

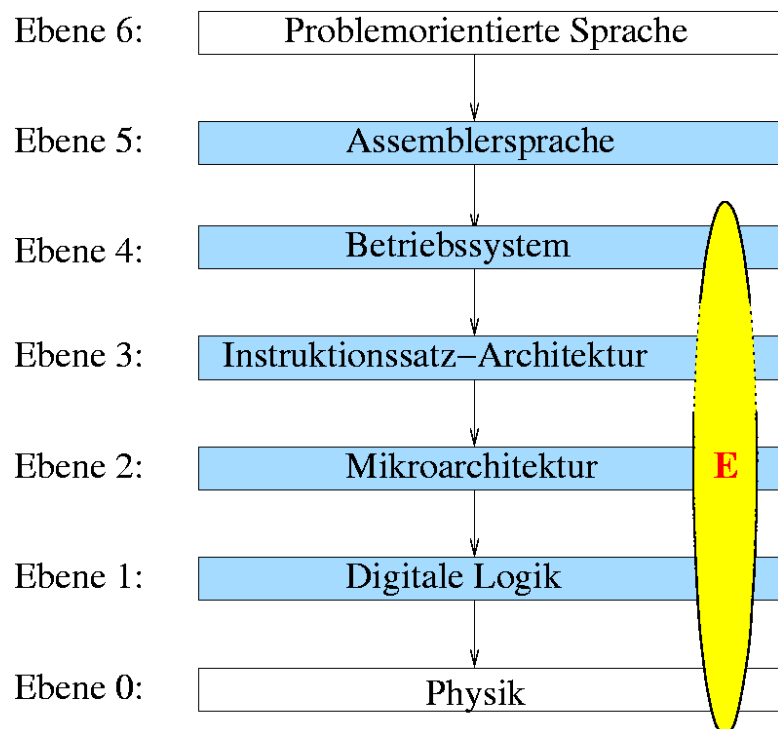
E Datenkommunikation

1. Netzwerke
2. ISO/OSI-Schichtenmodell
3. Kopplung von Netzwerken
4. Ethernet
5. TCP/IP

1

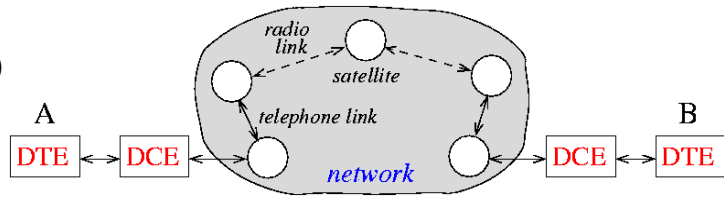
E Datenkommunikation

- Einordnung in das Schichtenmodell:



1 Netzwerke

- um Daten von Computer A im Ort x zu Computer B in Ort y zu übertragen, benötigt man:
 - Rechner mit E/A-Schnittstellen (**DTE**)
 - **Netzwerk** (Kabel oder Funkstrecken)
 - Datenübertragungseinrichtung (**DCE**)



- zudem muß in **standardisierten Protokollen** festgelegt werden, wie die Rechner miteinander kommunizieren, z.B.:
 - Adressierung des Zielrechners
 - Definition physikalischer Größen (Spannungspegel, Bitreihenfolge, ...)
 - Aufbau, Größe und Inhalt von Paketen
 - Fehlererkennung und -behandlung

1 Netzwerke (2)

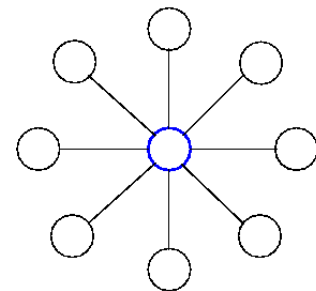
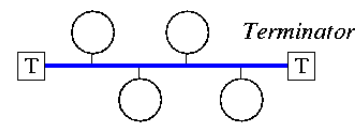
- Arten der Kommunikation über ein Netzwerk:
 - **Leitungsvermittlung** (*Circuit Switching*):
 - vor jeder Datenübertragung wird eine durchgehende physikalische Verbindung explizit aufgebaut
 - Zwischenknoten arbeiten als einfache Schaltelemente.
 - alle zu übermittelnden Daten nehmen den gleichen Weg.
 - **Nachrichtenvermittlung** (*Message Switching*):
 - jede Nachricht wird vollständig zum nächsten Zwischenknoten transportiert, dort gespeichert und erst weitergesendet, wenn nächste Übertragungsstrecke frei ist (*Store and Forward*)
 - **Paketvermittlung** (*Packet Switching*):
 - jede Nachricht wird in mehreren Paketen übertragen, die zusätzliche Adress- und Steuerinformationen enthalten
 - Pakete können unterschiedliche Wege nehmen und somit auch unterschiedliche Laufzeiten aufweisen

