

3. Grundbegriffe und Struktur:

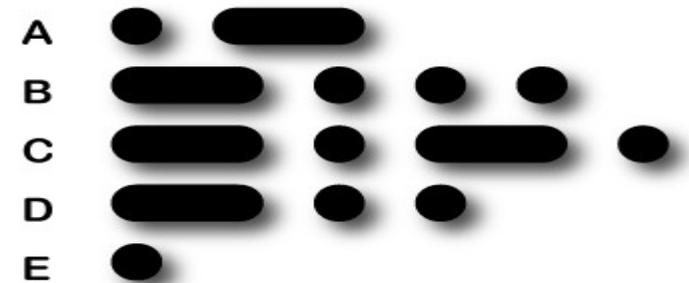
3.1.1 Symbol

- Ein Symbol ist ein Bedeutungsträger, der für ein Objekt oder ein Ereignis steht, welches nicht unmittelbar dargestellt werden kann.
- Praktisch:
 - ◆ verschiedene Disziplinen haben stark unterschiedliche Symbolbegriffe,
 - ◆ Informatik: z.B. das Oktett '01000002' mit der Bedeutung „B“ im ASCII-Code,
 - ◆ Fernmeldetechnik: z.B. ein Spannungspegel aus 16 zulässigen Pegeln =>
 - ◆ Strassenverkehr: eine rote Ampel als Anhaltensymbol,
 - ◆ Religion: die Taube als Symbol des heiligen Geistes,
 - ◆ Ehering als Symbol der Verbundenheit.



3.1.2 Code/Codierung:

- Ein Code ist eine Abbildungsvorschrift für Wörter eines Ursprungsalphabets nach einem Zielalphabet.
- Praktisch:
 - ◆ Schriftzeichencodierung: ASCII, Unicode, EBCDIC ...
 - ◆ BCD: Binary coded Decimal ('0000' .. '1001' \Leftrightarrow „0“ ... „9“),
 - ◆ Codierung von Nachrichten zum Zweck der Geheimhaltung,
 - ◆ Codierung von Aminosäuren mit DNS,
 - ◆ **Morsecode** =>
- Nicht im Rahmen der obigen Definition:
 - ◆ Code Napoleon: französisches Gesetzbuch
 - ◆ Dresscode für Internatsschüler...



3.1.3 Information

■ Der Informationsgehalt einer Nachricht ergibt sich aus deren Neuheitswert:

- ◆ eine schon bekannte Nachricht birgt keine Information,
- ◆ eine unerwartete Nachricht bringt viel Information,
- ◆ Information zweier unabhängiger Nachrichten addiert sich.

■ Nachricht aus Einzelsymbol S:

- ◆ S habe die Wahrscheinlichkeit $p(S)$, ld steht für Logarithmus dualis,
- ◆ Nachricht bestehend aus dem Symbol S trägt die Information:

$$\text{Information}(S) = - \text{ld } p(S)$$

■ Nachricht M bestehend aus der Symbolfolge ($S_0, S_1 \dots S_i \dots S_n$):

- ◆ für statistisch unabhängige Symbole:

$$\text{Wahrscheinlichkeit}(M) = \prod_{i=0}^n p(S_i)$$

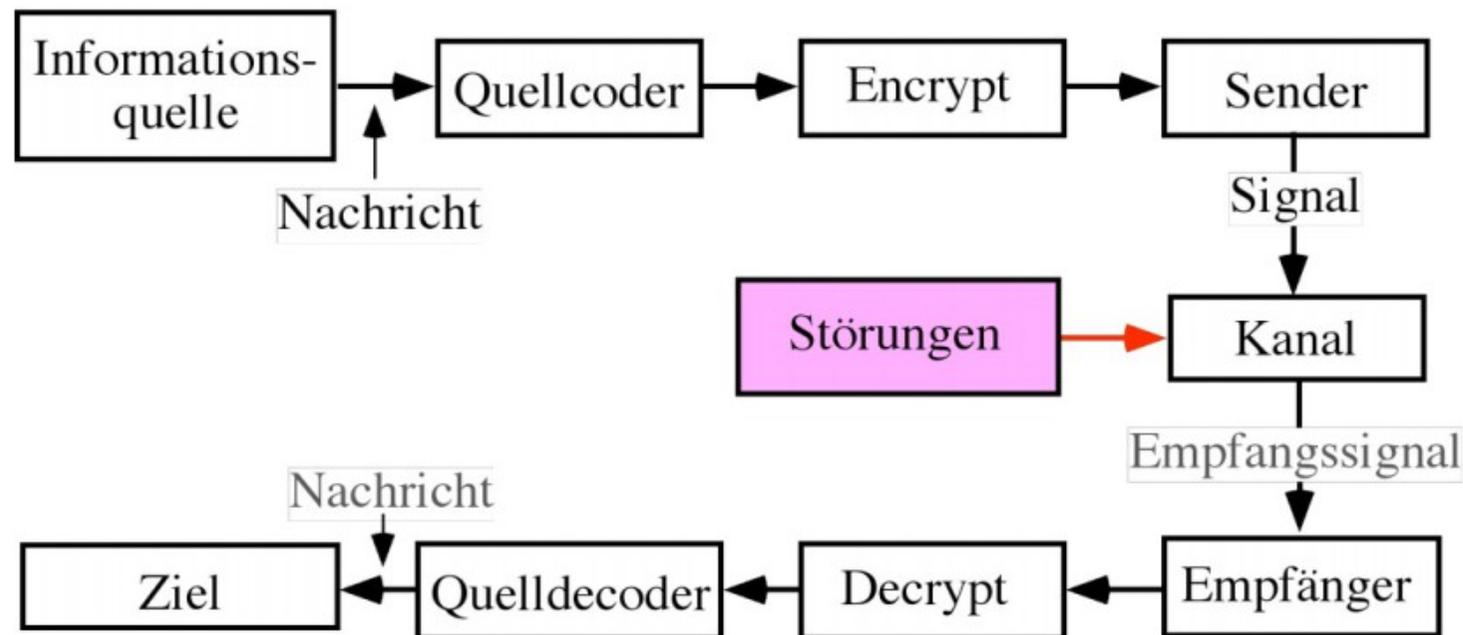
$$\text{Information}(M) = - \sum_{i=0}^n \text{ld } p(S_i) \quad (\text{additiv})$$

