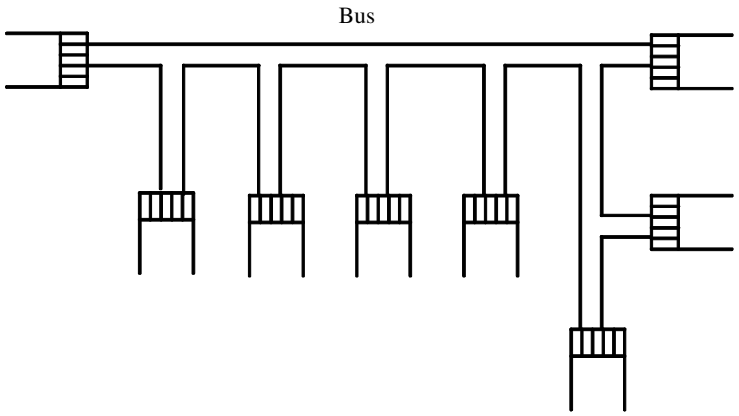
- **Datenverbund**
  Zugriff auf entfernte Daten
- **Funktionsverbund**
  Zugriff auf Spezialrechner, z.B. Server
- **Lastverbund**
  gleichmäßige Lastverteilung
- **Verfügbarkeitsverbund**
  Fehlertoleranz, schrittweises Wachstum

