



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITY
MUNICH



DEPARTMENT
INSTITUTE FOR
INFORMATICS



DATABASE
SYSTEMS
GROUP

Skript zur Vorlesung:

Einführung in die Informatik: Systeme und Anwendungen

Sommersemester 2008

Kapitel 4: Rechnernetze

Vorlesung: Prof. Dr. Christian Böhm, Frank Fiedler
Übungen: Annahita Oswald, Bianca Wackersreuther

Skript © 2004 Christian Böhm, Peer Kröger

<http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/InfoNF>



Tanenbaum, A. S.: Computer Networks. 4th ed., Prentice Hall, 2002

Tanenbaum, A. S.: Computernetzwerke. 4. rev. Auflage. Pearson Studium, 2003

Stein, E.: Taschenbuch „Rechnernetze und Internet“. Fachbuchverlag Leipzig, 2001

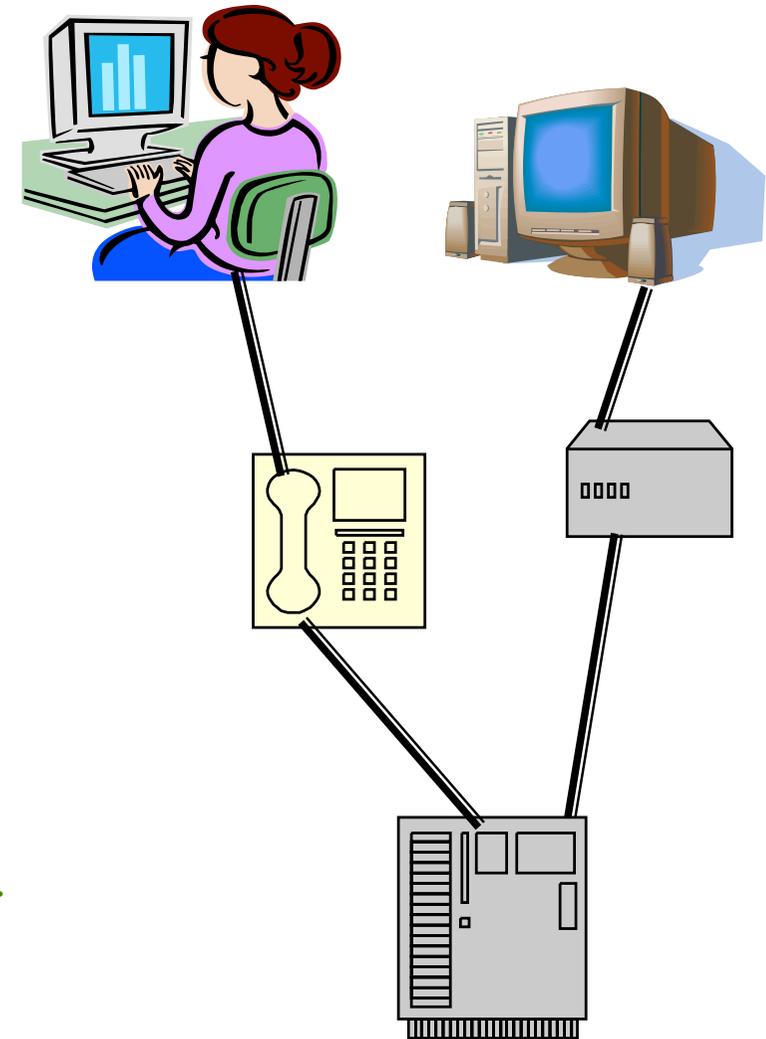
Stallings, W.: Data and Computer Communications. 7th ed., Prentice Hall, 2003

Was sind Rechnernetze

Ein **Rechnernetz** ist ein Zusammenschluss von verschiedenen technischen (elektronischen) Systemen, der die Kommunikation der einzelnen Systeme untereinander ermöglicht.*

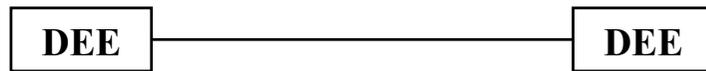
- Datenendeinrichtung (DEEs)
 - Supercomputer, Workstation, PCs, Terminals), ...
- Medien
 - Elektrische Leiter, optische Leiter, Funkverbindungen, ...
- Übertragungseinrichtungen
 - Anschalteinheiten, Modems, Multiplexer, ...
- Vermittlungseinrichtungen
 - Bridges, Router, Switches, ...

(* vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Rechnernetz>)

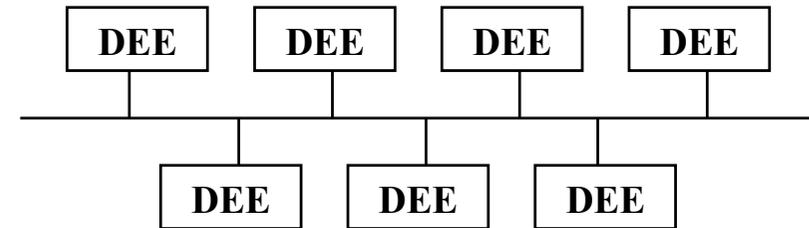


Topologien von Rechnernetzen

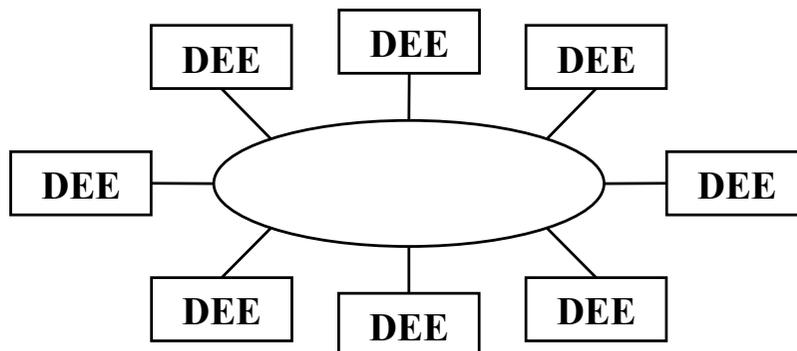
Punkt-zu-Punkt



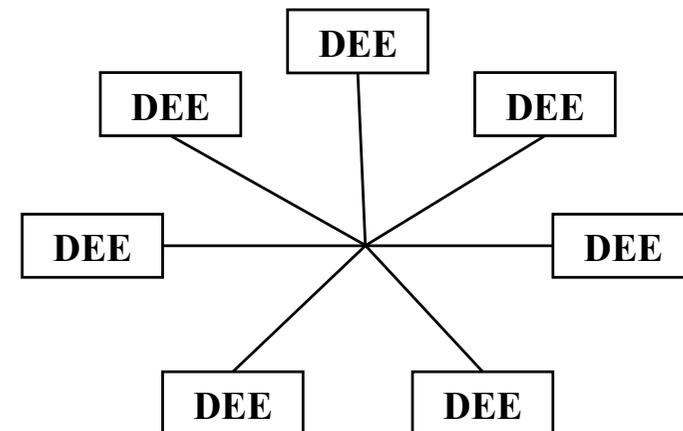
Bus-Netz



Ringnetz



Sternnetz



Aufgaben von Rechnernetzen

- Anwendersicht
 - Kommunikation zwischen Personen
 - Email, Videokonferenz, Diskussionsforen, ...
 - Zugriff auf Informationen
 - WWW, ftp, Datenbanken, ...
 - Benutzung von Funktionen/Diensten
 - Telebanking, online-banking, online-shopping, ...
 - Kooperation von Programmabläufen
 - Distributed computing, ...
- Betreibersicht
 - Funktionsverbund/Datenverbund
 - HW, SW, Datenbestände, ...
 - Lastverbund/Lastverteilung
 - Verfügbarkeit (durch Redundanz)

Besonderheiten bei Rechnernetzen

- Räumliche Trennung der Systeme
 - Keine physikalische Verbindung
 - Kein gemeinsamer Speicher
- Unabhängigkeit der Systeme
 - Unterschiedliche Steuerstrategien (Autonomie)
 - Keine garantierte Ablaufsynchronität (keine globale Uhr)
- Heterogenität der Systeme
 - HW (verschiedene Hersteller)
 - SW (Betriebssystem, Anwendungen)
 - Dateiorganisation

Wozu Rechnernetze?

- Informationsaustausch
 - Nicht alle Information sind lokal vorhanden
 - Benötigte Informationen können überall abgerufen werden
- Vereinfachung der Kommunikation
 - Synchrone / Asynchrone Kommunikation
 - Web-Blogs
- Ohne Rechnernetze keine moderne Gesellschaft
 - Handykommunikation (GSM - Netz)
 - Email, Instant-Messenger
 - Firmennetze, Fileserver
 - Internet

