Rechnernetze

SS 2003

Prof. Dr. Wolfgang Effelsberg

Lehrstuhl für Praktische Informatik IV

Universität Mannheim

Inhalt (1)

1. Einführung

1.1 Definition eines Rechnernetzes

1.2 Normungsgremien

1.3 Protokollhierarchien

1.4 Das ISO-Referenzmodell für offene Systeme

2. Bitübertragungsschicht (Physical Layer)

2.1 Definition

2.2 Mechanische, elektrische und funktionale Spezifikation

2.3 Übertragungstechniken, Modulation, Multiplexing

2.4 Physikalische Medien

2.5 Beispiele: V.24, ADSL

Inhalt (2)

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 Beispiele: HDLC, PPP

Inhalt (3)

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 Sternkoppler und LAN-Switching

4.7 Logical Link Control im LAN

Inhalt (4)

5. Weitverkehrsnetze und Routing

5.1 Das Prinzip der Paketvermittlung

5.2 Virtuelle Verbindungen vs. 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, IPv6, ATM

6. Transportschicht

6.1 Architektur der Transportprotokolle im Internet

6.2 UDP (User Datagram Protocol)

6.3 TCP (Transmission Control Protocol)

Inhalt (5)

7. Anwendungsschicht

7.1 Architektur der Anwendungsprotokolle im Internet

7.2 **smpt** für elektronische Post

7.3 **ftp** für Dateitransfer

7.4 **nfs** für den Fernzugriff auf Dateien im Netz

7.5 **telnet** für virtuelles Terminal (remote login)

7.6 **http** für das World Wide Web

7.7 Telefondienste über IP

8. Verzeichnisdienste: Der Domain Name Service

8.1 Der Namensraum des Domain Name Service

8.2 Die Protokolle des Domain Name Service

Inhalt (6)

9. Protokolle für die mobile Datenkommunikation

9.1 Wireless LANs

9.2 Mobile IP

9.3 Transportprotokolle für mobile Endgeräte

Literatur (1)

Comer: Internetworking with TCP/IP, Vol.1; Prentice-Hall, 1995

De Prycker, Martin: Asynchronous Transfer Mode. 3rd edition, Prentice Hall Europe, 1995

Halsall, Fred: Data Communications, Computer Networks and Open Systems. 4th edition, Addison-Wesley, 1995

Huitema, Ch.: Routing in the Internet, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995

Huitema, Ch.: IPv6, 2nd Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1998

Kuo, Frank, Effelsberg, Wolfgang und Garcia-Luna-Aceves, J.J.: Multimedia Communications - Protocols and Applciations. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998

Partridge, C.: Gigabit Networking. Addison Wesley, 1994

Literatur (2)

Peterson, Larry L. and Davie, Bruce S.: Computernetze – ein modernes Lehrbuch. dpunkt-Verlag, Heidelberg, 2000 (oder englische Originalfassung)

Stevens, W. Richard: TCP/IP Illustrated. Volume 1: The Protocols. Addison Wesley, 1994.

Tanenbaum, A.S.: Computer Networks. 3rd edition, Prentice Hall, 1996

Zitterbart, M.: Hochleistungskommunikation, Band 1: Technologie und Netze. Oldenbourg, München/Wien, 1995

Zitterbart, M.: Transportdienste und Transportprotokolle (Hochleistungskommunikation, Band 2), Oldenbourg, München/Wien, 1996

Zitterbart, M., Schmidt, C.: Internetworking - Brücken, Router & Co.; TAT-Band 8, International Thomson Publishing, 1995

1.1 Definition eines Rechnernetzes

Definition

Ein Rechnernetz dient zur Kopplung unabhängiger Rechner zum Zwecke des Datenaustauschs.