Terminalnetz

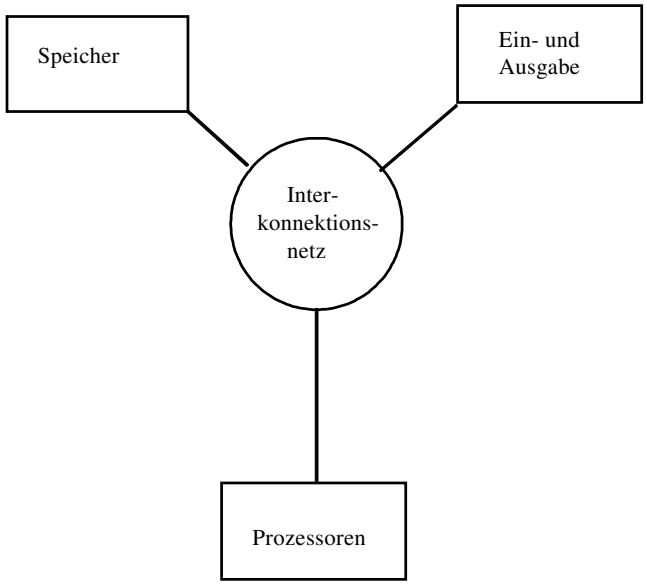


Bus und Interkonnektionsnetz

Bus in einem Rechner

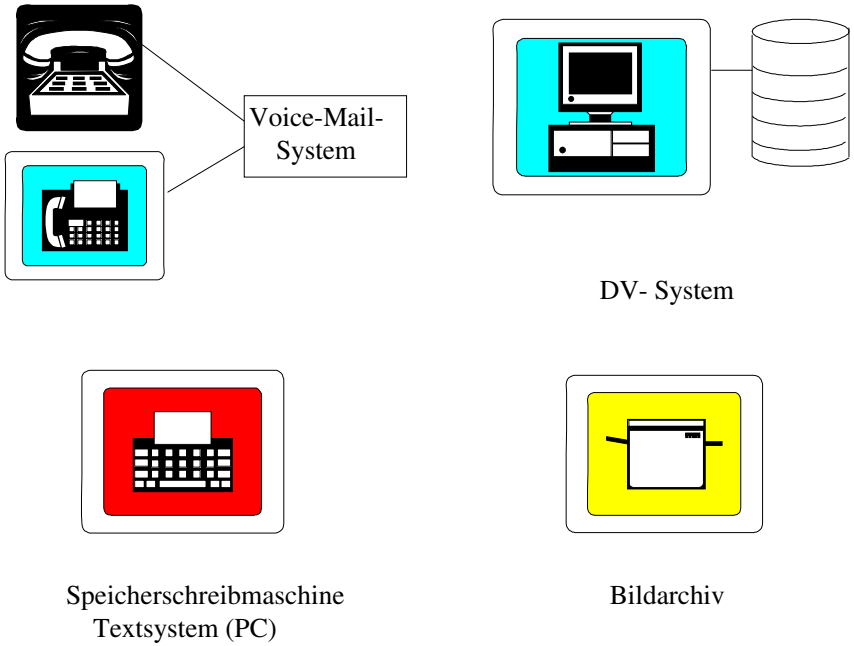


Interkonnektionsnetz in einem Parallelrechner



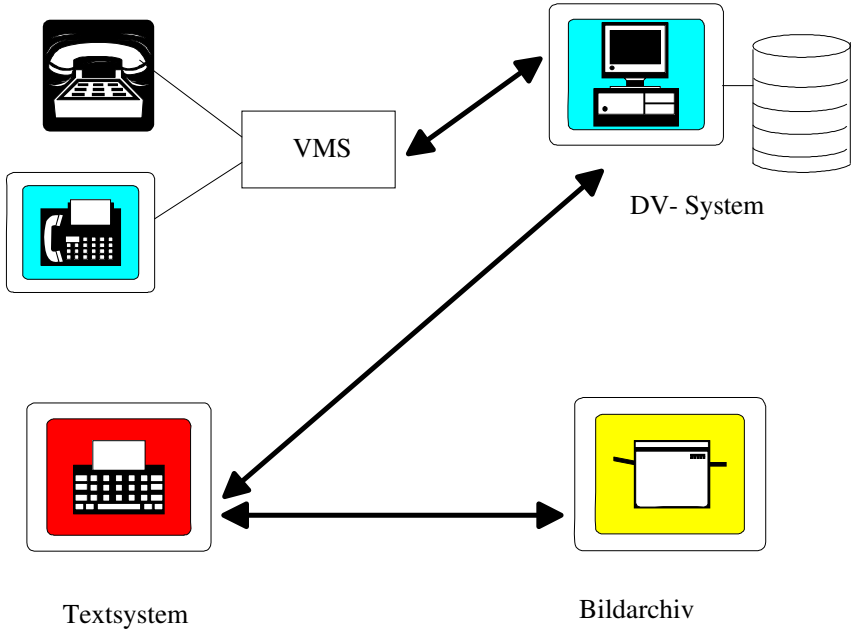
n Prozessoren

Bürosysteme (historisch)

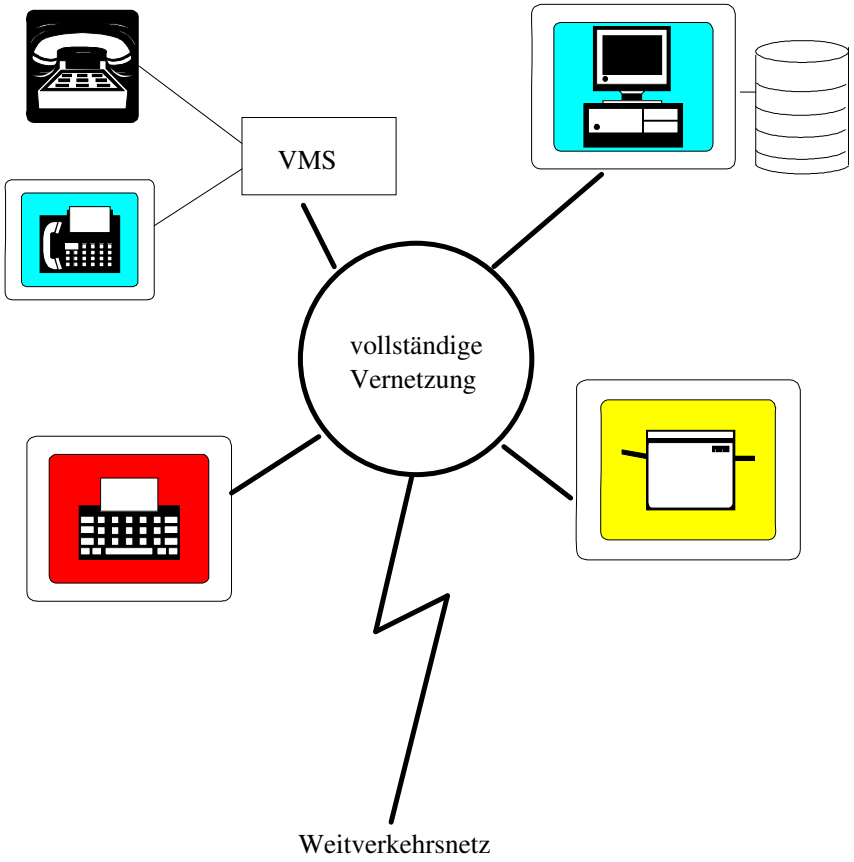


Verschiedene unabhängige Subsysteme

Kommunikation zwischen unabhängigen Subsystemen



Zielsetzung



1.3 Normungsgremien

Normung des Begriffs "Normung" (DIN 820)

Normung ist die planmäßige, durch die interessierten Kreise gemeinschaftlich durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit.

Normungsinstitutionen

- International Organization for Standardization (ISO)
- International Telecommunications Union (ITU) Ehemals: Comite Consultatif International de Télégraphie et Téléphonique (CCITT)
- European Computer Manufacturers Association (ECMA)
- CEN/ CENELEC/ ETSI (europäisch)
- National Institute of Standards and Technology (NIST)

International Standards Organization (ISO)

- Normung auf internationaler Ebene
- Mitglieder: Nationale Normungsgremien (DIN, ANSI, AFNOR,...)
  - ISO TC 97: Information Processing Systems
  - DIN: Normungsausschuß Informationsverarbeitung (NI)
  - TC 97/SC 6: Data Communications
  - TC 97/SC 18: Text and Office Communications
  - TC 97/SC 21: Open Systems Interconnection
- Stufen einer Norm
  a) Working Draft (WD)
  b) Draft Proposal (DP)
  c) Draft International Standard (DIS)
  d) International Standard (IS)
- Normen besitzen keine Rechtsverbindlichkeit