■ Information könnte auch in „bit“ quantifiziert werden (\Rightarrow Entropie).

3.1.4 Modell der Informationscodierung

■ Eventuell mehrere Codierungen in Serie:

- ◆ Quellcodierung z.B. zur Reduktion des Datenvolumens (=> E-Media und Multimedia),
- ◆ Hinzufügen von Symbolen, um Störungen erkennen/kompensieren zu können (Kanalcodierung),
- ◆ Vereinbarung zwischen Informationsquelle und Zielinstanz,
- ◆ Verschlüsselung ...



■ Claude Shannon ordnet Informationsquellen eine sog. Entropie zu (1948).

3.1.5 Entropie

- Erwartungswert für den Informationsgehalt eines einzelnen Symbols einer Nachrichtenquelle Q :

$$\text{Entropie}(Q) = H(Q) = \sum_{i=0}^N p_i(S_i) * I(S_i) \quad [\text{bit}]$$

bzw.

$$\text{Entropie}(Q) = H(Q) = \sum_{i=0}^N p_i(S_i) * (-\log p(S_i)) \quad [\text{bit}]$$

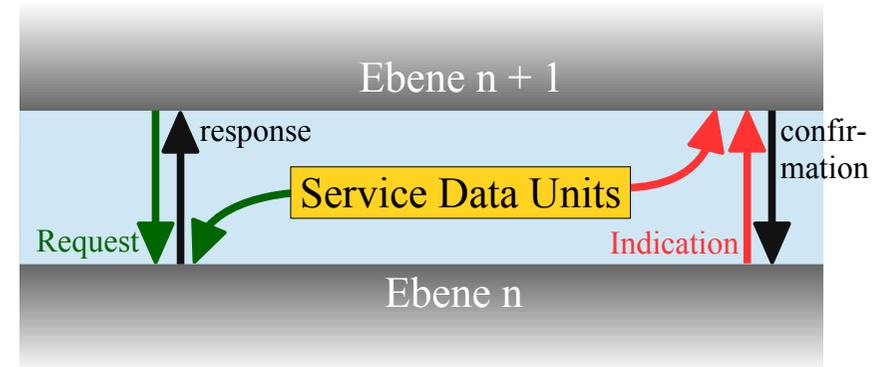
- ◆ Informationsgehalt der einzelnen Symbole mit deren Häufigkeit gewichten,
- ◆ gemessen in [bit] (in anderem Kontext [Bit] als Maß für Datenmenge),
- ◆ vorausgesetzt ist statistische Unabhängigkeit der Quellsymbole,
- ◆ Wie groß ist die Entropie, wenn 9 von zehn Symbolen grün sind:
- ◆ $-0,9 * \log 0,9 - 0,1 * \log 0,1$
 $= 0,1368 + 0,3321$
 $= 0,4690 \quad [\text{bit}]$



3.2.1 Service Access Point (SAP):

■ eine Schnittstelle zwischen zwei Ebenen =>

- ◆ **Service Data Units** senden & empfangen,
- ◆ **Request:** Anforderung einer Dienstleistung,
- ◆ **Response:** Bestätigung der Dienstleistung,
- ◆ **Indication:** spontane Mitteilung vom Dienst,
- ◆ **Confirmation:** Bestätigung an den Dienst.



3.2.2 Peer Protocols

- Vorschrift für den Ablauf der Kommunikation zwischen Partnerinstanzen.
- Transport von Service Data Units (unter Zuhilfenahme tieferer Dienste).
- Nachrichtenkopf trägt Zustands- & Steuerinformationen für das Protokoll:
 - ◆ Adressierung, Meldungsnummer, Prüfsumme, Verbindungssteuerung ...