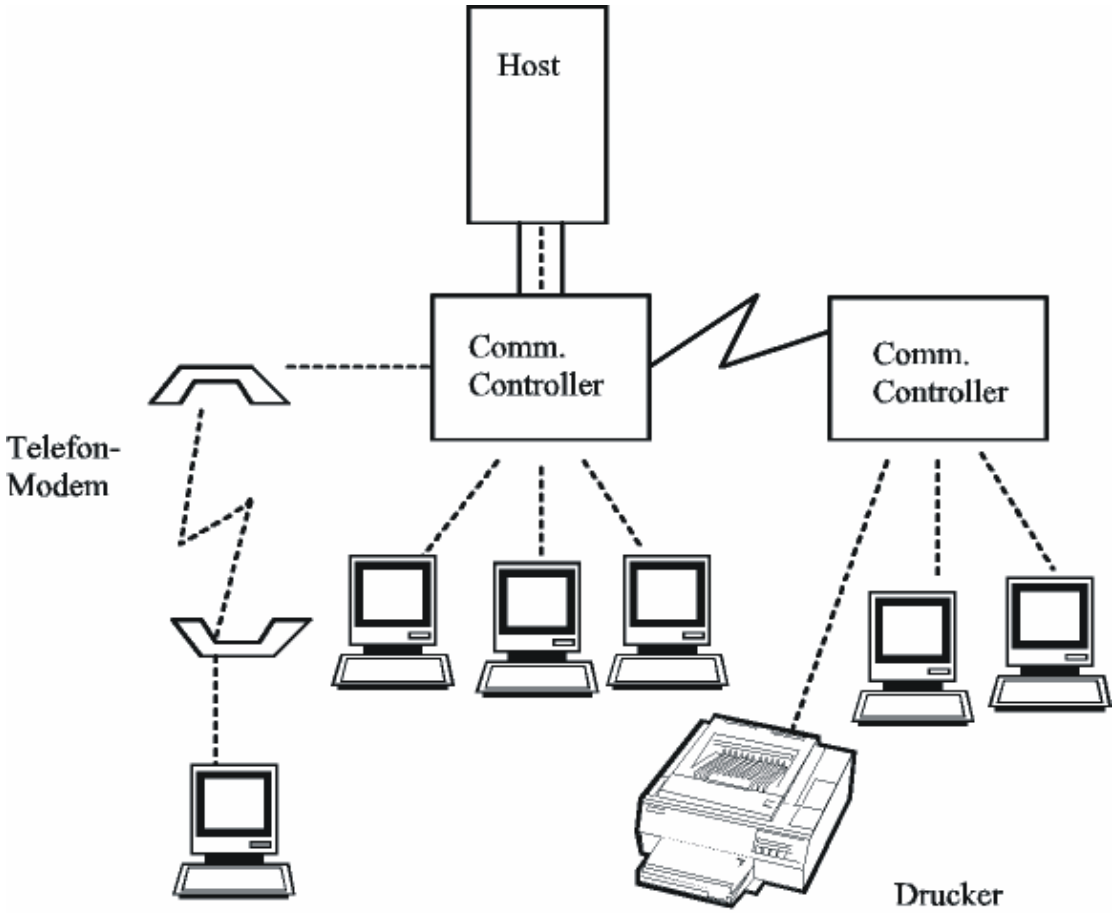
Abgrenzung gegenüber

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

Ziele eines Rechnernetzes

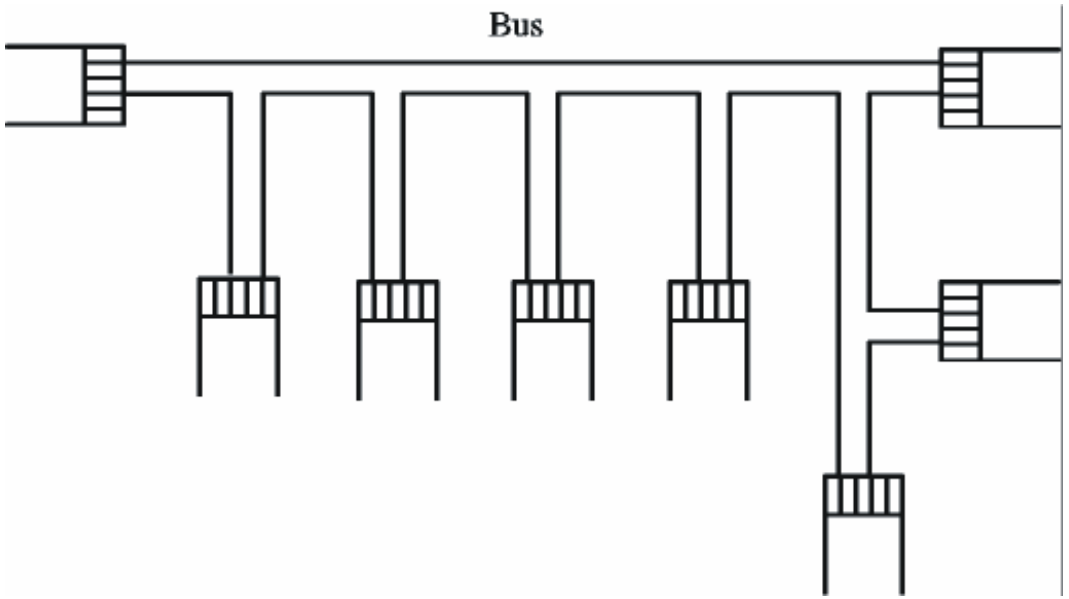
- **Datenverbund**
  Zugriff auf entfernte Daten, Datenaustausch
- **Funktionsverbund**
  Zugriff auf Spezialrechner, z. B. Server
- **Lastverbund**
  gleichmäßige Lastverteilung
- **Verfügbarkeitsverbund**
  Fehlertoleranz, schrittweises Wachstum

Terminalnetz



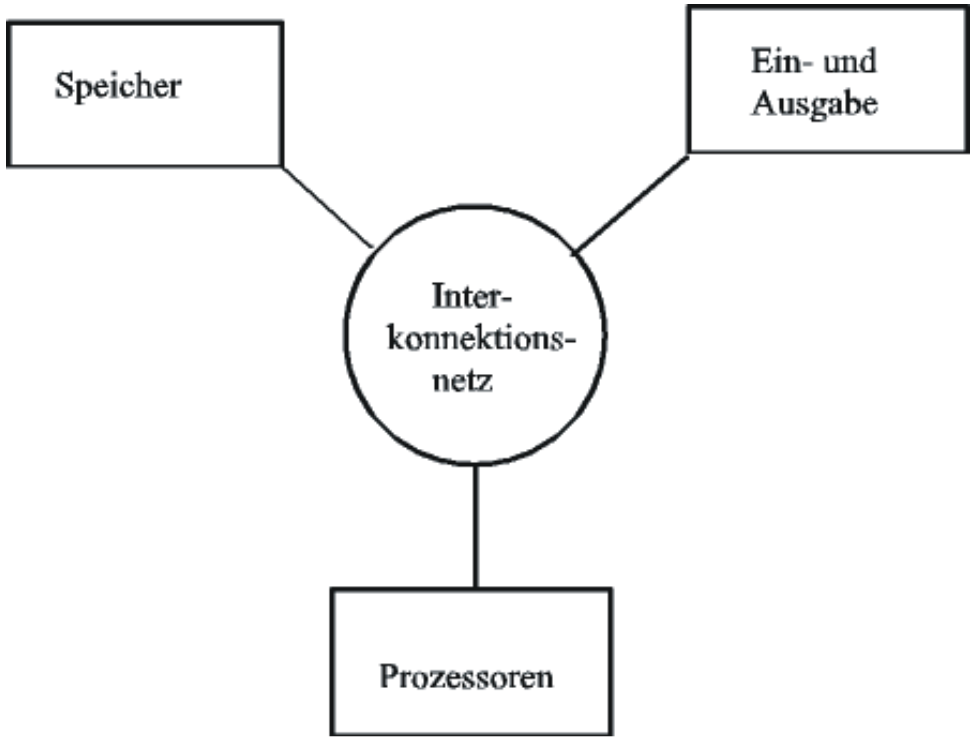
Bus

Bus in einem Rechner



Interkonnektionsnetz

Interkonnektionsnetz in einem Parallelrechner



n Prozessoren

1.2 Normungsgremien

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

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)

