

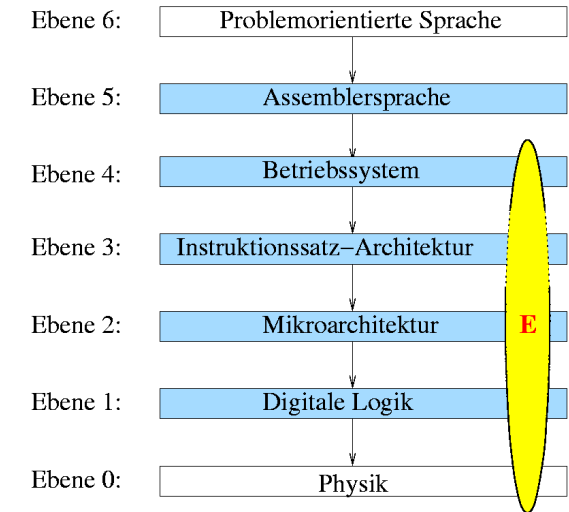
## E Datenkommunikation

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

1

## E Datenkommunikation

- Einordnung in das Schichtenmodell:

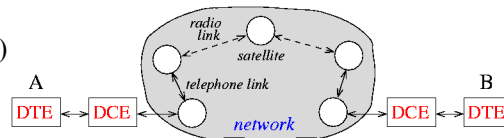


Technische Informatik II, WS 2003/2004  
A. Strey, Universität Ulm

E Datenkommunikation  
E-2

## 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



Technische Informatik II, WS 2003/2004  
A. Strey, Universität Ulm

E Datenkommunikation  
E-3

## 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

Technische Informatik II, WS 2003/2004  
A. Strey, Universität Ulm

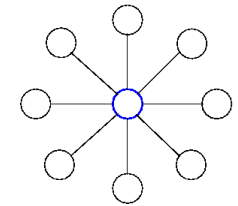
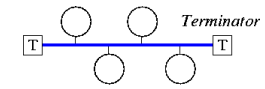
E Datenkommunikation  
E-4

## 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)

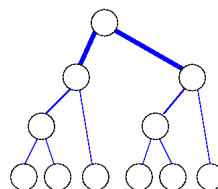
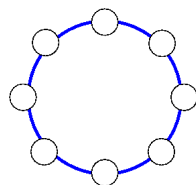
## 1.2 Netzwerktopologien

- **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



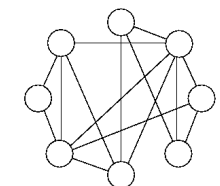
## 1.2 Netzwerktopologien (2)

- **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

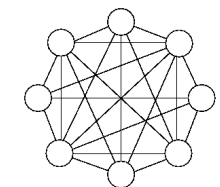


## 1.2 Netzwerktopologien (3)

- **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

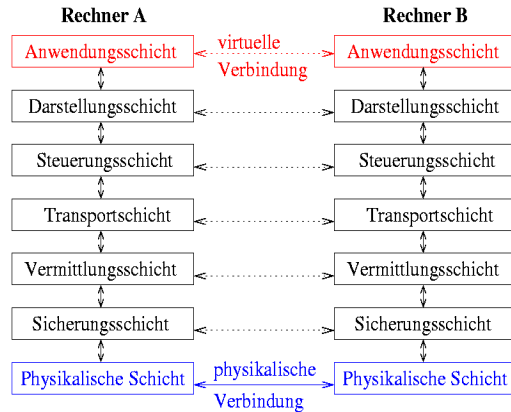


vollständige Vermaschung

## 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:

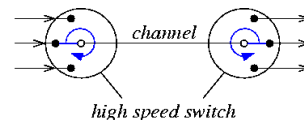
	max. Distanz	max. Bitrate
verdrilltes, zweiadriges Kabel („ <i>Twisted Pair</i> “)	100 m	100 MBit/s
Koaxialkabel	3 km	800 MBit/s
Glasfaserkabel	30 km	2 GBit/s
Infrarot (IrDA)	1 m	4 MBit/s
Wireless LAN (WLAN)	100 m	11 MBit/s
Richtfunk	10 km	622 MBit/s
Funkverbindung via Satellit	10000 km	2 GBit/s

## 2.1 Physikalische Schicht (2)

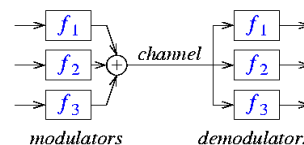
- verschiedene Betriebsarten eines Übertragungskanals:
  - **simplex**: Signale werden nur in eine Richtung übertragen
  - **halb-duplex**: Signale können zu einem Zeitpunkt alternativ in einer von beiden Richtungen übertragen werden
  - **voll-duplex**: Signale werden gleichzeitig in beide Richtungen 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  $\phi_0$  und  $\phi_1$  zum Senden von 0 / 1, Frequenz und Amplitude fest
    - **Phasendifferenzmodulation (PSK)**:  $2^k$  Phasen  $\phi_i$  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)