1.1 Arten von Netzwerken

- **LAN** (*Local Area Network*): Abstand der Rechner untereinander max. einige hundert Meter; in privater Hand
Beispiele für verschiedene LAN-Technologien: Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring (IEEE 802.5), Wireless LAN (IEEE 802.11)
- **MAN** (*Metropolitan Area Network*): auf eine bestimmte Region (z.B. eine Stadt) beschränkt
- **WAN** (*Wide Area Network*): verbindet mehrere LANs und MANs; kann sich über mehrere Länder und Kontinente erstrecken; Benutzung öffentlicher Datenwege
Beispiele: Telefonnetzwerk (*Public Switched Telephone Network*, PSTN), **ARPANET** (*Advanced Research Projects Agency Network*, 1969-1990), Internet, Datex-P (X.25), **BelWü**, DFN Gigabit Wissenschaftsnetz (G-WiN)

1.2 Netzwerktopologien

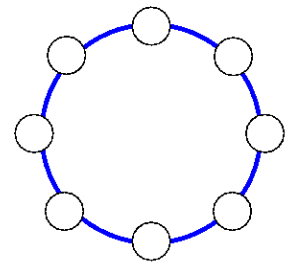
- **Bus**
 - gemeinsam genutzte Verbindungsleitungen
 - dezentrale Steuerung
 - **Vorteile**: einfache Realisierung und Erweiterbarkeit
 - **Nachteile**: Leitungslänge begrenzt, Zugriffskonflikte
- **Stern**
 - nur Punkt-zu-Punkt Verbindungen zu einem **zentralen Vermittlungsknoten**
 - zentrale Steuerung
 - **Vorteile**: einfache Realisierung, Ausfall einer Leitung hat nur lokale Folgen
 - **Nachteile**: hohe Leistungs- und Zuverlässigkeitsanforderungen an Zentralknoten



1.2 Netzwerktopologien (2)

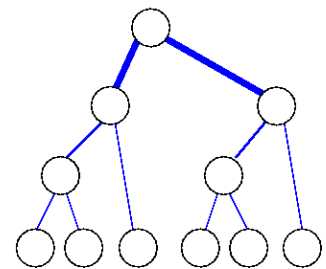
• Ring

- jeder Knoten ist mit genau zwei Nachbarknoten verbunden
- **Vorteil:** einfache dezentrale Steuerung mittels zyklischer Weitergabe eines „Token“ (nur der Knoten darf senden, der gerade das *Token* hat)
- **Nachteile:** Knoten- oder Leitungsausfall bewirkt Totalausfall des Netzwerks



• Baum

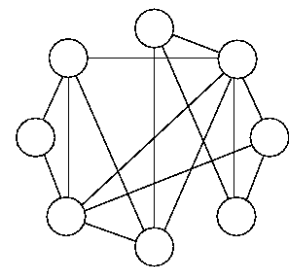
- genau ein Pfad zwischen Sender und Empfänger
- **Vorteile:** mehrere Datentransporte gleichzeitig möglich
- **Nachteile:** Anforderung an Zuverlässigkeit und Leistung der Knoten und Leitungen wächst im Baum von unten nach oben



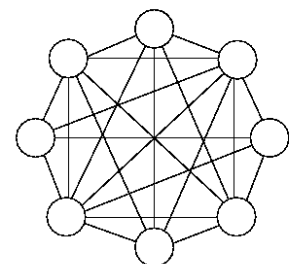
1.2 Netzwerktopologien (3)

• Maschennetz

- jeder Knoten ist mit mindestens zwei, i.a. jedoch mit mehreren (oder allen) anderen Knoten direkt verbunden
- **Vorteile:**
 - hohe Ausfallsicherheit bei hohem Vermaschungsgrad
 - hohe Leistung bei paralleler Nutzung mehrerer Verbindungen
- **Nachteile:**
 - hoher Aufwand und somit hohe Kosten
 - aufwendige Steuerung