CEN / CENELEC / ETSI

- Europäische Normungsinstitute
- Europaweite Harmonisierung der nationalen Normen
- Funktionale Standards, Profile

Standards im Internet

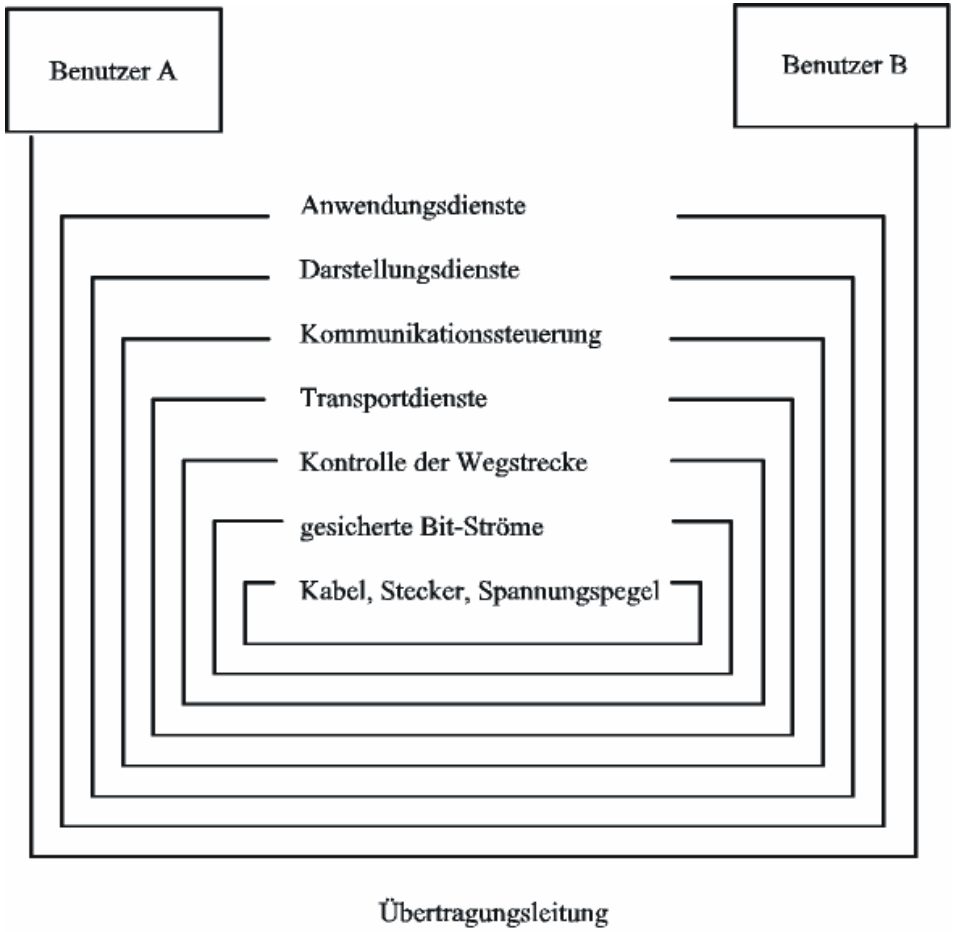
- IAB (Internet Activity Board)
  - IETF (Internet Engineering Task Force)
  - IRTF (Internet Research Task Force)
- RFC (Request for Comment) erfüllt die Rolle eines Standards im Internet. Erstaunlicherweise ist die Entstehung von RFCs ein informeller Prozess!
- Arbeitsgruppen mit jeweils einem Leiter
  - Mitglied der Arbeitsgruppe kann jeder werden
  - Kommunikation erfolgt vorwiegend über E-Mail, gelegentliche IETF-Treffen
  - typische Arbeitszeit: 9-18 Monate
  - Ergebnis: Internet Draft
- Faustregel: Internet Draft mindestens zwei unabhängige Implementierungen; Interoperabilitätstests; Stabilität über 4 Monate Internet Standard (RFC)

Industriekonsortien

- Zusammenschluss vorwiegend industrieller Partner
- Ziel: rasche Realisierung kompatibler Produkte. Deshalb: schnelle Entwicklung eines gemeinsamen defacto-Standards
- Einbringung der Ergebnisse in die internationale Standardisierung
- Beispiele:
  - NFS (Network File System)
  - ATM (ATM-Forum)
  - WWW-Konsortium
- Problem: Vorgehensweise manchmal zu schnell, so dass interessante und richtungsweisende Forschungsergebnisse keinen Eingang in die de-facto-Standardisierung finden.