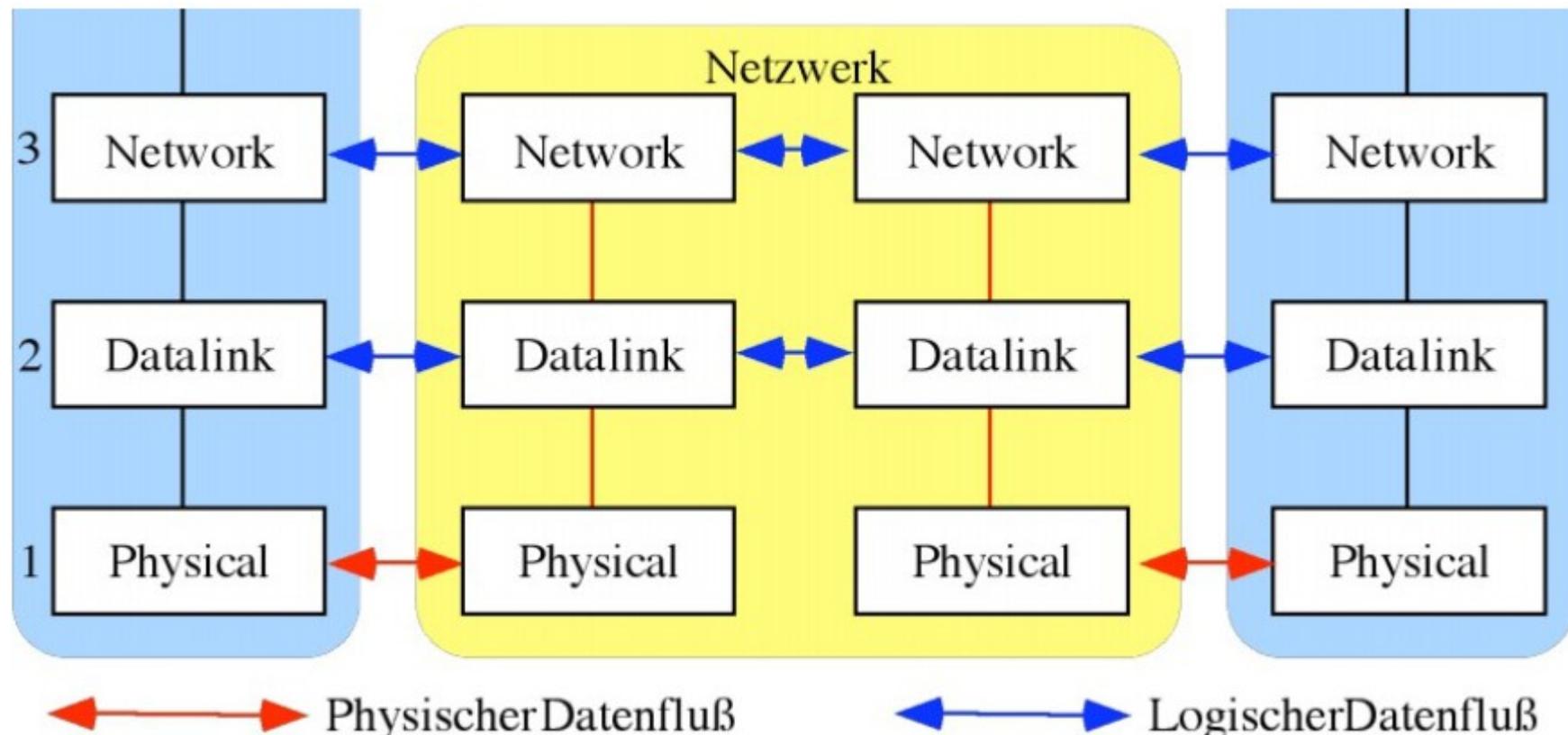
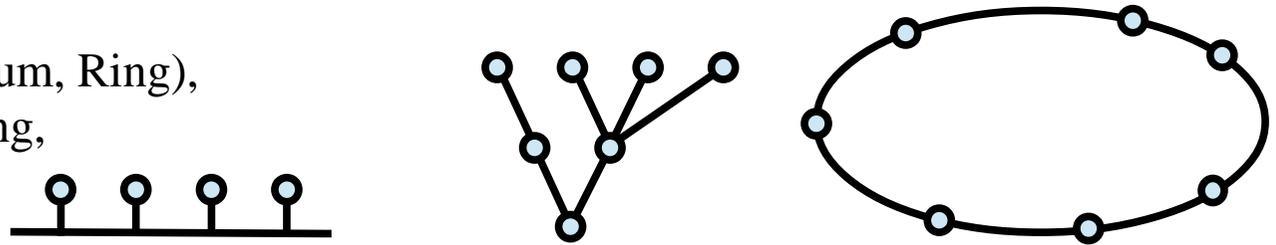
■ Protocol Data Unit =>