International Telecommunications Union (ITU)

ehemals: Comité Consultatif International de Télégraphie et Téléphonique (CCITT)

- Internationale Vereinigung der Postgesellschaften (Telecoms)
- Vollversammlung alle 4 Jahre (..., 1980, 1984, 1988, 1992, 1996 ...)
- Verabschiedung von Empfehlungen (Recommendations)
- Verwendung verschiedener Farben für die Empfehlungen jeder Vollversammlung
  - gelb (Yellow Books) (1980)
  - rot (Red Books) (1984)
  - blau (Blue Books) (1988)
- ITU ist eine UN-Organisation
  - ITU-R (ITU Radiocommunication Standardization Sector)
  - ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector)
- gegliedert in 15 Studienkommissionen
  - Studienkommission 7: Data networks and Open Systems communication

CEN/CENLEC/ETSI

- europäische Normungsinstitute
- europaweite Harmonisierung der nationalen Normen
- Functional Standards, Profiles

und viele weitere

Standards im Internet

- Gründung des IAB (Internet Activity Board)
- IAB
  - IETF (Internet Engineering Task Force)
  - IRTF (Internet Research Task Force)

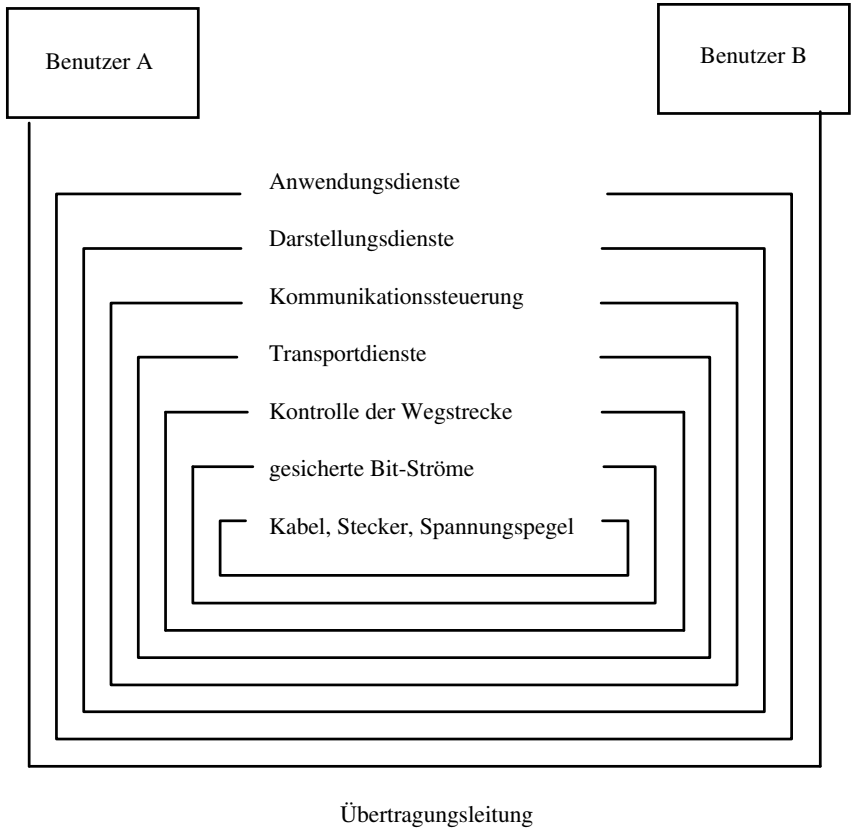
- RFC (Request for Comment)
- sind nicht immer Standarddokumente, können auch rein informell sein
- Arbeitsgruppen mit jeweils einem Leiter
  - Mitglied der Arbeitsgruppe kann jeder werden
  - Kommunikation erfolgt vorwiegend über E-Mail oder Videokonferenzen
  - typische Arbeitszeit: 9-18 Monate
  - Ergebnis: Proposed Standard
- Draft Standard: mindestens zwei unabhängige Implementierungen; Interoperabilitätstests; Stabilität über 4 Monate ---> Internet Standard

Industriekonsortien

- Zusammenschluß vorwiegend industrieller Partner
- Ziel: rasche Realisierung kompatibler Produkte
  - deshalb: schnelle Entwicklung eines gemeinsamen de-facto Standards
- Einbringung der Ergebnisse in die internationale Standardisierung
- Beispiele:
  - ATM-Forum
  - SMDS Interest Group
  - BONDING (Bandwidth on Demand Interoperability Group)
- Problem: Vorgehensweise manchmal zu schnell, so daß interessante und richtungsweisende Forschungsergebnisse keinen Eingang in die de-facto Standardisierung finden.