1.3 Protokollhierarchien

Strukturierung des Problems

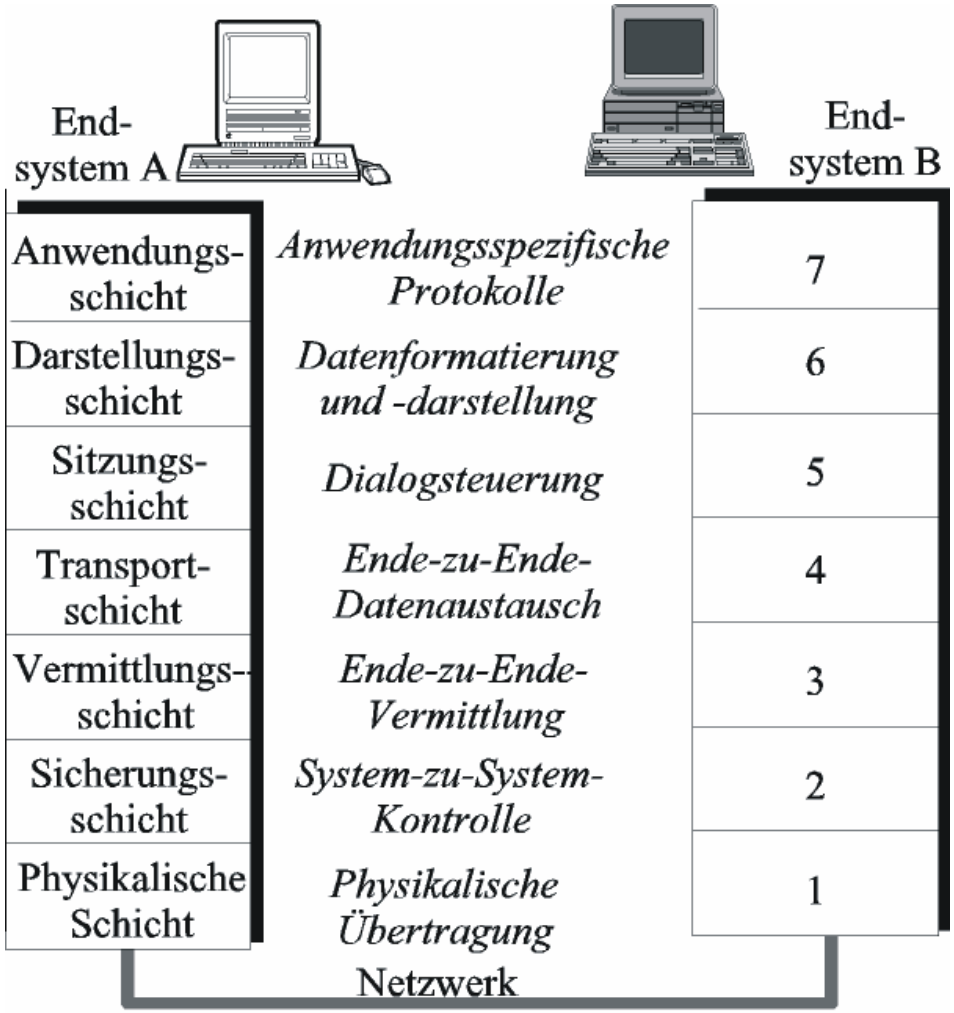


1.4 Das ISO-Referenzmodell für Offene Systeme

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

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

Die sieben Schichten und ihre Funktionen



Die sieben Schichten des ISO-Referenzmodells (1)

- 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 eine entsprechende Route durch das Netz 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 sieben Schichten des ISO-Referenzmodells (2)

- Die **Anwendungsschicht** beschreibt die Natur der Datenübertragung, um den Anforderungen der Benutzer zu genügen. Die Anwendungsschicht ist die einzige Zugriffsmöglichkeit der Anwendungsprozesse zur Datenübertragung.

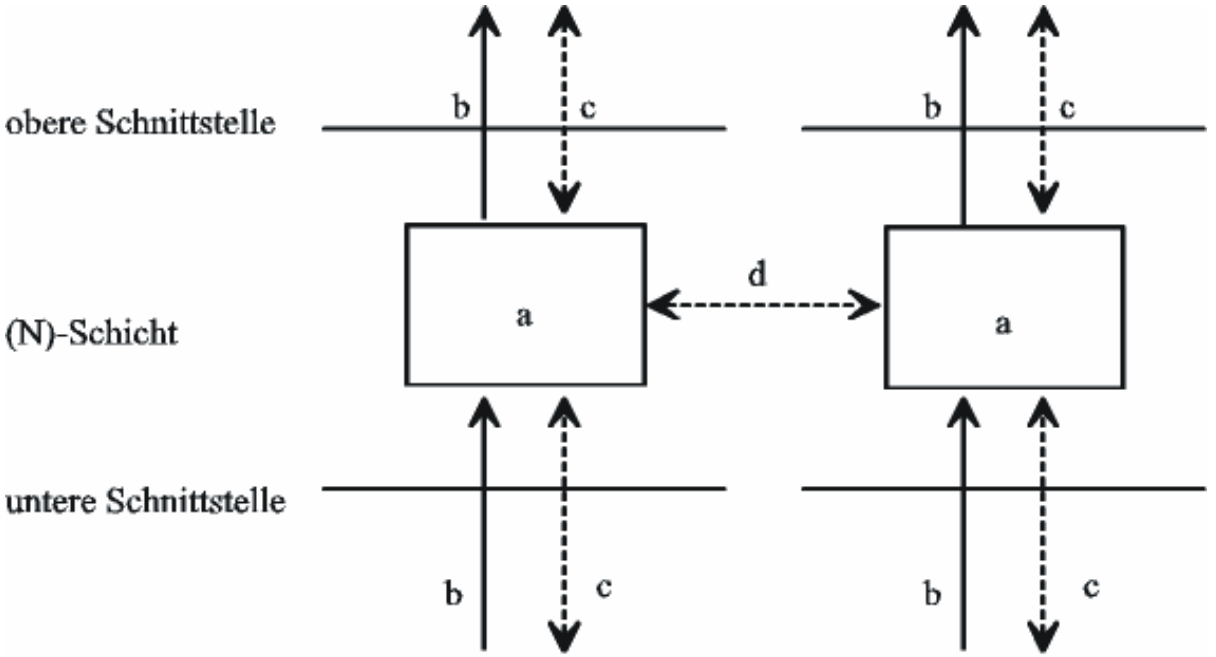
Prinzipien des ISO-Referenzmodells

- **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**
  - Implementierung einer (N)-Schicht in einem System
  - es kann verschiedene Typen von (N)-Instanzen geben, die die Protokolle für die (N)-Schicht in verschiedener Weise implementieren
- **Partnerinstanzen, Peer-Entities**
  - Instanzen derselben Schicht an verschiedenen Orten. Partnerinstanzen erfüllen die Funktionen einer Schicht durch Datenaustausch