teilweise Vermaschung

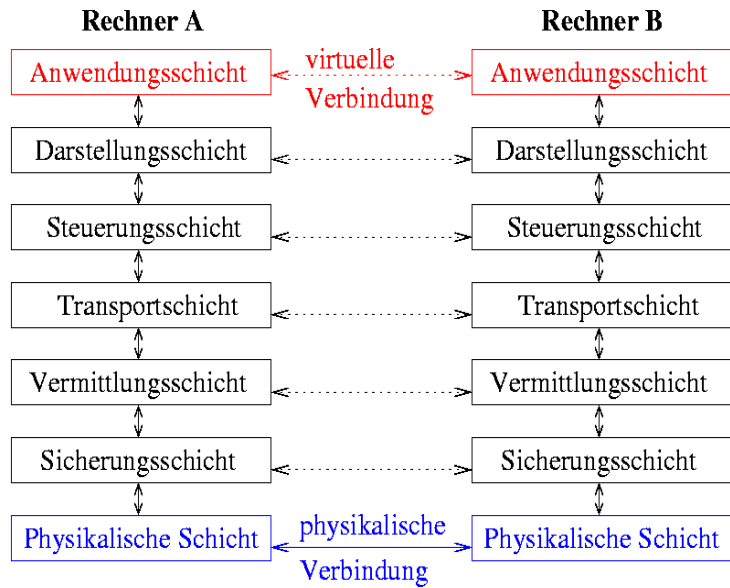


vollständige Vermaschung

2 ISO/OSI Schichtenmodell

- **ISO Referenzmodell für OSI (1983)**

(Intern. Standardization Organization reference model for Open Systems Interconnection)



- verschiedene Stufen der **Abstraktion** und verschiedene **Funktionalität** auf jeder Schicht, Kommunikation nur zwischen benachbarten Schichten
- Hilfsmittel für Protokollentwurf, legt aber keine Protokolle explizit fest

2.1 Physikalische Schicht (*Physical Layer*)

- **ungesicherte** Übertragung von **Bit-Sequenzen** von Knoten A eines Netzwerks zu Knoten B über ein Übertragungsmedium
Übertragungsfehler z.B. durch Rauschen (*Noise*), Übersprechen (*Cross-Talk*), Echo, Störimpulse
- Definition von **physikalischen Größen**, z.B.:
Spannungspegel, Steuersignale, Taktfrequenz, Steckerbelegungen, Kennung von Anfang und Ende einer Bit-Sequenz
- diverse Übertragungsmedien:

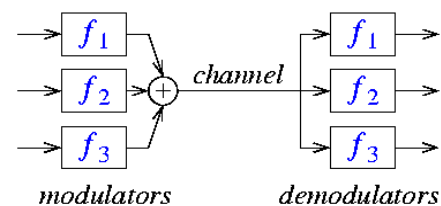
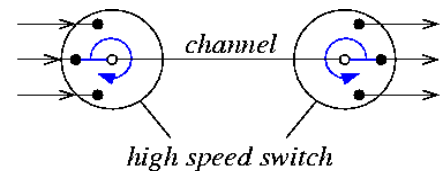
	max. Distanz	max. Bitrate
verdrilltes, zweiadriges Kabel („ <i>Twisted Pair</i> “)	100 m	100 MBit/s
Koaxialkabel	3 km	800 MBit/s
Glasfaserkabel	30 km	2 GBit/s
Infrarot (IrDA)	1 m	4 MBit/s
Wireless LAN (WLAN)	100 m	11 MBit/s
Richtfunk	10 km	622 MBit/s
Funkverbindung via Satellit	10000 km	2 GBit/s

2.1 Physikalische Schicht (2)

- verschiedene Betriebsarten eines Übertragungskanals:
 - **simplex**: Signale werden nur in eine Richtung übertragen
 - **halb-duplex**: Signale können zu einem Zeitpunkt alternativ in einer von beiden Richtungen übertragen werden
 - **voll-duplex**: Signale werden gleichzeitig in beide Richtungen übertragen

- zur Erhöhung der Auslastung eines Kanals können eingesetzt werden:

- **Zeitmultiplex**-Verfahren
(*Time Division Multiplexing*, TDM)
- **Frequenzmultiplex**-Verfahren
(*Frequency Division Multiplexing*, FDM)



2.1 Physikalische Schicht (3)

- **Signal-/Rauschverhältnis S/N** gibt das Verhältnis von Signalleistung S zu Rauschleistung N an
(wird i.a. logarithmisch ausgedrückt in dB: $10 \log_{10} S/N$)
- **max. Bitrate r** auf Übertragungskanal mit Bandbreite b :
 - bei L verschiedenen Signalpegeln ohne Rauschen: $r = 2 \cdot b \cdot \log_2 L$
 - bei beliebig vielen Signalpegeln und einem Signal-/Rauschverhältnis S/N (theoretische Kanalkapazität nach Shannon): $r = b \cdot \log_2 (1 + S/N)$
- **Beispiel: Datenübertragung über Telefonnetz**
 - analoge Übertragung im Frequenzbereich 300 bis 3300 Hz
⇒ Bandbreite 3000 Hz
 - max. Bitrate bei Übertragung eines reinen Binärsignals: **6000 Bit/s**
 - max. Bitrate bei Verwendung vieler Signalpegel und einem typischen Signal-/Rauschverhältnis von 30 dB (d.h. $S/N = 1000$): **29900 Bit/s**