1.4 Protokollhierarchien

Strukurierung des Problems

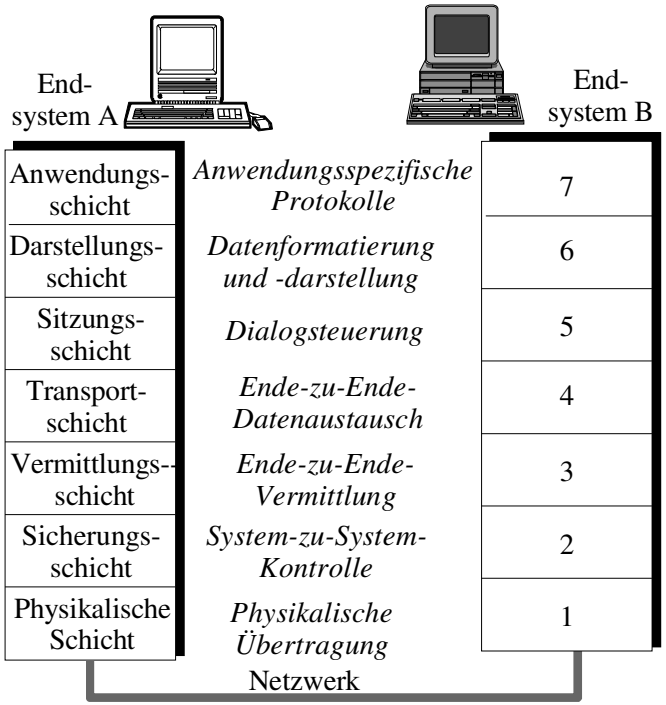


1.5 Das ISO-Referenzmodell für Offene Systeme

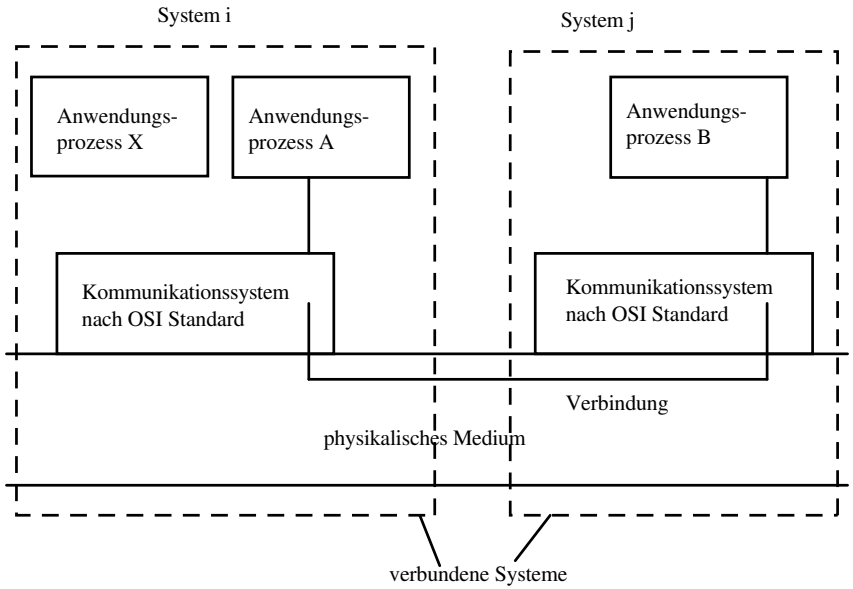
- OSI = OPEN SYSTEMS INTERCONNECTION
- Kurz: ISO/OSI-Referenzmodell
- ISO International Standard 7498
- Ein Modell für geschichtete Kommunikationssysteme
- Einführung der Grundbegriffe (Terminologie)
- Schlägt sieben Schichten und ihre Funktionalität vor

Schicht	ISO
7	Anwendungsschicht
6	Darstellungsschicht
5	Kommunikationssteuerungs-schicht
4	Transportschicht
3	Vermittlungsschicht
2	Sicherungsschicht
1	Bitübertragungsschicht

Strukturierung des Problems



OSI - Kommunikationssystem



Grobstruktur im ISO-Referenzmodell

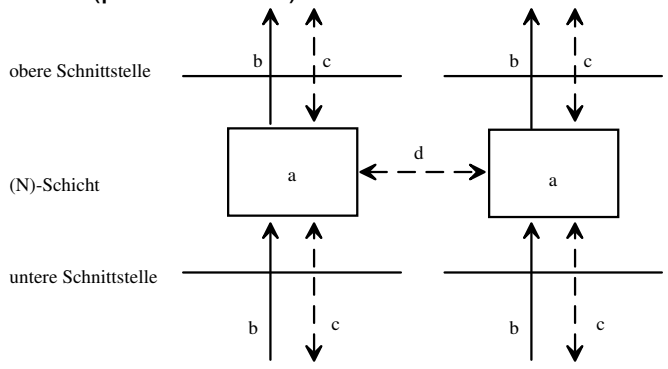
- Transportorientierte Schichten; Technische Erbringung von Bitstrom-Übertragungen
  - Elementare Nachrichtenübertragung: nur Bedürfnis des Nachrichtenaustauschs unterstellt
  - Kein Bezug auf Kooperationsbeziehung der Dienstnehmer
  - Inhalt der Nachricht transparent (ohne Bedeutung für die transportorientierten Schichten)
- Anwendungsorientierte Schichten; Anwendungsbezogene Kommunikationsdienst-leistungen
  - Kooperation der Teilnehmer (Systemzweck) in formaler Weise berücksichtigt
  - Steuerung des Ablaufs
  - Informationsdarstellung
  - Kompensation von Fehlverhalten