Schicht (layer) (1)

- Hauptaufgabe jeder Schicht ist es, der darüber liegenden Schicht Dienste anzubieten. Diese Dienste setzen sich zusammen aus:
  - Dienstleistungen, die innerhalb dieser Schicht implementiert werden, und
  - dem kumulativen Resultat der Dienstleistungen aller darunter liegenden Schichten.
- Schichten sind über so genannte **Dienstprimitive** miteinander verknüpft.
- Die direkte Kommunikation erfolgt mit den Schichten (N+1) und (N-1).
- Die indirekte Kommunikation mit den Partnerinstanzen (peer entities) erfolgt durch Abwicklung des Schicht-**Protokolls**.

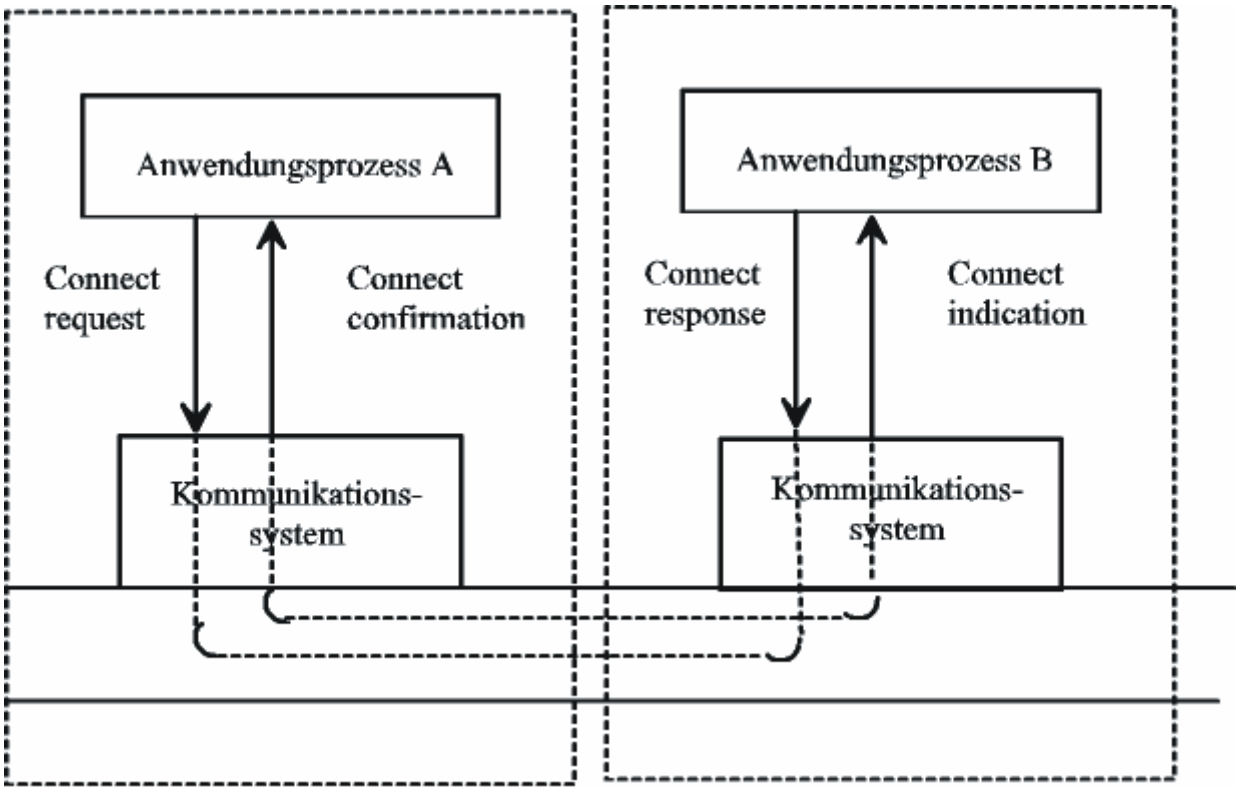
Schicht (layer) (2)