2.1 Physikalische Schicht (4)

- Beispiel: Datenübertragung über Telefonnetz (Forts.):
 - ein analoger Telefonkanal kann nur Sinusfrequenzen innerhalb der Kanalbandbreite, aber keine digitalen Pulse übertragen
 - Transformation der digitalen Signale mittels **Modem** (Modulator / Demodulator) in analoge Signale erforderlich; verschiedene Verfahren:
 - **Amplitudenmodulation** (AM):
feste Frequenz f , Amplituden a_0 und a_1 zum Senden von 0 / 1
 - **Frequenzmodulation** (FM):
Frequenzen f_0 und f_1 zum Senden von 0 / 1, feste Amplitude a
 - **Phasenmodulation** (PM):
Phasen φ_0 und φ_1 zum Senden von 0 / 1, Frequenz und Amplitude fest
 - **Phasendifferenzmodulation** (PSK):
 2^k Phasen φ_i zum Senden von 2^k möglichen k -Bit Sequenzen
 - **Quadraturamplitudenmodulation** (QAM):
Kombination von PSK mit 2^k Phasen und AM mit q Amplituden

2.1 Physikalische Schicht (5)

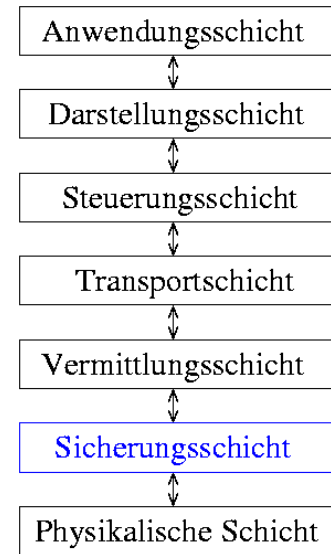
- Standards zur Datenübertragung über das Telefonnetz:

	max. Bitrate	Verfahren
V.21	300	FM ($f_0 = 1180$ Hz, $f_1=980$ Hz)
V.22	1200	PSK ($k = 2$)
V.32	9600	QAM ($k = 4$, $q = 2$)
V.34	33.6k	QAM (960 Phasen/Amplituden-Kombinationen)
V.90	33.6k \uparrow / 56k \downarrow	wie V.34 \uparrow / quasi-digital \downarrow
ISDN	je Kanal 64k	2 Kanäle, digital
ADSL	640k \uparrow / 8M \downarrow	Nutzung einer Bandbreite von 1.1 MHz

- **ADSL** (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) verwendet auf der Leitung vom Endbenutzer zum 1. Netzwerkknoten (< 5 km) Bandbreiten von 100 kHz (\uparrow , *upload*) und 1 MHz (\downarrow , *download*) oberhalb des für Sprache verwendeten Frequenzbereichs

2.2 Sicherungsschicht (*Data Link Layer*)

- **fehlerfreie** Übertragung einzelner **Pakete** zwischen zwei direkt verbundenen Netzknoten
- Paketsynchronisation durch **Protokolle**:
 - Definition spezieller Anfangs- und Ende-Zeichen für Pakete
 - Bestätigungen für empfangene Paket
- **Fehlererkennung** für jedes Paket
- **Fehlerkorrektur** für jedes Paket (z.B. durch wiederholtes Senden von fehlerhaft oder nicht empfangenen Paketen)



2.2 Sicherungsschicht (2)

- Beispiel 1: **BiSync**, ein byte-orientiertes Protokoll
 - **ASCII** (*American Standard Code for Information Interchange*) enthält in einer 7-Bit Kodierung neben Buchstaben, Ziffern und Symbolen auch einige **Sonderzeichen** zur Steuerung einer Kommunikation:

		Bits 6–4 →							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		000	001	010	011	100	101	110	111
Bits	0	0000	NULL	DCL	SP	0	@	P	p
	1	0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	q
	2	0010	STX	DC2	"	2	B	R	r
	3	0011	ETX	DC3	#	3	C	S	s
	4	0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	t
	5	0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	u
	6	0110	ACK	SYN	&	6	F	V	v
	7	0111	BEL	ETB	'	7	G	W	w
	8	1000	BS	CAN	(8	H	X	x
	9	1001	HT	EM)	9	I	Y	y
	A	1010	LF	SUB	*	:	J	Z	z
	B	1011	VT	ESC	+	;	K	[{
	C	1100	FF	FS	,	<	L	\	
	D	1101	CR	GS	-	=	M]	}
	E	1110	SO	RS	.	>	N	^	~
	F	1111	SI	US	/	?	O	_	o
									DEL