Klassifikation von Rechnernetzen

- Nach Zugang (öffentlich/privat):
 - **Öffentlich:** Dienste und Netze werden allgemein angeboten (für die Allgemeinheit)
 - Beispiel: T-ISDN, GSM, T-DSL, Standleitung
 - **Privat:** Dienste und Netze werden individuell einer geschlossenen Benutzergruppe oder Organisation angeboten
 - Beispiel: Intranet = privates Netz einer Organisation mit Internet-Technik
 - **VPN: Virtuelles Privates Netz** als logisches Netz auf öffentlicher Netzinfrastruktur
 - Beispiel: LRZ VPN für alle Münchner Universitäten (Zugang über den „Cisco VPN client“), eigene DEE im Deutschen Wissenschaftsnetz

Klassifikation von Rechnernetzen

- Nach Rolle im Netzverbund:
 - **Subnetz:**
Teilnetz eines Netzverbundes
 - **Kernnetz** (core network, backbone network):
Hauptverbindungsstruktur eines Netzverbundes
 - **Zugangnetz:**
 - Für private Endsysteme (z.B. ISDN, DSL, POTS)
 - Für institutionelle Endsysteme und Subnetze (z.B. LANs)
 - Für mobile Endsysteme (z.B. GSM, UMTS, WLAN)

Klassifikation von Rechnernetzen

- Nach Technologie und „Größe“:
 - **SAN** (storage area network):
 - Beschränkt auf Verbindungen im Cluster-Computing bzw. zwischen Rechnern und autonomen Systemen.
 - Ausdehnung: innerhalb eines Rechenzentrums.
 - **LAN** (local area network):
 - Beschränkt i.a. auf Gebäude-/Campusbereich
 - Einfache Topologien
 - Hohe Übertragungsraten
 - Technik: Ethernet, Token Ring
 - **WAN** (wide area network):
 - Weitverkehrsnetze
 - Hohe Übertragungsraten sind teuer
 - Beispiele: Internet, Konzernnetze, öffentliche Netze
 - Technik: ISDN, DSL, ATM

Klassifikation von Rechnernetzen

- Nach Verbindungstyp
 - Festverbindungsnetz, Wählnetz, Mobilnetz
- Nach Topologie
 - Busnetz, Ringnetz, Baumnetz, regulär vermaschtes Netz, irregulär vermaschtes Netz
- Nach Vermittlungstechnik
 - Paketvermittlungsnetz, Store-and-Forward-Network, Nachrichtenvermittlungsnetz, Durchschaltnetz, Leitungsvermittlungsnetz

Kommunikationsbeziehungen

- Teilnehmerzahl:
 - 2: eine Quelle eine Senke: point to point (z.B. Handygespräch)
 - > 2 : eine Quelle mehrere Senken: multipoint, multicast, broadcast (z.B. Fernsehen DVB-T,)
 - > 2 : viele Quellen, viele Senken: conference (chat)
- Informationstyp:
 - Text, Daten, Audio, Video, Graphiken, ...
- Datenfluss
 - Einseitig (simplex)
 - Im Wechsel einseitig (halbduplex)
 - Gleichzeitig beidseitig (duplex)

Kommunikationsbeziehungen

- Verbindungsdienst
 - Verbindungsorientiert: expliziter Verbindungsaufbau und –abbau. Ressourcenreservierung für Verbindung. Verbindung wird statusüberwacht (Fehler, Reihenfolge, Quittungen)
 - Beispiele: Telefon, Fax, TCP
 - Verbindungslos, datagrammorientiert: Nachricht wird ohne Garantie und Bezug auf Nachfolgenachrichten transportiert.
 - Beispiele: Briefe, IP-Pakete
- Steuerung
 - Asymmetrisch (Sendeaufruf, Empfangsaufruf) Master-Slave-Beziehung
 - Symmetrisch (Konkurrenzbetrieb) Evtl. Konfliktauflösung erforderlich (z.B. bei Verbindungsaufbau oder Mediumzugriff)

- Zentrales Konzept von Rechnernetzen
- Definition:

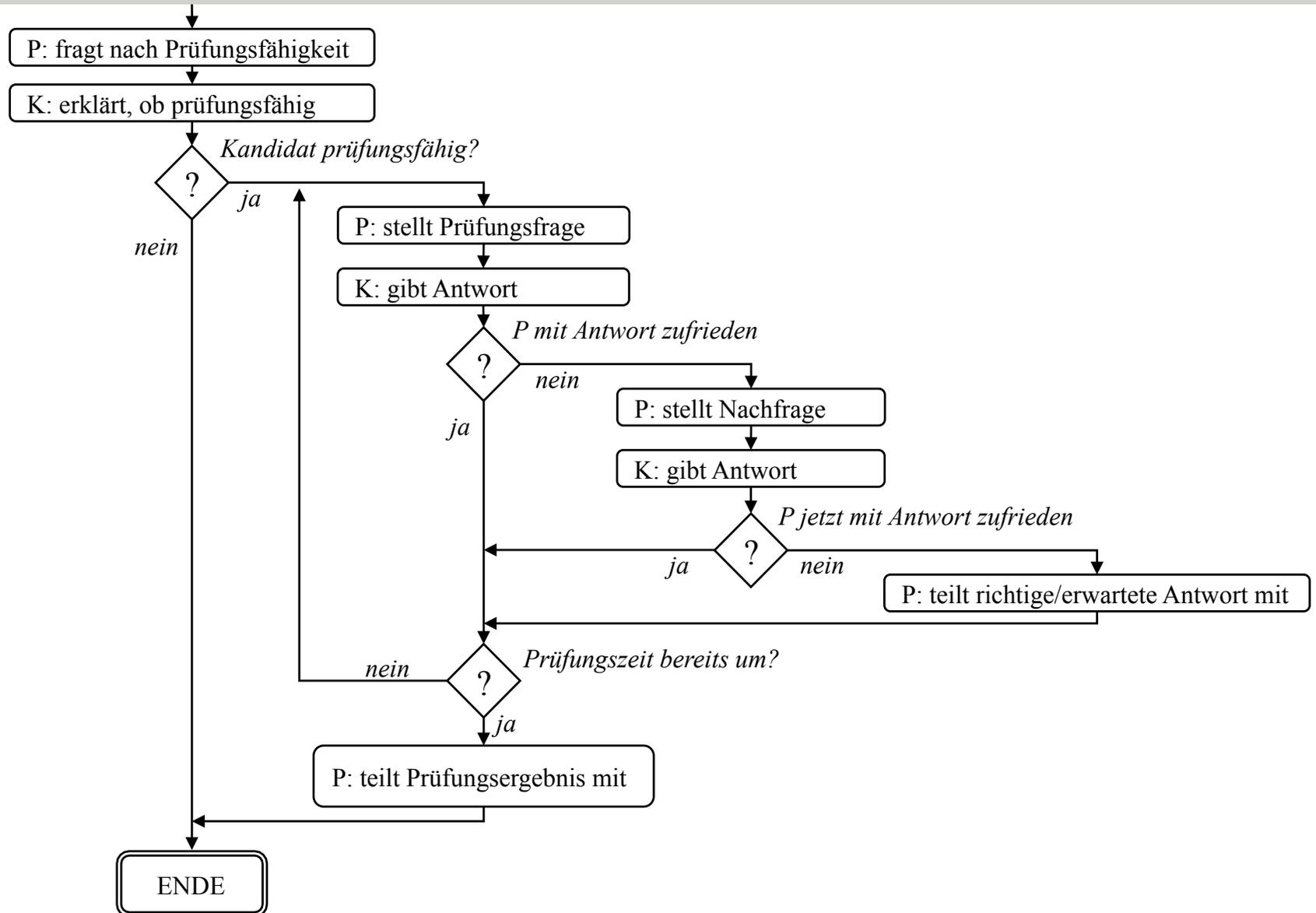
Die präzise Spezifikation in syntaktischer, prozeduraler und semantischer Hinsicht der Vorschriften und Regeln zum Informationsaustausch zwischen gleichrangigen Instanzen (peer entities), d.h. Partnern auf der gleichen Dienst- bzw. Abstraktionsebene eines Kommunikationssystems heißt **Protokoll**
- Beispiele von „peer entities“:
 - Prozesse der Anwendungsebene
 - Instanzen der Internet-IP-Ebene
 - Leitungstreiber

- Beispiel eines Protokolls: Prüfungsprotokoll (P = Prüfer, K = Kandidat)

```
01 P: fragt nach Prüfungsfähigkeit
02 K: erklärt, ob prüfungsfähig
03 wenn Kandidat prüfungsfähig, dann {
04     wiederhole solange Prüfungszeit noch nicht um {
05         P: stellt Frage
06         K: gibt Antwort
07         wenn P mit Antwort nicht zufrieden, dann {
08             P: stellt Nachfrage
09             K: gibt Antwort
10         wenn P immer noch nicht zufrieden, dann {
11             P: teilt richtige/erwartete Antwort mit
12         }
13     }
14 }
15 P: teilt K Prüfungsergebnis mit
16 }
```

- Aspekte beim Design von Protokollen
 - Adressierung
 - Verbindungsaufbau/-abbau
 - Sicherung der Übertragung
 - Quittierungsdienste
 - Fehlererkennung
 - Timer
 - Flusssteuerung
 - Aufbau von Nachrichten (=>Syntax)
 - Zusammenspiel von Protokollen (=> Protokollhierarchie z.B. nach ISO-OSI-Schichtenmodell)
 - Deadlock-Problematik
 - Darstellung
(Zustandsmodelle/endl. Automaten, Formale Sprachen, Petrinetze, Ablaufdiagramme, Logik-Kalküle, ...)