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

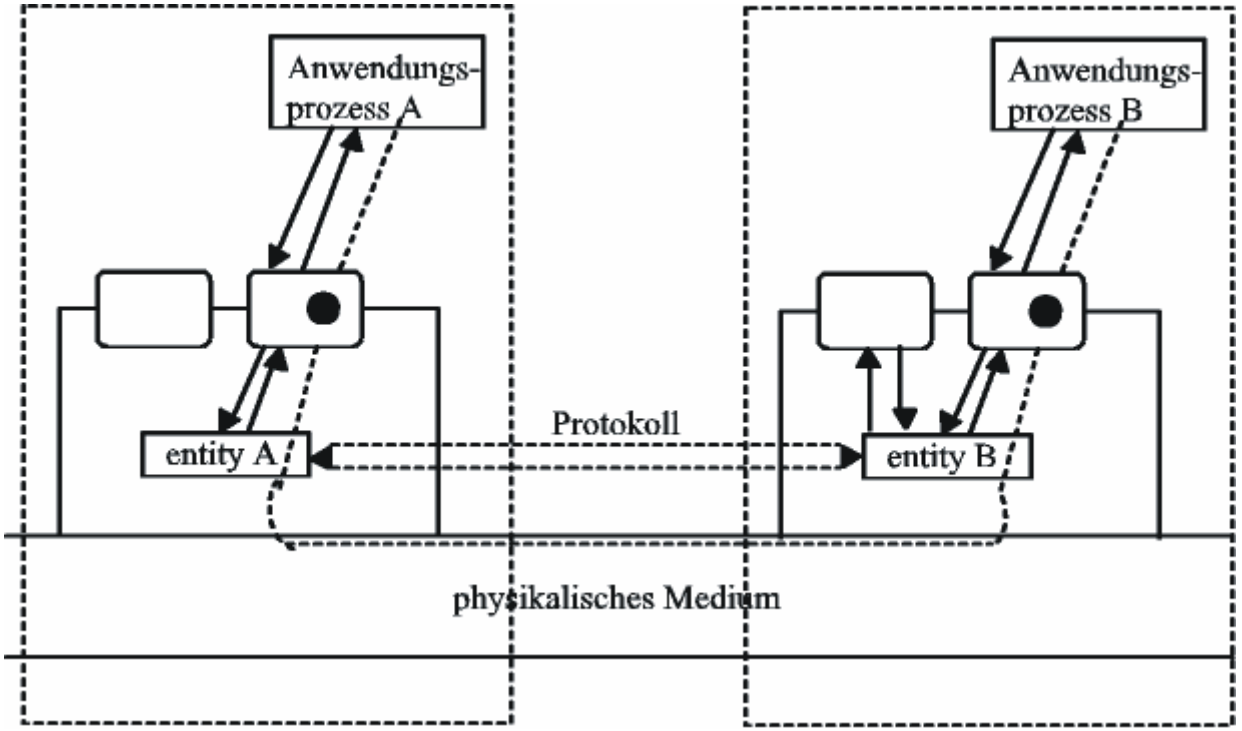
Ereignisse zwischen Anwendungsprozess und Kommunikationssystem

Beispiel: **CONNECT** (Verbindungsaufbau)

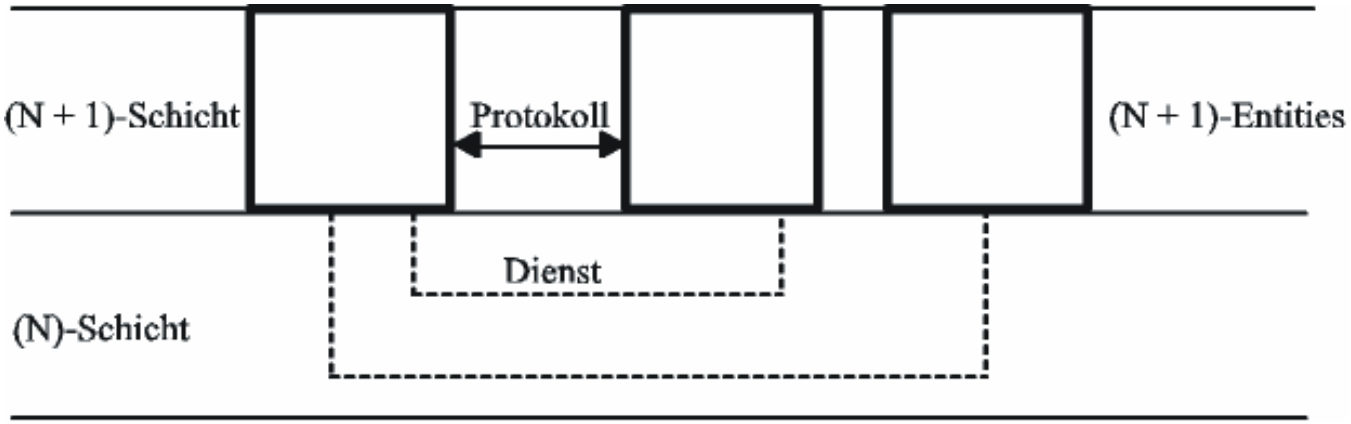


Protokoll

Unter einem **Protokoll** versteht man die Menge der Regeln für den Datenaustausch zwischen Instanzen derselben Schicht.