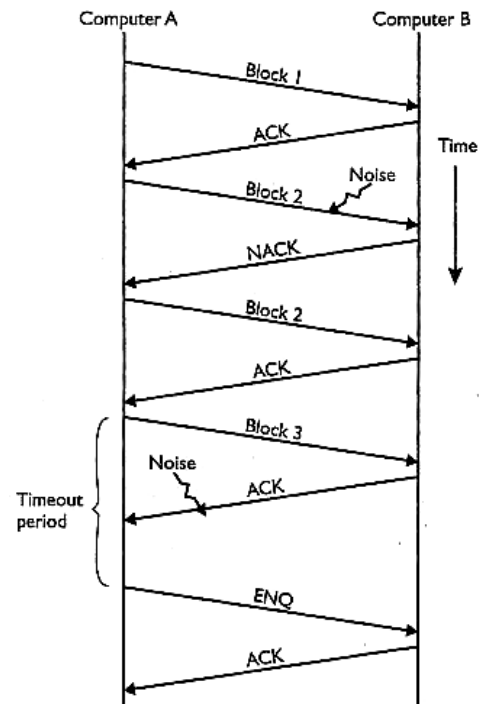
2.2 Sicherungsschicht (3)

- Beispiel 1 (Forts.):
 - BiSync benötigt folgende Sonderzeichen:
 - SYN** (*Synchronize*)
 - SOH** (*Start of Header*)
 - STX/ETX** (*Start / End of Text*)
 - ACK/NAK** (*Acknowledge / No Acknowledge*)
 - ENQ** (*Enquiry*)
 - EOT** (*End of Transmission*)
 - allgemeiner Aufbau eines Paketes:

SYN	SYN	SOH	Header	STX	Text	ETX
-----	-----	-----	--------	-----	------	-----

z.B.:

address	sequence number	control
---------	-----------------	---------
 - ungeeignet zur Übertragung von Bitströmen beliebiger Art !



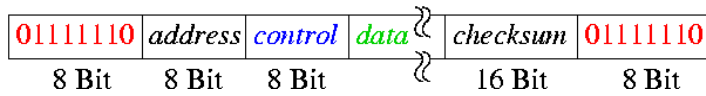
2.2 Sicherungsschicht (4)

- Beispiel 2: **HDLC** (*High-Level Data Link Control*), ein bit-orientiertes Protokoll
 - Übertragung von Bitströmen erfolgt in Paketen, die mit der 8-Bit Kennung **01111110** beginnen und aufhören.
 - folgen in den Daten fünf 1-Bits aufeinander, wird vom Sender ein **0-Bit** eingefügt (*Bit Stuffing*)
 - Beispiel: Übertragung der Bitfolge 011011111101111100 erfolgt im HDLC-Paket **01111110**0110111111**0**1011111**0**00**01111110**
 - Empfänger löscht stets ein 0-Bit nach Erkennen von 11111
-
- strikte Trennung von Sender (initiiert Kommunikation) und Empfänger (darf nur auf Anforderung Antwortpakete senden)

2.2 Sicherungsschicht (5)

- Beispiel 2 (Forts.):

- allgemeiner Aufbau eines HDLC-Paketes:



- Ablauf wird gesteuert durch den Inhalt des Feldes *control* :

type	N (S)	N (R)	P/F
1 Bit	3 Bit	3 Bit	1 Bit

type : Paket enthält in N (s) eine Meldung, z.B.:

REJ = Zurückweisen aller Pakete seit N (R)

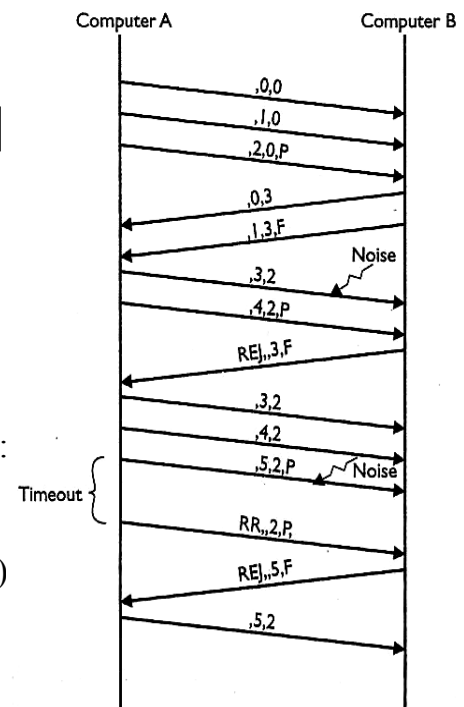
RR = empfangsbereit (*Receive Ready*)

N (S) : Nummer des gesendeten Paketes (aus 0–7)