Beispiel für Ablaufdiagramme



Nachrichten

- (semantisch sinnvolle) Information, die von einer Quelle erzeugt und als Ganzes für eine Senke bestimmt ist
 - Beispiel: „Ich komme heute nicht“
- (syntaktische) Informationsmenge, welche als Einheit transportiert wird
 - Beispiel: „Ich komme heute“
„nicht“

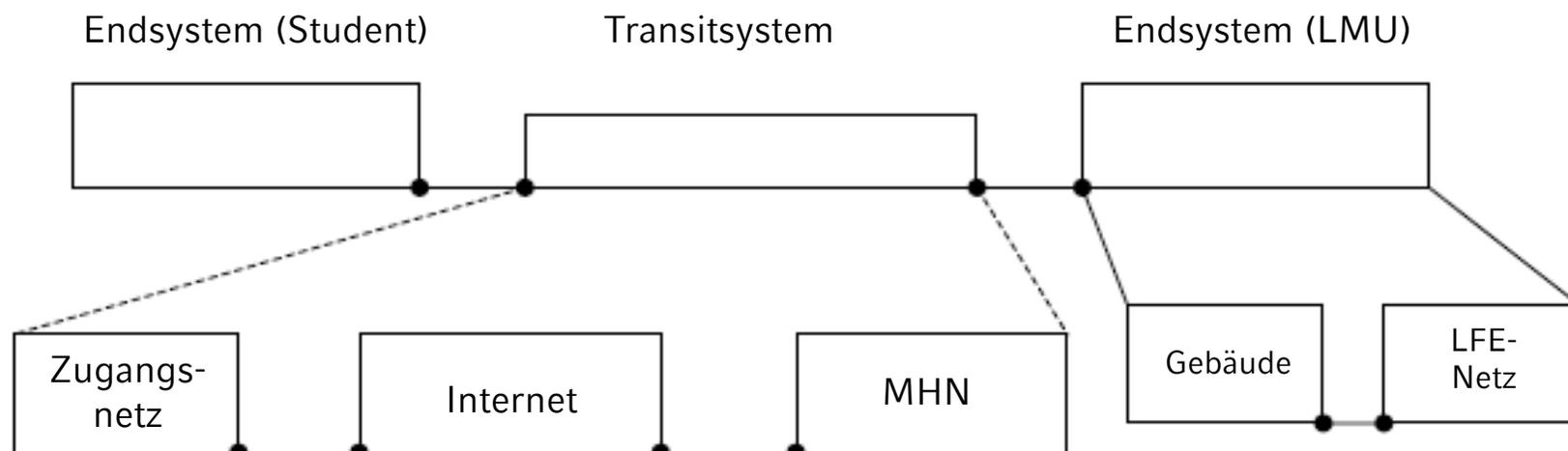
Probleme: Zerlegung, Zusammensetzen, Reihenfolge, Quittungen

Transporteinheiten haben oft schichtspezifische Begriffe:
Nachricht, Segment, Paket, Block, Frame

- Schnitte dienen
 - Der Identifikation kommunizierender Einheiten und ihrer Interaktionsstellen
 - Der Zuordnung von Interaktionsstellen zueinander
 - Der Definition des inhaltlichen und zeitlichen Zusammenhangs zwischen Interaktionen
 - Systemschnitt
 - Dienstschnitt
 - Protokollschnitt

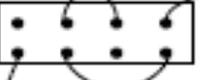
Systemschnitt

- Systemschnitte dienen der Festlegung diskreter kommunizierender Systeme
- Systemschnitt kann zur Vereinfachung mehrfach angewendet werden
- Eine Interaktionsstelle stimmt mit dem realen Übergang zum Medium überein