Prinzipien des ISO-Referenzmodells

- Offenes System
  - Rechnersystem (Hardware, Software, Peripherie, ...), das sich bei der Kommunikation an die OSI-Standards hält
- (N)-Schicht
  - wird aus sämtlichen Einheiten einer (N)-Hierarchiestufe in allen offenen Systemen gebildet
- (N)-Instanz, (N)-Entity; Implementierung einer (N)-Schicht in einem System
  - es kann verschiedene Typen von (N)-Instanzen geben, die verschiedene Protokolle für die (N)-Schicht implementieren
- Partnerinstanzen, Peer-Entities
  - Instanzen derselben Schicht an verschiedenen Orten. Partnerinstanzen erfüllen die Funktionen einer Schicht durch Datenaustausch

Schicht

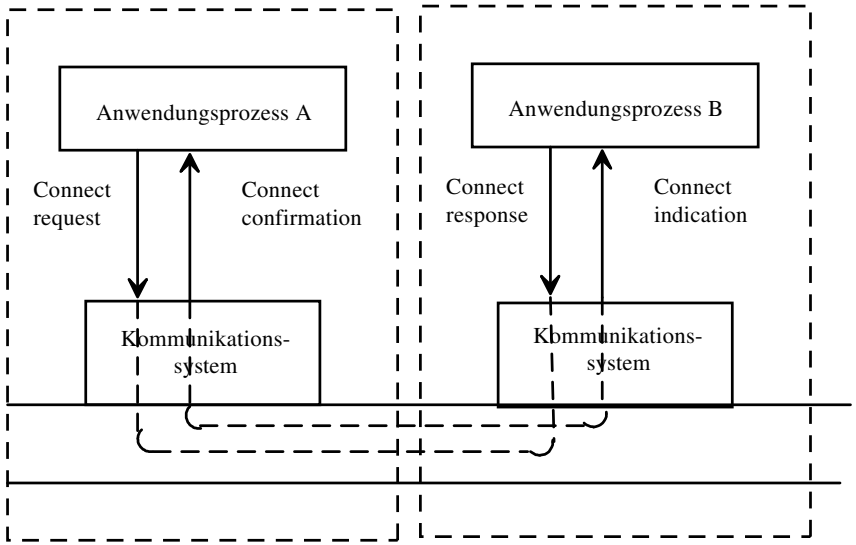
- Hauptaufgabe jeder Schicht ist es, der darüberliegenden Schicht Dienste anzubieten. Diese Dienste setzen sich zusammen aus:
  - Dienstleistungen, die innerhalb dieser Schicht erbracht werden, und
  - dem kumulativen Resultat der Dienstleistungen aller darunterliegenden Schichten.
- Schichten sind über sogenannte Dienstprimitive miteinander verknüpft.
- Direkte Kommunikation mit Schichten (N+1) und (N-1)
- Indirekte Kommunikation (Protokoll) mit Partnerinstanzen (peer entities)



a = gleichgestellte (N)-Instanzen (Peer Entities)
b = Dienstleistungen (Layer Sevice)
c = Dienstprimitive (Service Primitives)
d = Protokoll unter gleichgestellten (Peer Protocol)

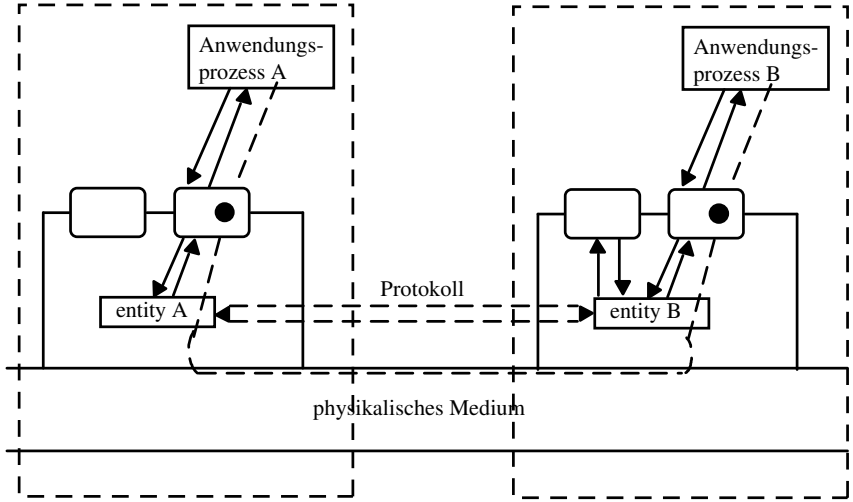
Ereignisse zwischen Anwendungsprozeß und Kommunikationssystem

Beispiel: CONNECT (Verbindungsaufbau)