N (R) : Nummer des nächsten erwarteten Paketes

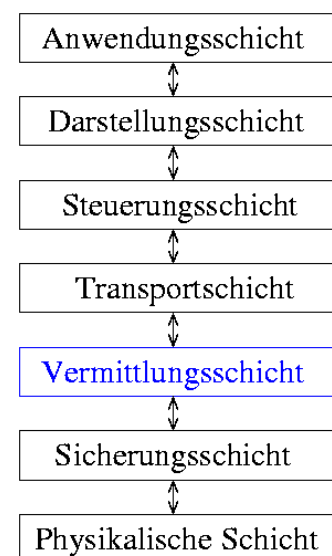
P/F : *Poll* = Sender bittet um Antwort

Final = Empfänger sendet letztes Paket



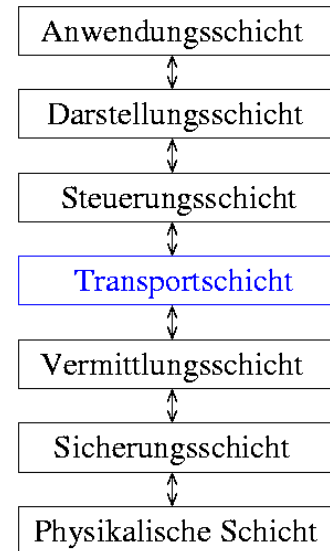
2.3 Vermittlungsschicht (*Network Layer*)

- Auswahl eines **Transportweges** (*Routing*) für die folgende Übertragungsstrecke
 - **statisch**: fest für alle Pakete einer Sitzung
 - **dynamisch**: für jedes Paket neu ermittelt
- **Kopplung** von Subnetzen mit unterschiedlicher Technologie (⇒ Flußsteuerung bei unterschiedlichen Bitraten)
- Erkennen und Beseitigen von **Überlast-situationen**
- ebenso wie physikalische und Sicherungsschicht i.a. direkt in **Hardware** realisiert
- Beispiele: Paketvermittlungsprotokoll **X.25**, Internet Protokoll **IP**



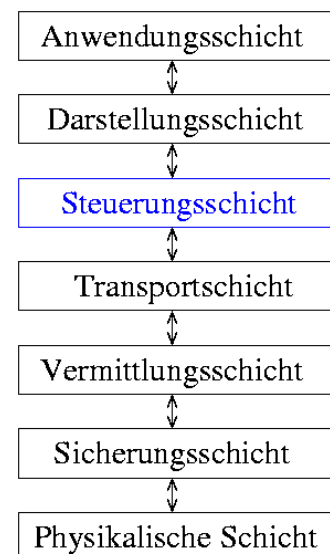
2.4 Transportschicht (*Transport Layer*)

- Aufbau einer vollständigen (virtuellen) **Verbindung zwischen zwei Endsystemen** für die Dauer einer Sitzung
- **Adressierung** des Endteilnehmers
- Sicherstellung, dass **gesamte Nachricht fehlerfrei** (als Strom oder in Paketen) übertragen wurde
- Definition von **Qualitätsparametern**
- Beispiel: TCP



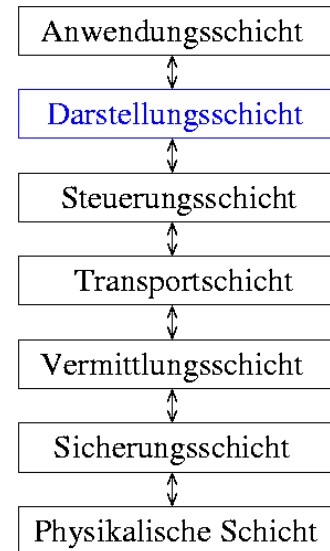
2.5 Steuerungsschicht (*Session Layer*)

- steuert **Dialog** zwischen 2 Endteilnehmern für eine Sitzung (z.B. das Rederecht bei halb-duplex Verbindungen)
- Festlegen von **Synchronisationspunkten** (*Check Points*) zum Wiederaufsetzen nach Zusammenbruch einer Verbindung
- automatischer **Wiederaufbau** einer Verbindung nach Zusammenbruch
- Aufteilung des Datenstroms auf mehrere Transportverbindungen zur Erhöhung des Durchsatzes
- **Kopplung** mehrerer Verbindungen (z.B. Audio/Video) in einer Sitzung



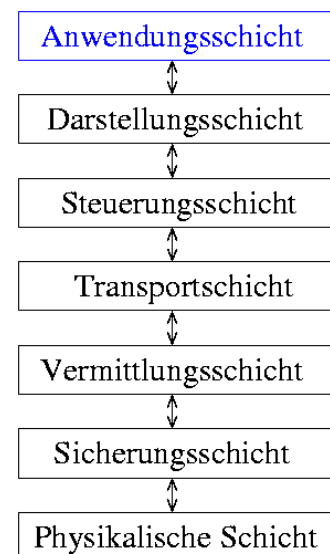
2.6 Darstellungsschicht (*Presentation Layer*)