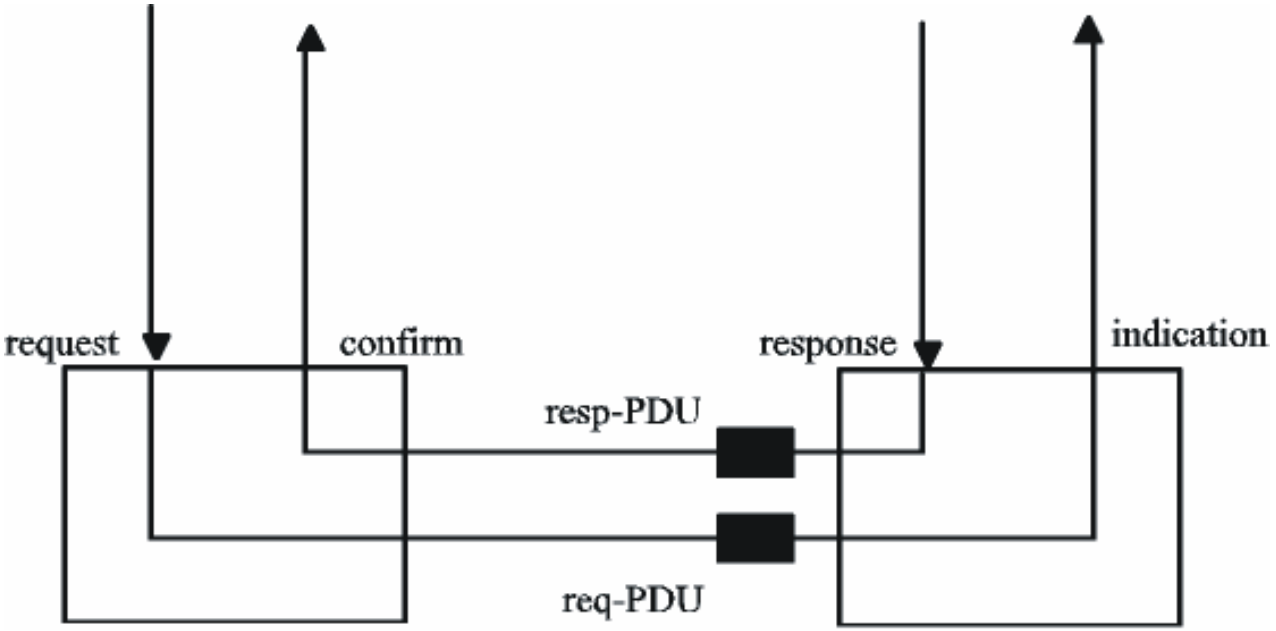


Dienst und Protokoll



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

Dienstereignisse und Protokolldateneinheiten

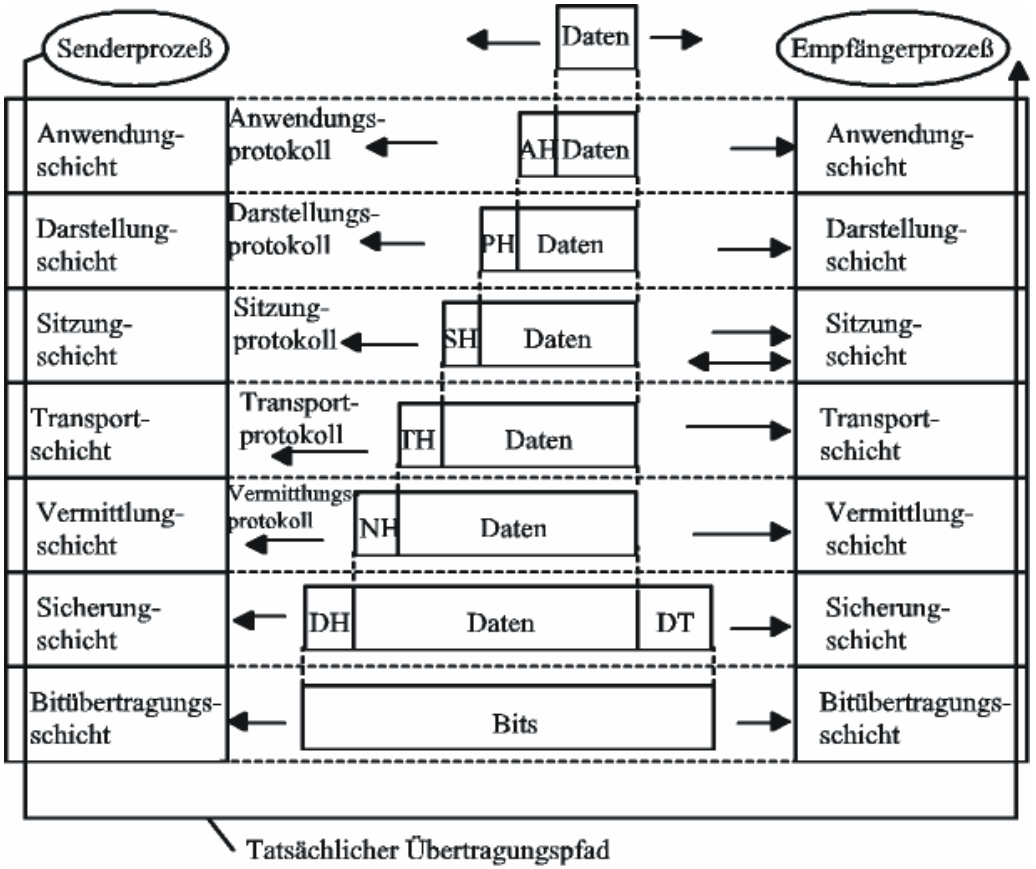


Arten von Dienstprimitiven

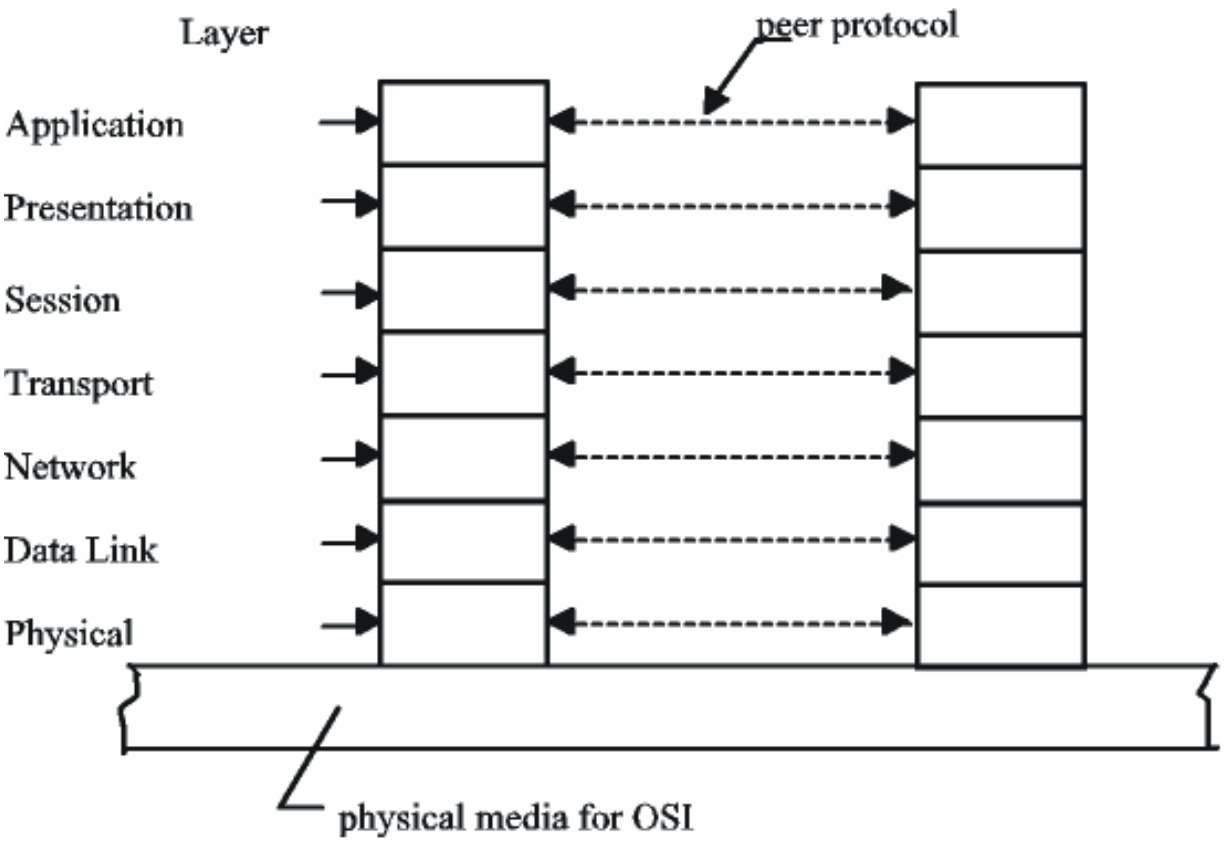
- Anforderung (request)
  - Anfordern einer Dienstleistung durch den Benutzer
- Anzeige (indication)
  - Dem Benutzer anzeigen, dass vom entfernten Benutzer ein Dienst angefordert wurde oder dass ein Ereignis in der Schicht selbst aufgetreten ist
- Antwort (response)
  - Quittieren einer voran gegangenen Anzeige durch den Benutzer
- Bestätigung (confirmation)
  - Quittieren einer voran gegangenen Anforderung durch den Dienstanbieter (die Schicht).