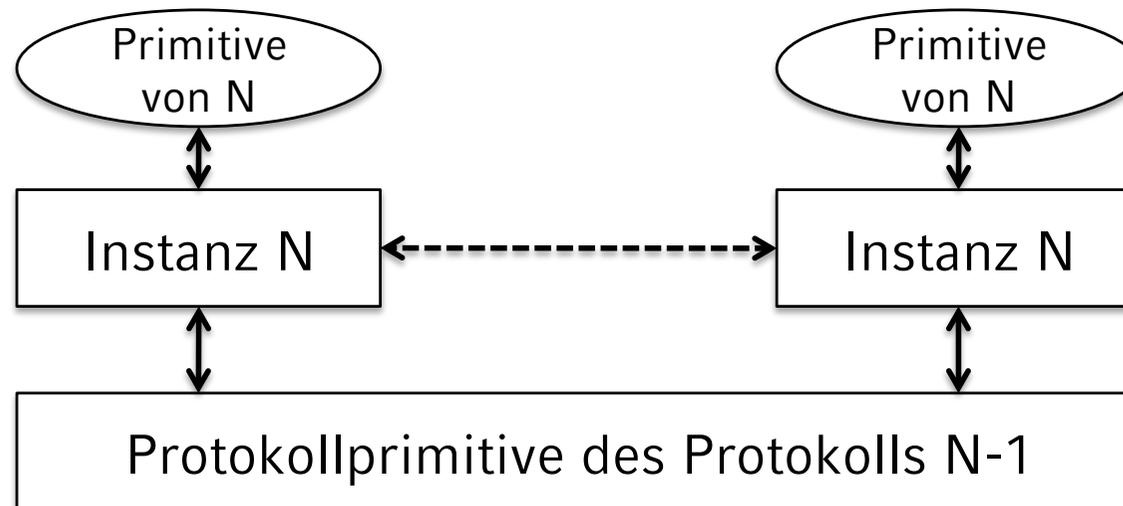
- Funktionelle Zerlegung eines Kommunikationsvorgangs in Teilvorgänge
- Trennung in inhaltliche und formale (delegierbare) Aspekte
 - Inhaltlich: semantisch bedeutend für den Zweck der Kommunikation prägend für den speziellen Vorgang
 - Formal: vorbereitend, begleitend unterstützend für die inhaltlich relevante Kommunikation, deshalb delegierbar
- Dienstschnitte legen Dienstnutzer, Dienste, Diensterbringer fest, aber nicht Art der Diensterbringung
- Induzieren ein geschichtetes System