3.3. Netzwerkabhängige Schichten

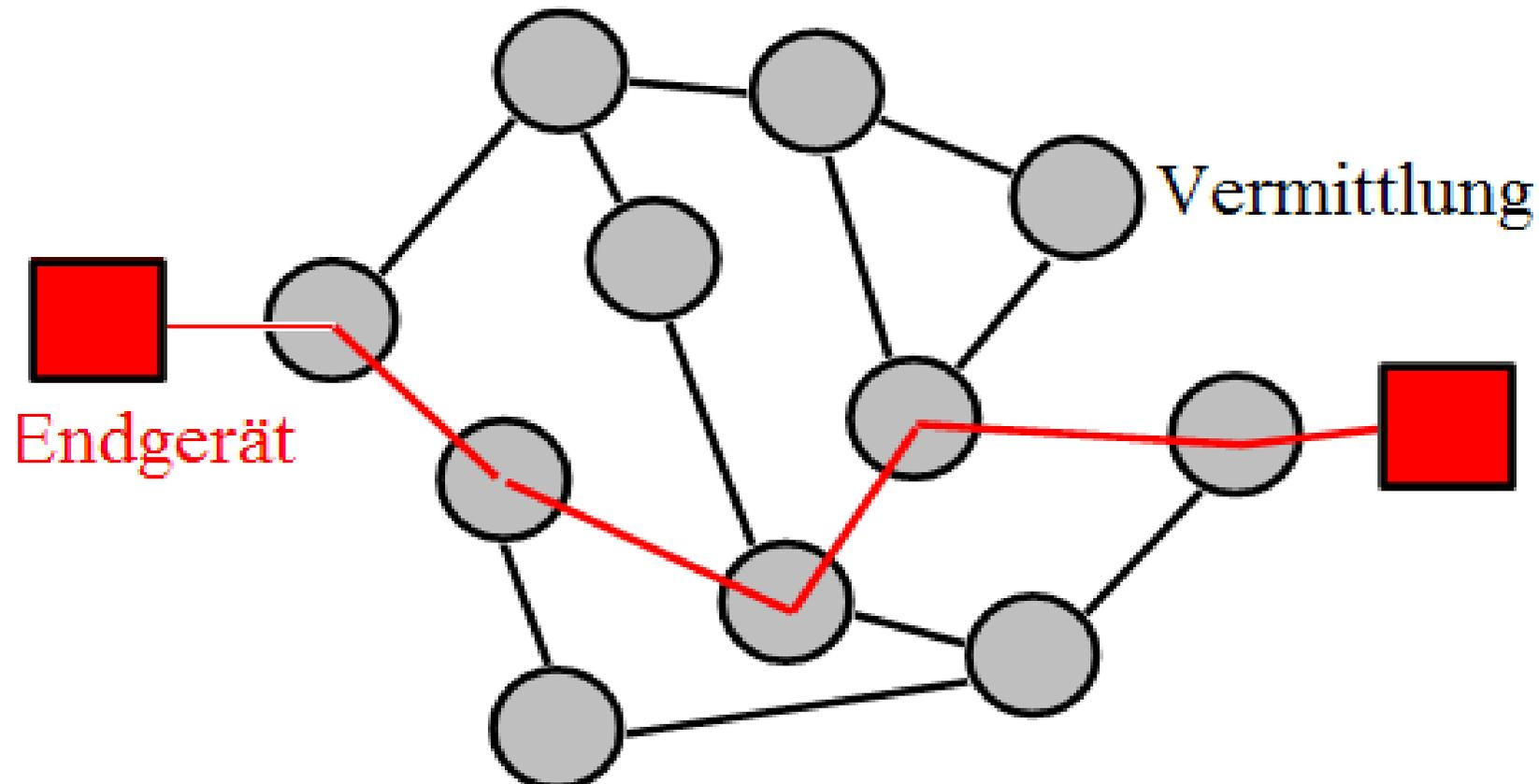
■ Die unteren 3 Ebenen berücksichtigen die unterschiedliche Vernetzung in verschiedenen Systemen:

- ◆ Topologie der Vernetzung (Bus, Baum, Ring),
- ◆ Weglenkung, Nachrichtenvermittlung,
- ◆ physikalische Übertragungswege,
- ◆ Fehlercharakteristiken.



3.3.1 Vermittlungsschicht (network layer, Netzwerkschicht)

- Übermittlung zum Kommunikationspartner.
- Routing (Weglenkung) über Zwischenknoten.
- Flußkontrolle, Verstopfungskontrolle, Lastabwehr.
- z.B. IP, X.25, Telephonvermittlung.