Beispiel: Schichtmodell

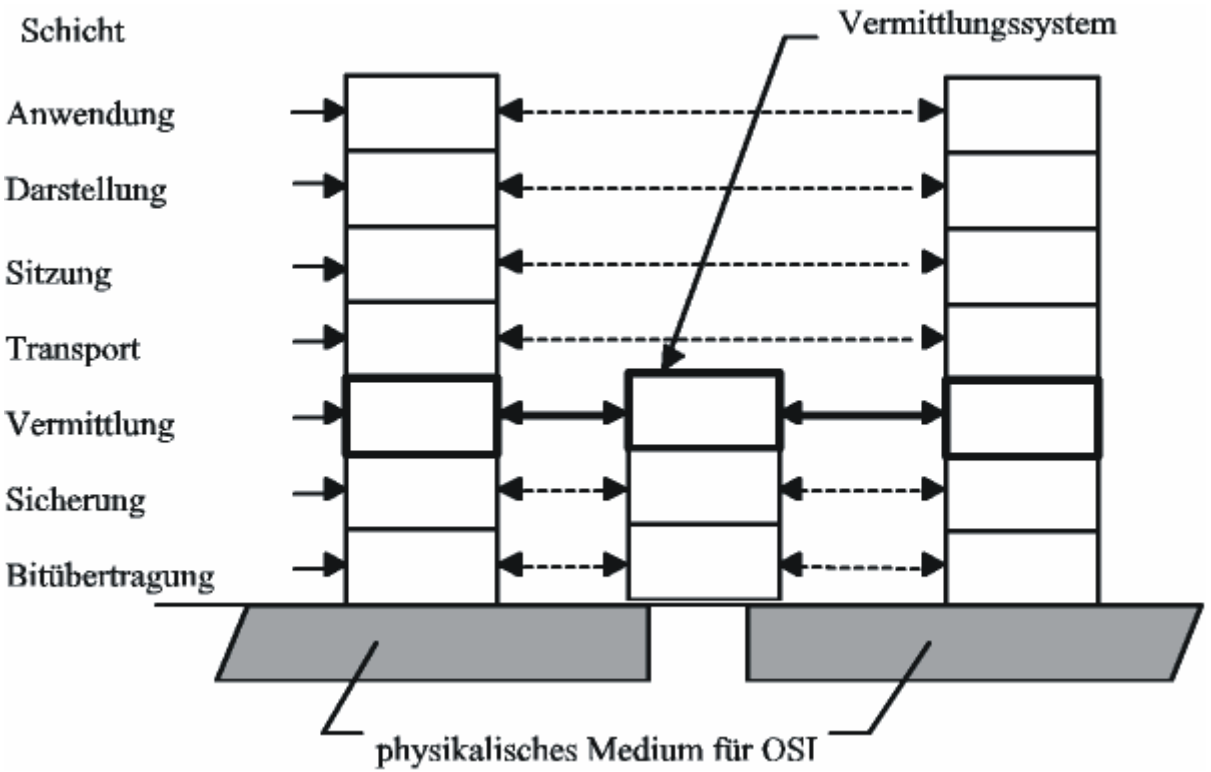
Ein Beispiel dafür, wie das Schichtenmodell sich auf die Nachrichtenformate auswirkt.



Referenzmodell und Peer-Protokolle



Vermittlungssysteme (Router)



Schichtenmodelle verschiedener Netzarchitekturen

<table>
<tr><th>Layer</th><th>ISO</th><th>Internet</th><th>SNA</th></tr>
<tr><td>7</td><td>Application</td><td rowspan="3">SMTP,
FTP,

telnet,
http</td><td>End user</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Presentation</td><td>NAU services</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Session</td><td>Data flow control</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Transport</td><td>TCP</td><td rowspan="2">Transmission
control</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Network</td><td>IP</td><td rowspan="2">Path control</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Data link
control</td><td>Data link
control</td><td>Data link
control</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Physical</td><td>Physical</td><td>Physical</td></tr>
</table>