- Wahl eines **standardisierten Datenformats** für die Übertragung von Daten (z.B. ISO-8859-x, ASCII, Unicode, XDR)
- Transformation aller Anwenderdaten in das gewählte Format auf Senderseite und Rücktransformation auf Empfängerseite
- ggf. **Verschlüsselung** der Daten bei sicherheitskritischen Anwendungen
- ggf. automatische **Komprimierung** der Daten und **Dekomprimierung** auf der Empfängerseite



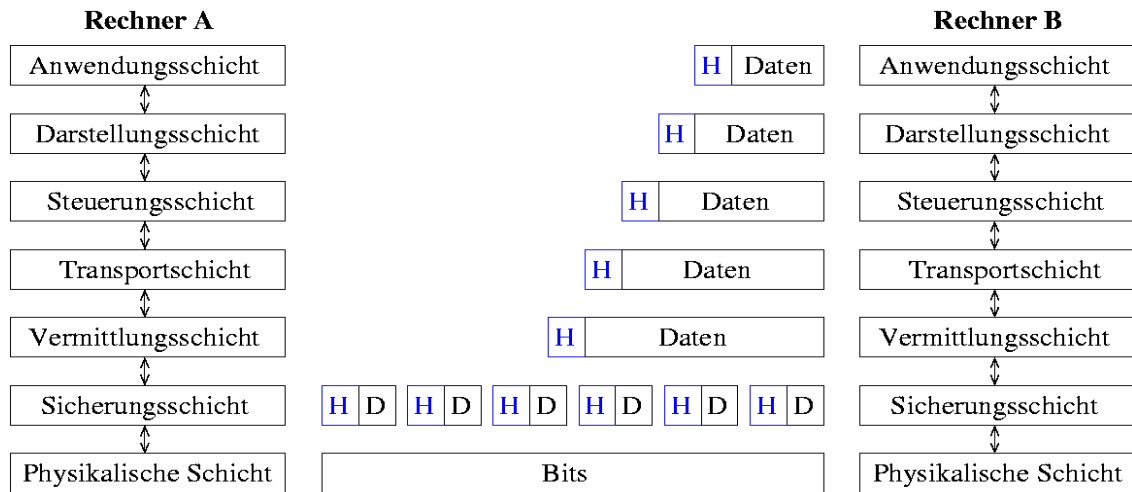
2.7 Anwendungsschicht (*Application Layer*)

- Schnittstelle zwischen Anwendungsprogramm und Kommunikationssystem
- definiert einige Protokolle für typische **Kommunikationsdienste**, z.B.
 - *Email* (SMTP, POP, IMAP)
 - *File Transfer* (FTAM, FTP)
 - *Virtual Terminal* (VT, Telnet)
 - *Remote Procedure Call* (RPC)
 - *Remote Database Access* (RDA)
 - *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP)
 - *Domain Name Service* (DNS)
- dAnwendungsprogramme selbst gehören nicht zur Anwendungsschicht!



2.8 Datenübertragung im ISO/OSI Modell

- jede Schicht fügt den von ihr zu übertragenden Daten weitere **Steuerinformationen** (*Header*) hinzu, z.B. über Zieladresse, gewähltes Format, Paketgröße, ... :



- für einzelne Schichten kann der *Header* auch leer sein!

2.9 Bewertung ISO/OSI Schichtenmodell

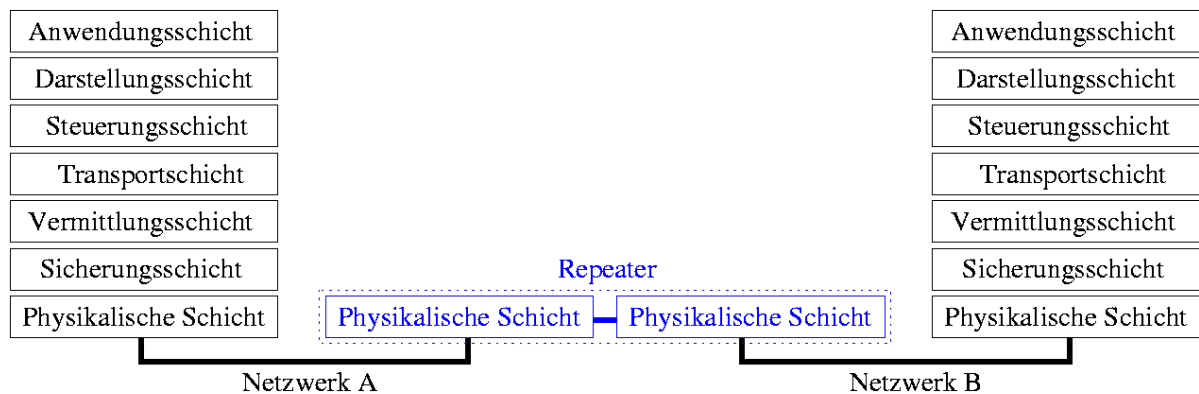
- i.a. nicht alle 7 Schichten in einer Implementierung vorhanden (eine vollständige Implementierung für alle Schichten wäre ineffizient)
- ISO/OSI Referenzmodell ist ein gutes **Hilfsmittel** zur
 - **Strukturierung** einer Datenkommunikation
 - **Einordnung** und **Bewertung** von Kommunikationsprotokollen (durch hierarchischen Aufbau und die klare Trennung der verschiedenen Aufgabenbereiche)
- bereits vor der ISO Standardisierung etablierte Quasi-Standards (vor allem **TCP/IP**) passen nicht gut in dieses Modell