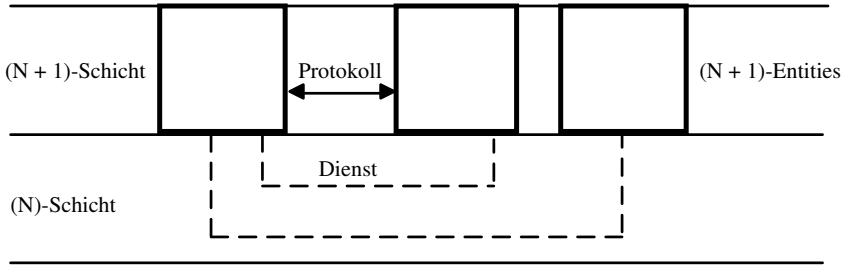


Protokoll

Menge der Regeln für den Datenaustausch
zwischen Entities derselben Schicht

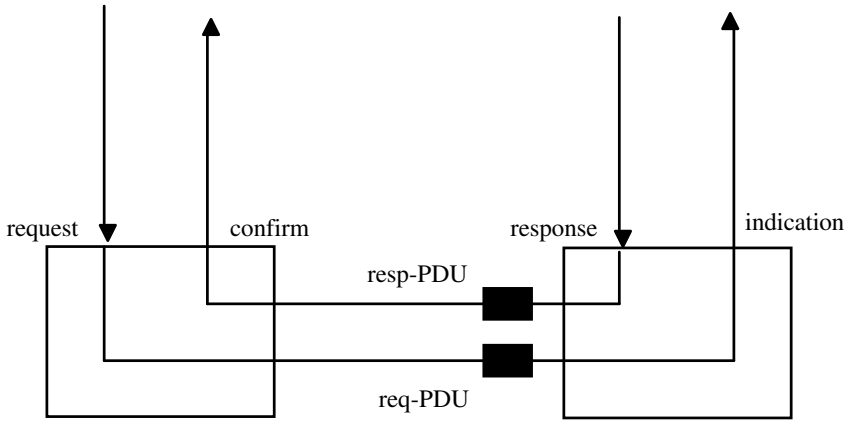


Dienst und Protokoll



Das Protokoll der Schicht (N+1) benutzt die Dienste der Schicht (N).

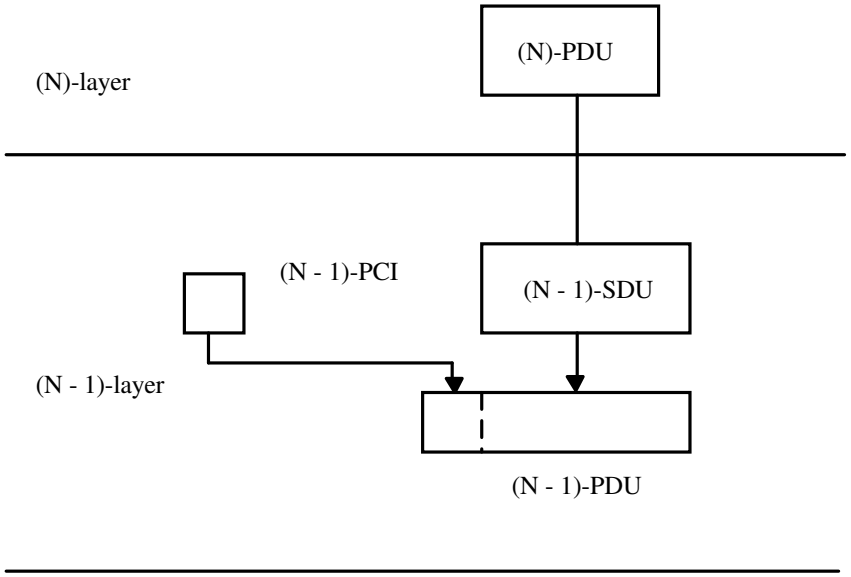
Dienstereignisse und Protokolldateneinheiten



Arten von Dienstprimitiven

- **Anforderung (Request)**
- Aktivieren einer Dienstleistung durch den Benutzer.
- **Anzeige (Indication)**
  - Dem Benutzer anzeigen, daß vom entfernten Benutzer ein Dienst angefordert wurde, oder daß eine Dienstleistung vom Anbieter der Dienstleistung selbst ausgelöst wurde.
- **Antwort (Response)**
  - Quittieren einer vorherigen Anzeige durch den Benutzer.
- **Bestätigung (Confirmation)**
  - Quittieren einer vorherigen Anforderung durch den Anbieter.

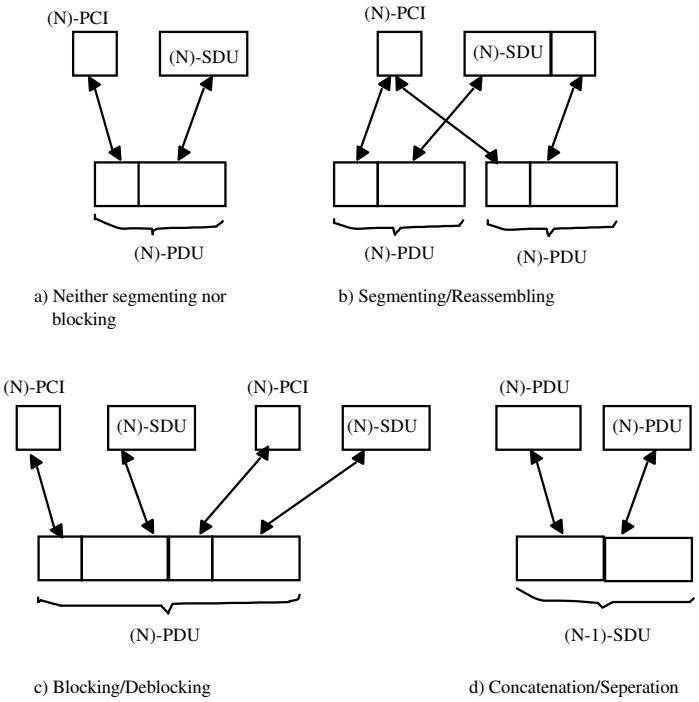
PDUs und SDUs (im einfachen Fall)