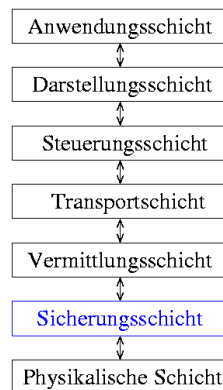
- Standards zur Datenübertragung über das Telefonnetz:

	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 ↑ / 56k ↓	wie V.34 ↑ / quasi-digital ↓
ISDN	je Kanal 64k	2 Kanäle, digital
ADSL	640k ↑ / 8M ↓	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 (↑, *upload*) und 1 MHz (↓, *download*) oberhalb des für Sprache verwendeten Frequenzbereichs

## 2.2 Sicherungsschicht (Data Link Layer)

- **fehlerfreie** Übertragung einzelner **Pakete** zwischen zwei direkt verbundenen Netzknotten
- 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
Bits	3-0 ↓	000	001	010	011	100	101	110	111
	0	NULL	DCL	SP	0	@	P	'	p
	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
	7	BEL	ETB	*	7	G	W	g	w
	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
	B	VT	ESC	+	:	K	[	k	}
	C	FF	FS	,	<	L	\	l	
	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

## 2.2 Sicherungsschicht (3)

### Beispiel 1 (Forts.):

- BiSync benötigt folgende Sonderzeichen:

**SYN** (Synchronize)

**SOH** (Start of Header)

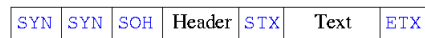
**STX/ETX** (Start / End of Text)

**ACK/NAK** (Acknowledge / No Acknowledge)

**ENQ** (Enquiry)

**EOT** (End of Transmission)

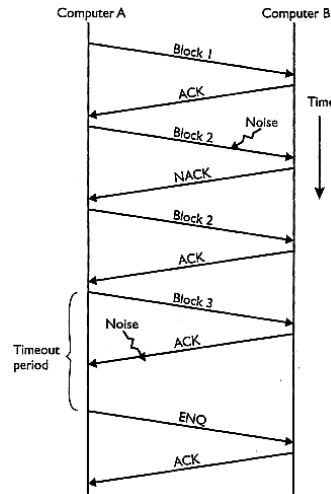
- allgemeiner Aufbau eines Paketes:



z.B.: 

address	sequence number	control
---------	-----------------	---------

- ungeeignet zur Übertragung von Bitströmen beliebiger Art!



## 2.2 Sicherungsschicht (4)

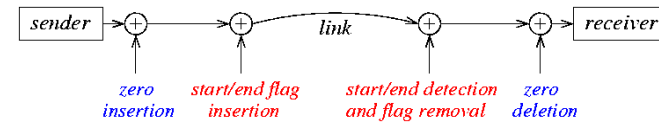
- Beispiel 2: **HDLC** (High-Level Data Link Control), ein bit-orientiertes Protokoll

- 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 **011111100110111110101111100001111110**

- Empfänger löscht stets ein 0-Bit nach Erkennen von 11111

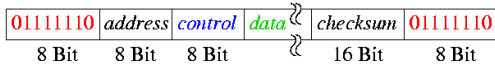


- strikte Trennung von Sender (initiiert Kommunikation) und Empfänger (darf nur auf Anforderung Antwortpakete senden)

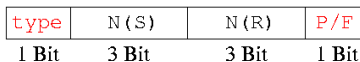
## 2.2 Sicherungsschicht (5)

### Beispiel 2 (Forts.):

- allgemeiner Aufbau eines HDLC-Paketes:



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



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

REJ = Zurückweisen aller Pakete seit N (R)

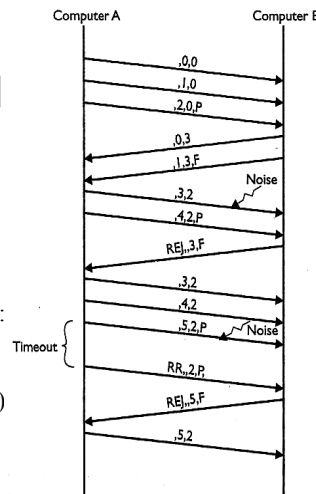
RR = empfangsbereit (Receive Ready)

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

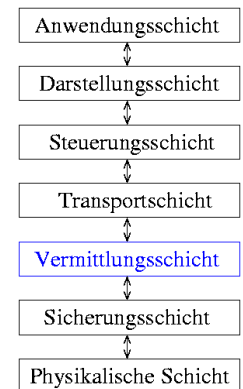
- **statisch**: fest für alle Pakete einer Sitzung
- **dynamisch**: für jedes Paket neu ermittelt

- **Kopplung** von Subnetzen mit unterschiedlicher Technologie (⇒ Flußsteuerung bei unterschiedlichen Bitraten)