Dienstschichtung

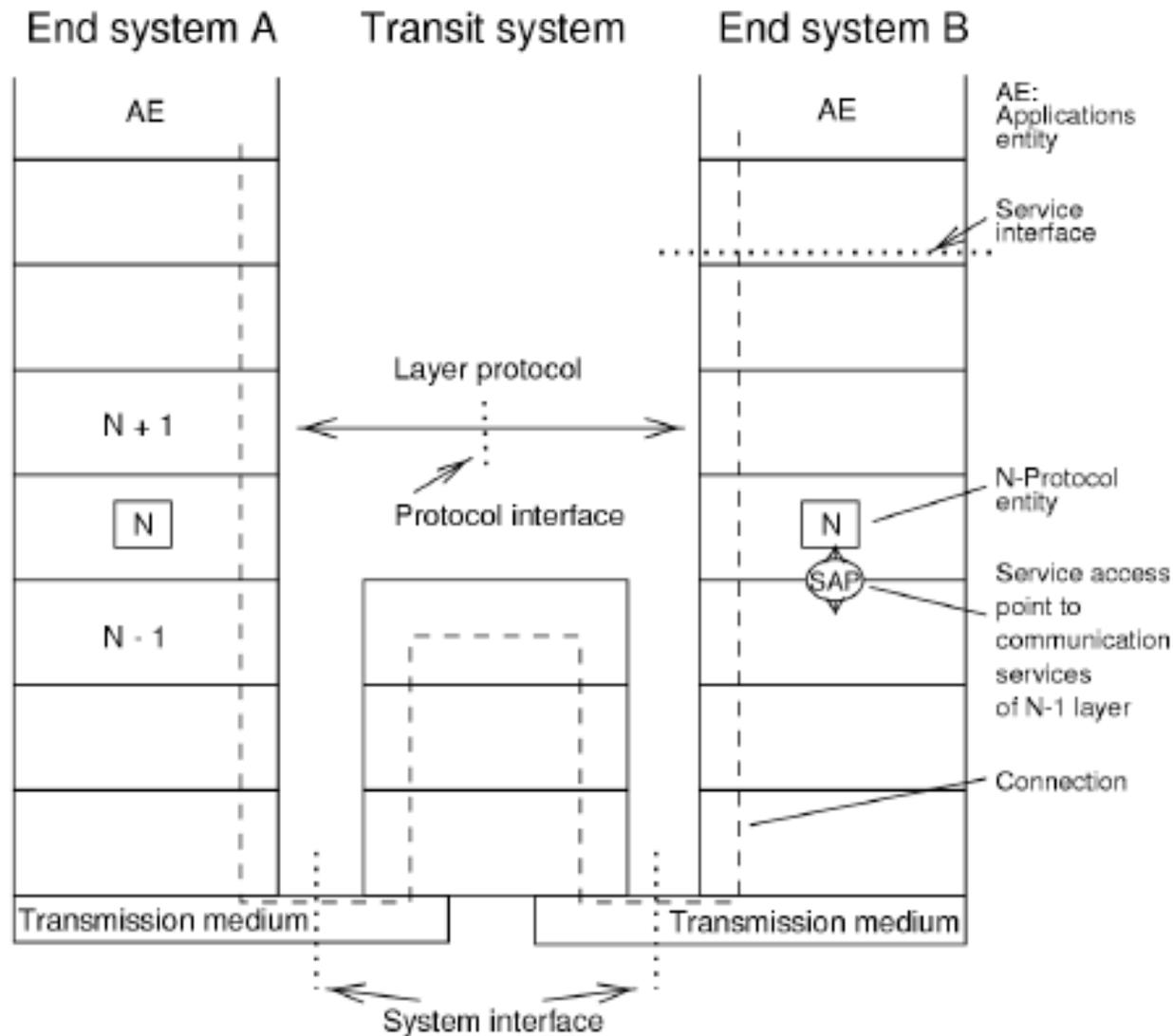
ORT A	NETZ	ORT B	SCHICHT
WEINBESTELLER W  DEUTSCH ↑ ÜBERSETZER ↓ DEUTSCH ENGLISCH ITAL. 	Protokoll 	WEINLIEFERANT L FRANZÖSISCH  DATEIEN 	ANWENDUNG
ÜBERSETZER DEUTSCH ENGLISCH ITAL. 	Protokoll 	ENGL.  FRANZ. SPANSICH	DATEN- DARSTELLUNG
GESPRÄCHSÜBERGABE	Protokoll 	GESPRÄCHSÜBERGABE	KOMMUNIKATIONS- STEUERUNG
SEKRETÄRIN A  	Protokoll 	SEKRETÄRIN B  	TRANSPORT
	Protokoll 		VERMITTLUNG
			SICHERUNG
 VERSTÄRKER		 VERSTÄRKER	PHYS.

Protokollschnitt

Legt auf jeder Schicht in jedem System Instanzen fest, die die kooperieren mit dem Ziel einer koordinierten Dienstleistung durch mehrere Systeme. Protokollinstanzen haben Interaktionsstellen nach oben, nach unten und zur „peer entity“. Protokoll steuert die Verbindung zur Entity.



ISO-OSI-Referenzmodell



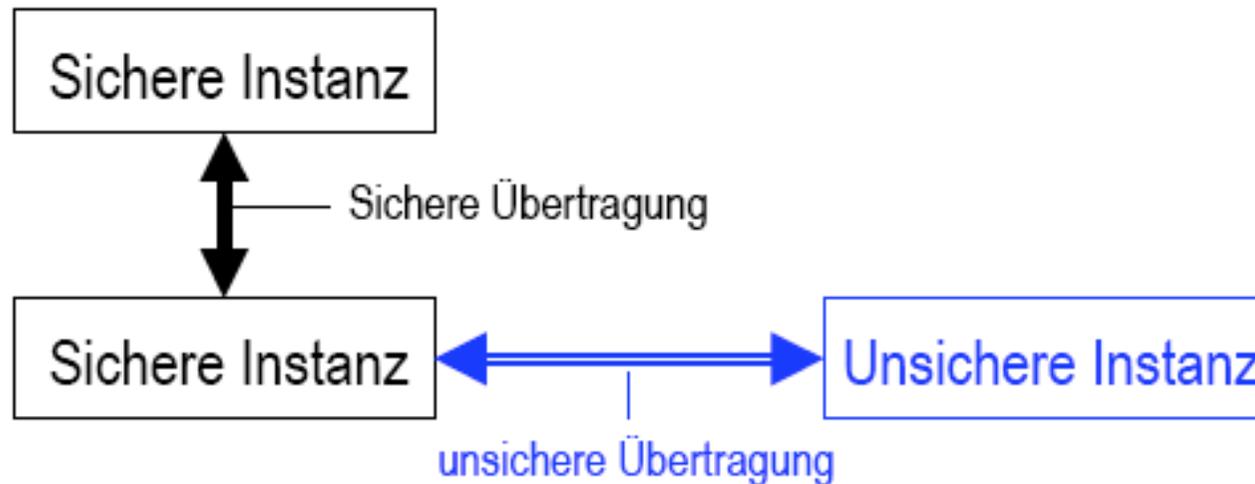
ISO-OSI-Referenzmodell

- ISO = International Standard Organization
- OSI = Open System Interconnection
- Das OSI-Schichtenmodell