3 Kopplung von Netzwerken

- **Kopplungseinheiten** dienen der Verbindung von Netzwerken
- verschiedene **Ziele** bei der Kopplung von Netzwerken, z.B.:
 - Überwindung der physikalisch bedingten maximalen Ausdehnung eines Netzwerks (z.B. aufgrund der Leitungslänge)
 - Erhöhung der Knotenzahl
 - logische Trennung von Netzwerksegmenten (\Rightarrow Reduzierung der Netzlast)
- mögliche **Aufgaben** einer Kopplungseinheit sind:
 - Adreßumwandlung
 - Wegewahl (Routing)
 - Zusammensetzen von Paketen und Aufteilung in Pakete anderer Größe
 - Fehlerkontrolle
- Die Schicht im ISO/OSI-Referenzmodell, auf der eine Kopplungseinheit operiert, bestimmt den Funktionsumfang

3 Kopplung von Netzwerken (2)

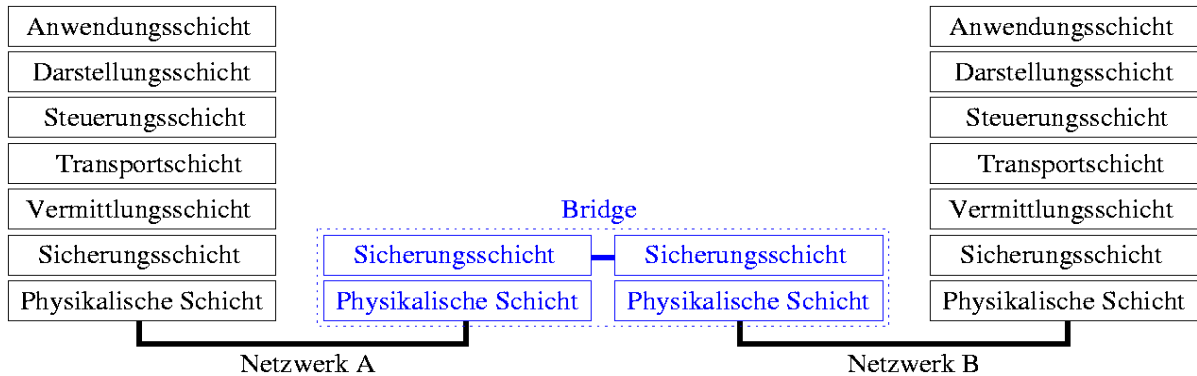
- ein **Repeater**
 - dient der reinen Signalverstärkung auf der **physikalischen Schicht**
 - leistet eine einfache Verbindung von zwei Netzwerksegmenten



- Protokolle aller darüberliegenden Schichten müssen gleich sein!
- ein **Hub** ist ein Repeater für mehr als zwei Netzwerkanschlüsse

3 Kopplung von Netzwerken (3)

- eine **Brücke** (*Bridge*)
 - verbindet i.a. zwei Subnetzwerke auf der **Sicherungsschicht** (⇒ mit Fehlerbehandlung!)
 - leistet eine logische Trennung von Netzen: nur Pakete mit nichtlokalen Zieladressen werden in das angekoppelte Subnetzwerk übertragen



- ein **Switch** ist eine Brücke für mehr als zwei Netzwerkanschlüsse

3 Kopplung von Netzwerken (4)

- ein **Router**
 - verbindet Netzwerke mit unterschiedlichen Netzwerktechnologien und Netzwerkprotokollen
 - operiert auf **Vermittlungsschicht**: bei mehreren alternativen Pfaden kann Router einen Weg zum Zielknoten auswählen
 - wertet die in Paketen enthaltenen Adressangaben aus und legt interne **Routing-Tabellen** zur Bestimmung optimaler Wege an