- Erkennen und Beseitigen von **Überlast-situationen**

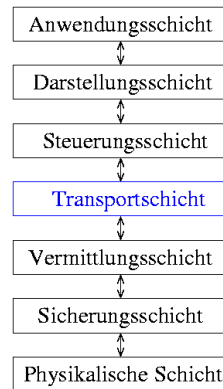
- ebenso wie physikalische und Sicherungsschicht i.a. direkt in **Hardware** realisiert

- Beispiele: Paketvermittlungsprotokoll **X.25**, Internet Protokoll **IP**



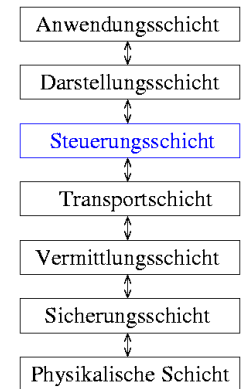
## 2.4 Transportschicht (Transport Layer)

- 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



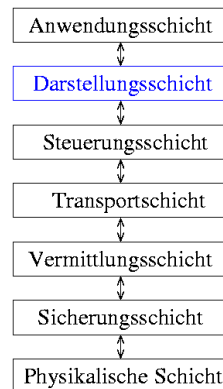
## 2.5 Steuerungsschicht (Session Layer)

- 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



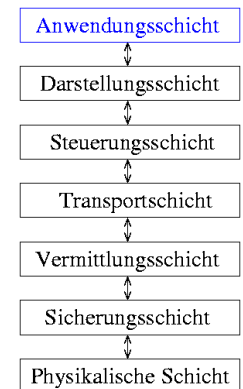
## 2.6 Darstellungsschicht (Presentation Layer)

- 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



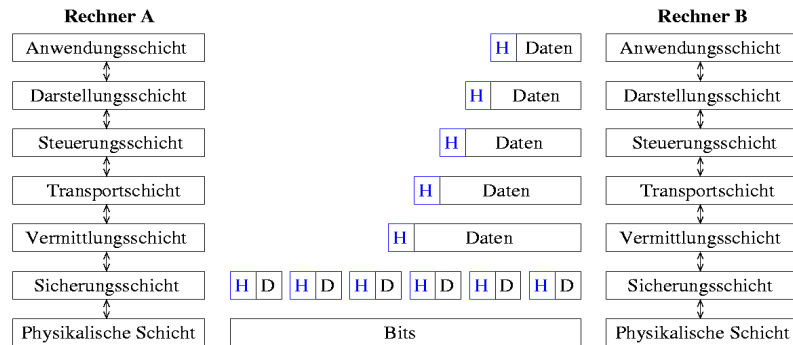
## 2.7 Anwendungsschicht (Application Layer)

- 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

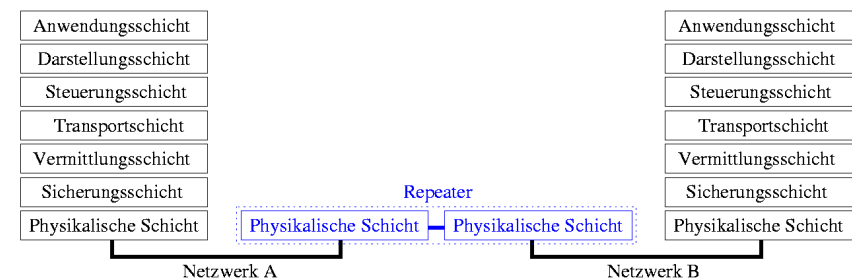
- i.a. nicht alle 7 Schichten in einer Implementierung vorhanden (eine vollständige Implementierung für alle Schichten wäre ineffizient)
- ISO/OSI Referenzmodell ist ein gutes **Hilfsmittel** zur
  - **Strukturierung** einer Datenkommunikation
  - **Einordnung** und **Bewertung** von Kommunikationsprotokollen (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 (⇒ 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)

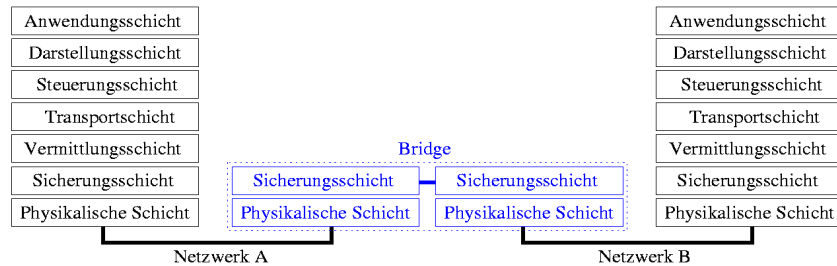
- ein **Repeater**
  - dient der reinen Signalverstärkung auf der **physikalischen Schicht**
  - leistet eine einfache Verbindung von zwei Netzwerksegmenten



- 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