PCI = protocol-control-information
PDU = protocol-data- unit
SDU = service-data-unit

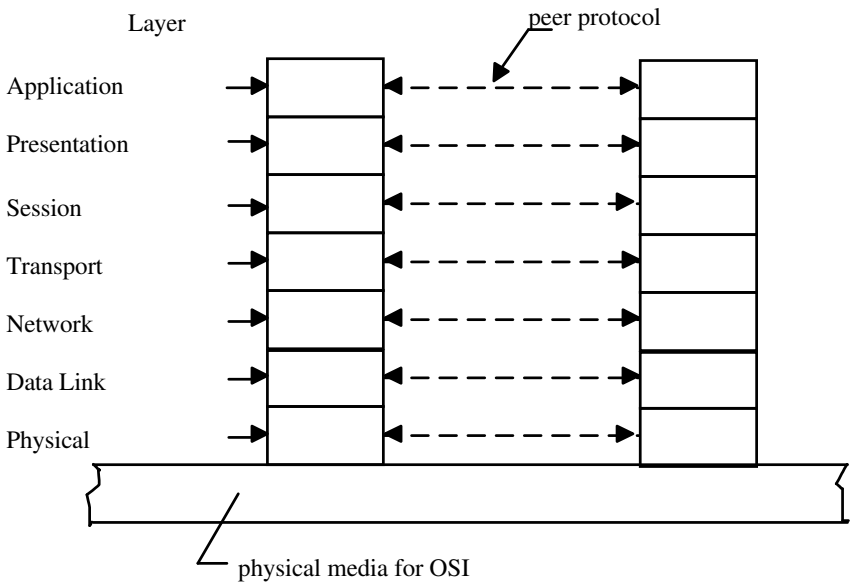
PDUs und SDUs

a) einfacher Fall
b) Segmenting/Reassembling
c) Blocking/Deblocking
d) Concatenation/Separation

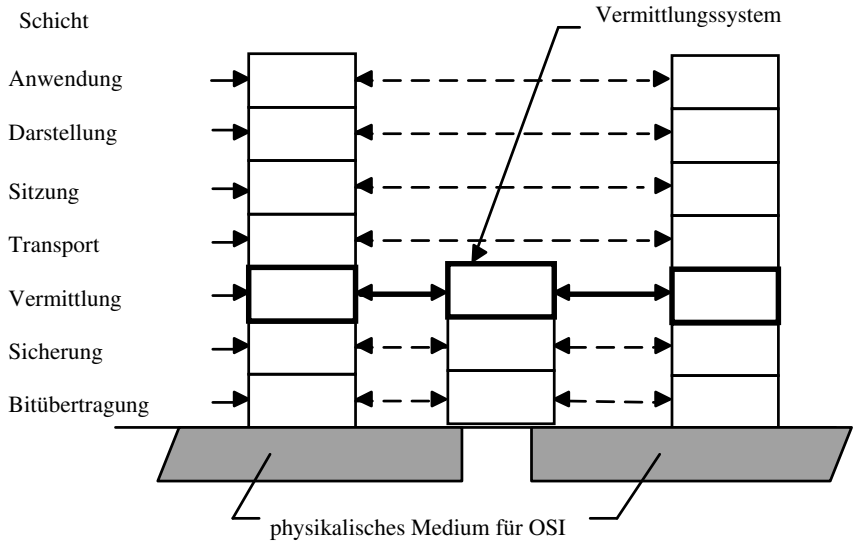


SDU = service-data-unit
PCI = protocol-control-information
PDU = protocol-data-unit