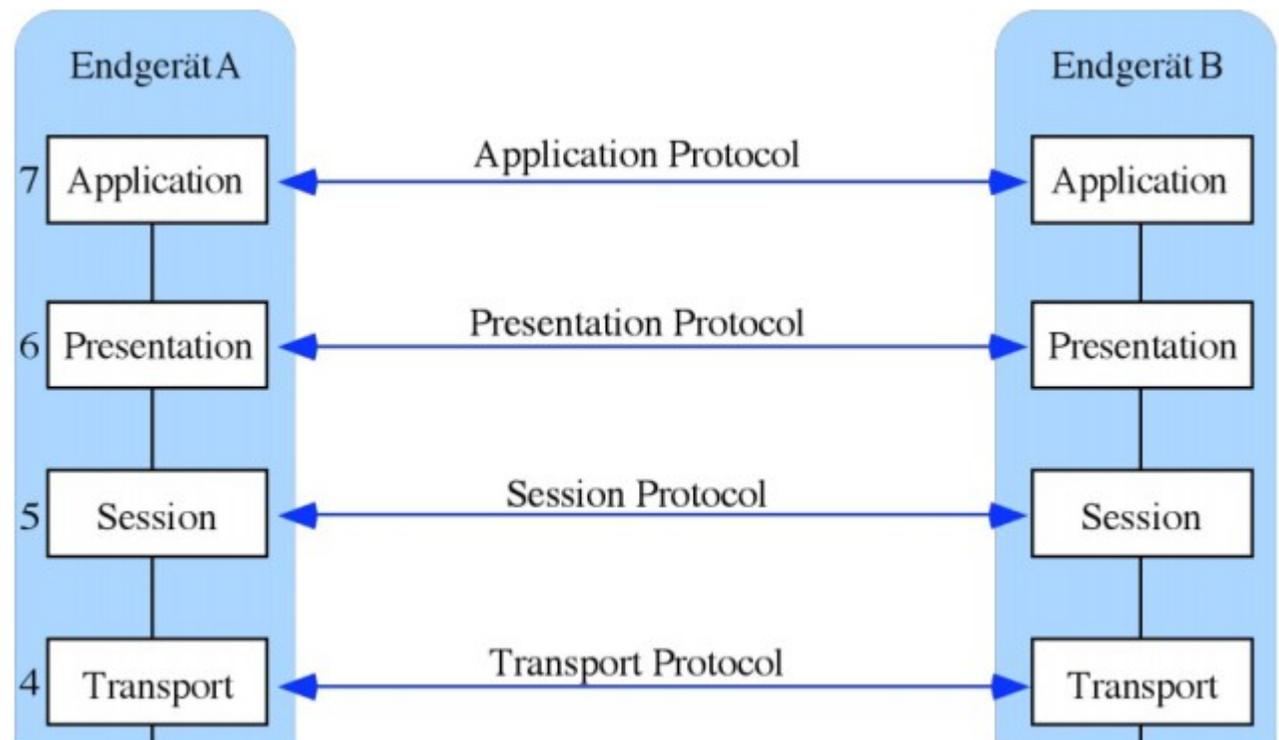
3.4. Netzwerkunabhängige Schichten

■ Die obere Ebenen sollen unabhängig vom aktuell vorliegenden Netz arbeiten:

- ◆ Ausreichende Übertragungsraten, z.B. für TV Sendungen ?
- ◆ Verzögerungswerte für Spieleszenarien ?
- ◆ Sequenzgarantie der Nachrichten ?
- ◆ Abhörsicherheit ?

■ Andere Interoperabilitätsebenen:

- ◆ jenseits von Rechnernetzen,
- ◆ Socket-Layer: Windows, Unix, Mac
- ◆ HTTP für verschiedenste Browser,
- ◆ Java Virtuelle Maschinen,
- ◆ OpenGL ...



3.4.1 Transportschicht (transport layer)

■ Ende-zu-Ende Fehlerbehebung

- ◆ gesicherte Nachrichtenübertragung,
- ◆ Adressierung, Numerierung, Prüfung,
- ◆ Flußkontrolle auf Byte- oder Paketebene,
- ◆ Bsp: TCP, XTP, TP4

■ Verbindungsmodus:

- ◆ Verbindungsloser Betrieb, Aufbauphase entfällt,
- ◆ Einzeltransport, gedächtnislose Weglenkung:



- ◆ Verbindungsorientiert, expliziter Auf- und Abbau:



3.4.2 Verbindungssteuerung (session layer)

- Daten-& Medienströme
- Verbindungsaufbau, Dialogsteuerung
- Synchronisation und Wiederaufsetzpunkte
- Bsp: http, ftp, smtp, ...

3.4.3 Darstellungsschicht (presentation layer)

- Daten als Informationsobjekte
- Informationsdarstellung, Kompression und Verschlüsselung
- Transfersyntax zur Datenbeschreibung
- Bsp: html, sgml, ASN.1, ...