Anwendungssystem	Schicht 7	Anwenderschicht	Application Layer
	Schicht 6	Darstellungsschicht	Presentation Layer
	Schicht 5	Kommunikationssteuerschicht	Session Layer
	Schicht 4	Transportschicht	Transport Layer
Transportsystem	Schicht 3	Vermittlungsschicht	Network Layer
	Schicht 2	Sicherungsschicht	Data Link Layer
	Schicht 1	Bitübertragungsschicht	Physical Layer

ISO-OSI-Referenzmodell

Modellannahmen



Sicherer Kanal:

- Keine Fehler
- Kein Datenverlust
- Kein Synchronisationsverlust

Sichere Instanz:

- Kein Fehlverhalten
- Kein Synchronisationsverlust

ISO-OSI-Referenzmodell

- Schicht 1 (*Physical Layer*)

- Transparente Übertragung von Bitsequenzen
- berücksichtigt Charakteristika einzelner Übertragungsmedien
 - mechanisch: Steckerform, Pinanordnung, ...
 - physikalisch: elektrisch, optisch, ...
 - funktional: z.B. Bedeutung von Pins
- Festlegung der Übertragungsart
 - analog/digital
 - simplex/duplex
 - seriell/parallel
 - Modulation
 - Coding

Protokolle u.A.: V.24 (analog), X.21 (digital), TDMA, FDMA

ISO-OSI-Referenzmodell

- Schicht 2 (*Data Link Layer*)

- Verwandelt reine Daten in eine Leitung
- Framing: Zusammenfassung von Bits zu höheren Strukturen (Blöcken, Frames)
- Blocksynchronisation
- Fehlererkennung, ggf Fehlerkorrektur
- Pufferung und Pufferüberwachung von Sender und Empfänger
- Regelung wer auf das Medium zugreifen darf (Mediumzugriffssteuerung)

Protokolle u.A.: HDLC, Ethernet - LLC

ISO-OSI-Referenzmodell

- Schicht 3 (***Network Layer***)

- Zusammenschalten von Links zu einem Ende-zu-Ende-Pfad über Transitsysteme
- Wegewahl (Routing), Vermittlung:
 - Von der Datenquelle zur Datensenke können verschiedene Wege genommen werden. Aufgabe des Network Layers ist es den korrekten Weg zu wählen. Wege könne für jedes Packet unterschiedlich sein, oder für alle identisch.
- Adressierung / abändern der Adressierung für das andere Netz

Protokolle u.A.: Internet Protokoll IP, X.25-level 3

ISO-OSI-Referenzmodell

- Schicht 4 (*Transport Layer*)
 - netzunabhängiger Transport von Nachrichten zwischen zwei Endsystemen
 - Anpassung der Übertragungsqualität des Transportsystems an die Erfordernisse des Anwendungssystems (Quality-of-Service Mapping)
 - Erste echte Ende-zu-Ende-Verbindung, Transport Layer kennt nur Quelle und Senke und keine Übertragungseinheiten dazwischen.

Protokolle u.A. TCP, OSI-TP

ISO-OSI-Referenzmodell

- Schicht 5 (***Session Layer***)
 - Dialogführung: Dienste zur Steuerung der Prozesse, die Sessions (temporäre, log. Verb. zwischen 2 Systemen) unterhalten (Sendeberechtigung, Synchronisation, Verbindungsauflösung)
- Schicht 6 (***Presentation Layer***)
 - Auflösen der Problematik unterschiedlicher lokaler Syntax
 - Aushandeln einer konkreten Transfersyntax
 - Abbilden der lokalen Syntax

ISO-OSI-Referenzmodell

- Schicht 7 (*Application Layer*)

- nach „oben offen“, d.h. Anwendungsschicht kann selber wieder strukturiert sein (=> Module, Unterschichten)
- einige Standardanwendungen sind normiert
 - allgemeine Hilfsanweisungen
(Filtertransfer, Directory Services, e-mail, ...)
 - branchenspezifische Anwendungen
(Electronic Data Interchange, ...)
 - weitere Anwendungen
(newsgroups, WWW, ...)