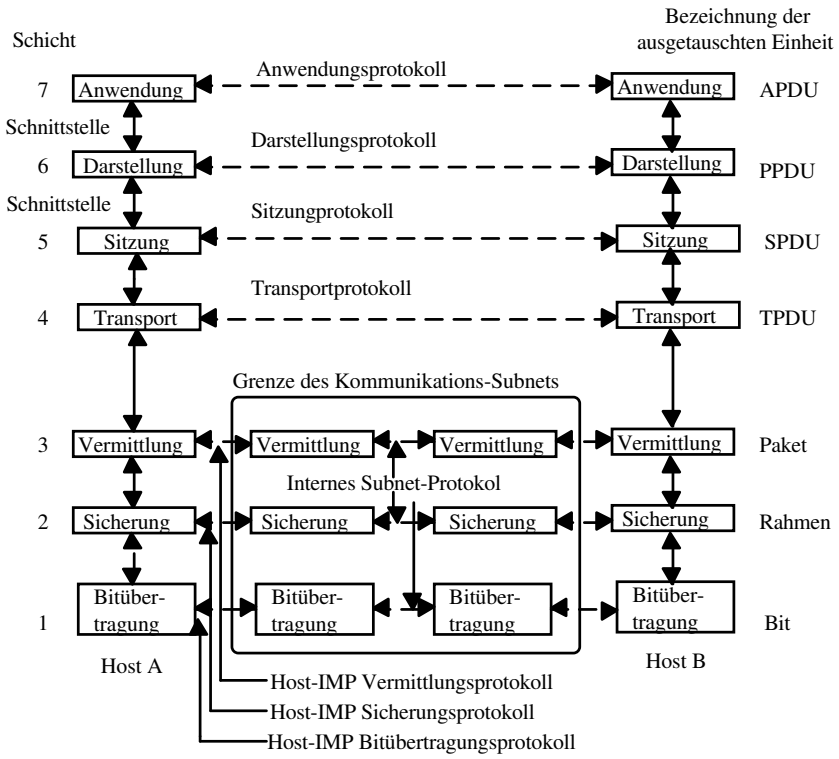
Referenzmodell und Partnerprotokolle



Vermittlungssysteme



ISO - Referenzmodell mit Zwischenknoten

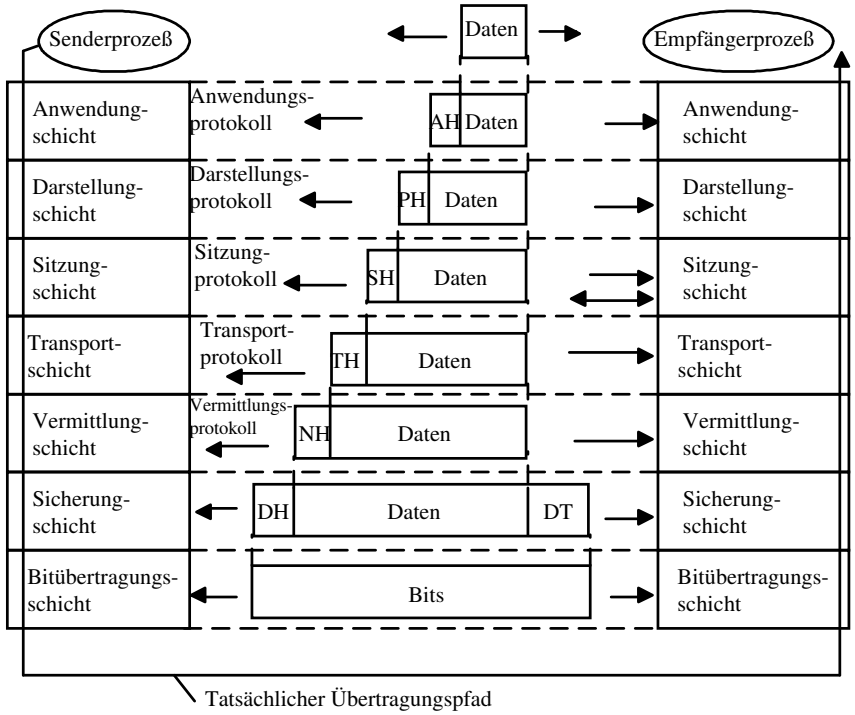


Die sieben Schichten des ISO-Referenzmodells

- Die Bitübertragungsschicht ermöglicht die transparente Übertragung eines Stroms binärer Information über eine Leitung.
- Die Sicherungsschicht soll insbesondere Übertragungsfehler entdecken und korrigieren.
- Die Vermittlungsschicht übermittelt Daten auf eine transparente Art und Weise. Dazu wird von der Transportschicht eine entsprechende Route ausgewählt.
- Die Transportschicht übermittelt die Daten von Endbenutzer zu Endbenutzer. Sie entlastet den Benutzer von den Details der Datenübertragung.
- Die Kommunikationssteuerungsschicht koordiniert die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen miteinander kommunizierenden Anwendungsprozessen.
- Die Darstellungsschicht transformiert die Darstellung der übermittelten Daten in eine Form, die von den kommunizierenden Anwendungsprozessen verstanden wird.
- Die Anwendungsschicht beschreibt die Natur der Datenübertragung, um den Anforderungen der Benutzer zu genügen. Die Anwendungsschicht ist die einzige Zugriffsmöglichkeit der Anwendungsprozesse zur Datenübertragung.

Beispiel

Ein Beispiel dafür, wie das OSI-Modell sich auf Nachrichtenformate auswirkt. Einige der Nachrichtenköpfe (Header) könnten leer sein.



Schichtenmodelle verschiedener Netzarchitekturen

Layer	ISO	Internet	SNA
7	Application	SMTP, FTP, telnet, http	End user
6	Presentation		NAU services
5	Session		Data flow control
4	Transport	TCP	Transmission control
3	Network	IP	Path control
2	Data link control	Data link control	Data link control
1	Physical	Physical	Physical