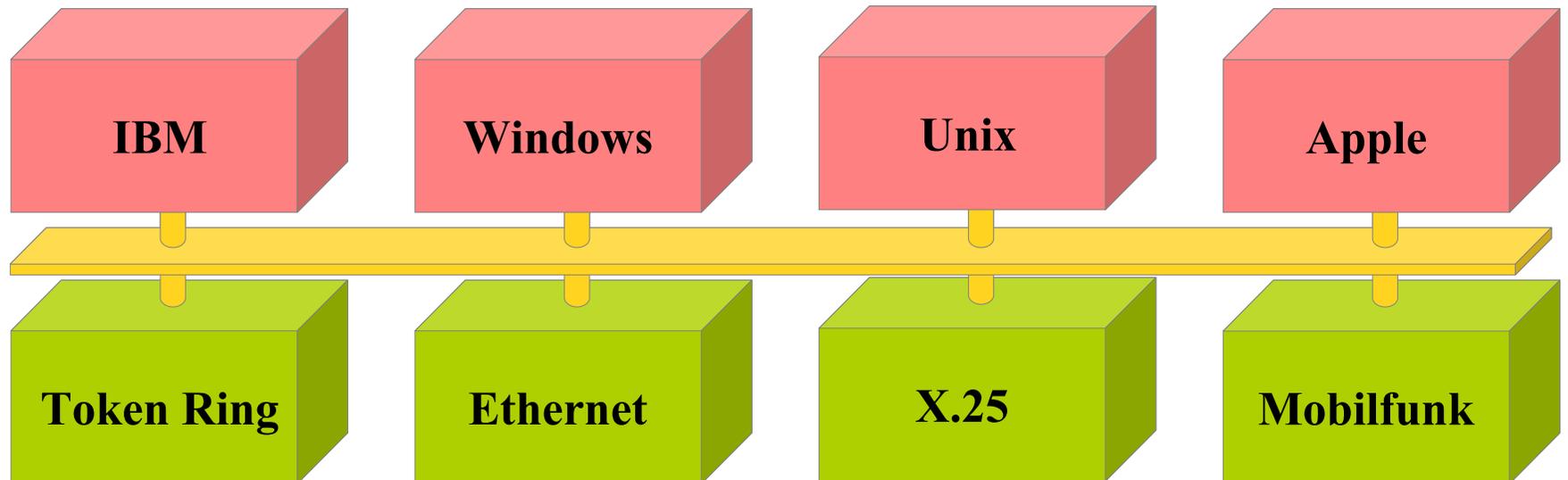
3.4.4 Verarbeitungsschicht (application layer)

- unterhalb Kapitel 2 „Anwendungsszenarien“,
- Client-Server Szenarien mit aktiven Web-Pages,
- Protokolle FTP, SMTP, HTTP, XML, RTP, SIP...
- Verteilte Dateisysteme & verteilte Betriebssysteme,
- Konsistenzsicherung und Prozess-Synchronisierung,
- Remote Procedure Call bzw. Method Invocation,
- Logische Zeit in Verteilten Systemen,
- Verteilte Transaktionssysteme ...

3.5. Kritik des OSI Modells

3.5.1 Vorteile

- Akzeptierter Begriffsrahmen für den Diskurs über Rechnernetze.
- Austausch einzelner Ebenen unter Beibehaltung der Schnittstellen.
- Strukturierung in Ebenen auch bei HW/SW-Architekturen.
- Abstraktionsmöglichkeit von Details der tieferen Ebenen.
- Hilfreich beim Entwurf und bei der Verifikation,
- Interoperabilität zwischen Herstellern,
- Idee:



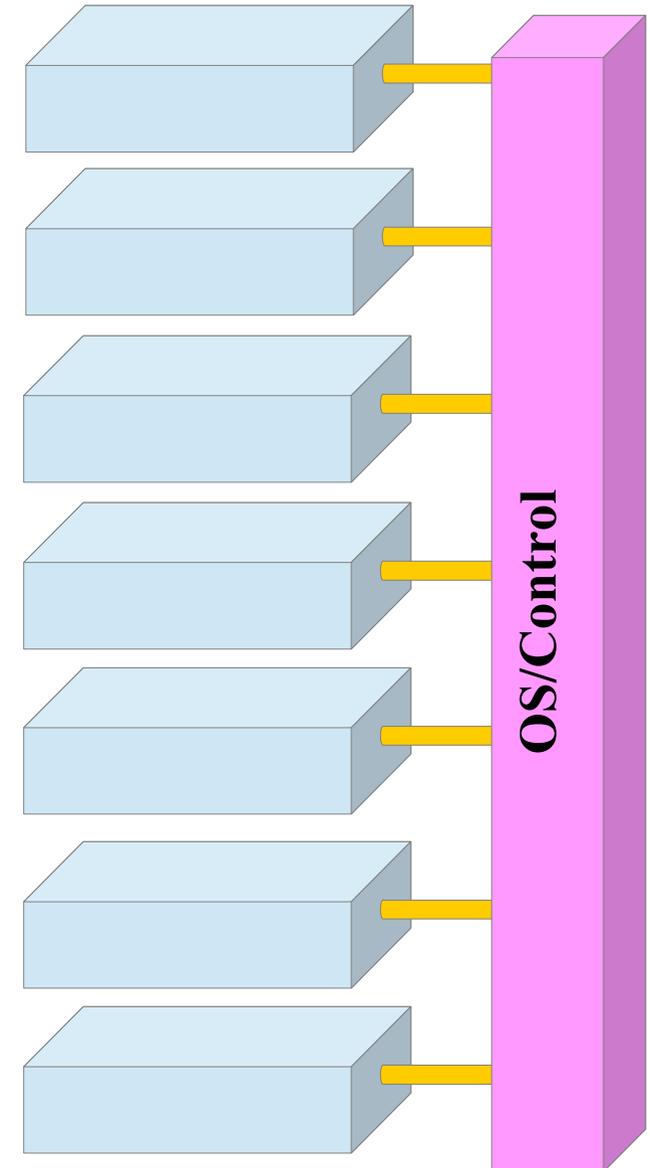
3.5.2 Leistungsprobleme

- Marshalling-Overhead & Prozeduraufrufe.
- Wechsel zwischen Prozessen.
- Schichtinterne Protokolle.
- Schnittstelleninflation.
- Verpackungsmüll.
- Fatware.



3.5.3 Konzeptuelle Probleme

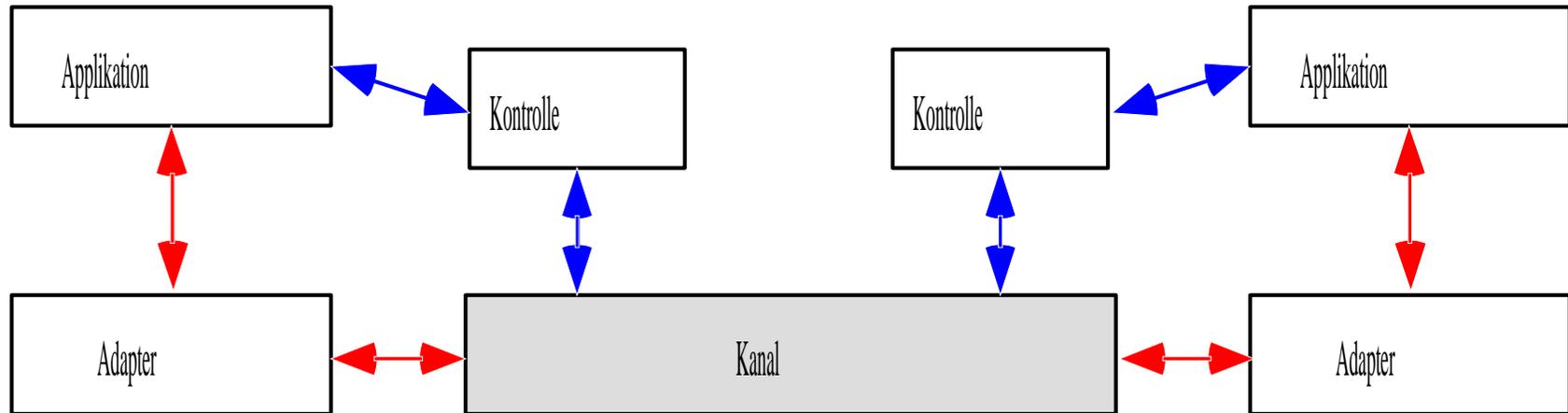
- **Steuerungskomponente (OS) fehlt im Schichtenmodell =>**
- Konvertierung der Parameter evtl. verlustbehaftet
- Propagierung von Laufzeitfehlern umständlich.
- Einteilung in Schichten ist fraglich,
- Duplizierung von Aufgaben,
- Timeout auf unterer Ebene,
- Semantikverlust im Stack
- Beispiel MAP/TOP, ALF



3.6. Komponentenmodell

3.6.1 Komponenten der Kommunikation

■ frei nach Shannon



■ Potenzmenge bilden für mögliche Systeme:

- ◆ 16 Kombinationen, Bsp: {Kanal, Kontrolle, Adapter, Applikation}

■ Sinnvolle Mengen identifizieren. Drei bleiben übrig:

- ◆ {Kanal, Kontrolle, Adapter} - Übertragungsdienste
- ◆ {Kanal, Kontrolle, Adapter, Applikation} - Anwendungsdienste
- ◆ {Kontrolle, Adapter, Applikation} - Steuerungsdienste

■ Weitere Unterteilung

- ◆ Übertragungsdienste = Übertragung und Vermittlung

3.6.2 Hierachische Anordnung der Bereiche/Komponentenklassen

■ Idee:

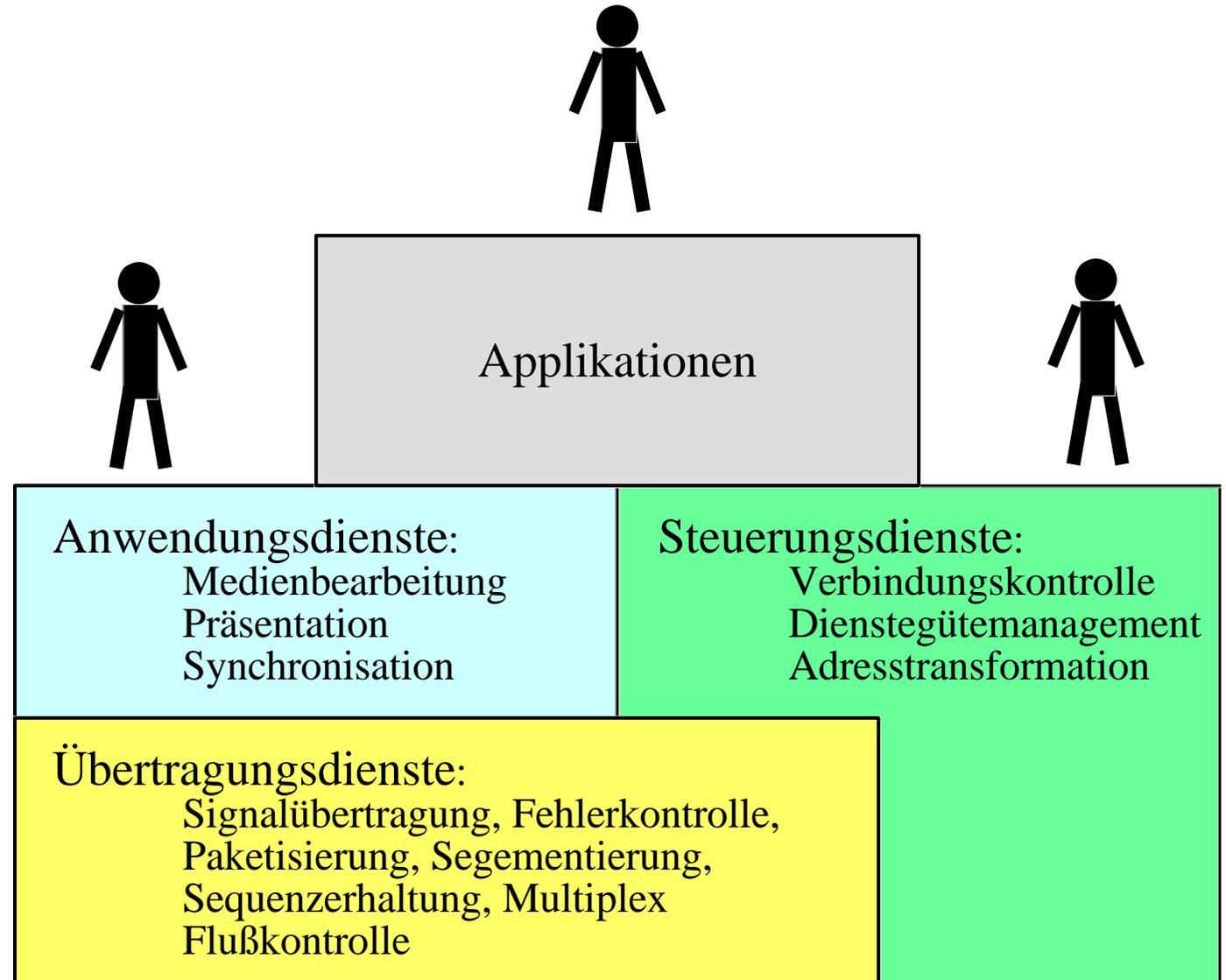
- ◆ Zusammenfügen von Einzelfunktionen nach einem Baukastenprinzip,
- ◆ ähnlich dem Laden von Codecs in Betriebssystemen.

■ Übertragungsdienste

■ Steuerungsdienste

■ Anwendungsdienste

■ Applikationen.



■ Übertragungsdienste

- ◆ Signalübertragung
- ◆ Vermittlung
- ◆ Protokolle

■ Steuerungsdienste

- ◆ Verbindungsaufbau und -abbau, Features
- ◆ Netzzugang (Autorisierung, ...)
- ◆ Netzwerkmanagement?

■ Anwendungsdienste

- ◆ konsumptive und kooperative Dienste (WWW, Telefon)
- ◆ Anwendungselemente (RPCs, RTP, ...)
- ◆ End-zu-End Protokolle (http, ftp, ...)
- ◆ Verzeichnisdienste (DNS, X.500)
- ◆ Endgeräte (Funktelefon)
- ◆ kennen Medien

■ Applikationen („Apps“ :-)

- ◆ verwenden Anwendungselemente und Anwendungsdienste,
- ◆ kennen Semantik der Nachrichten,
- ◆ Textprogramme, CSCW,
- ◆ Web-Shops ...



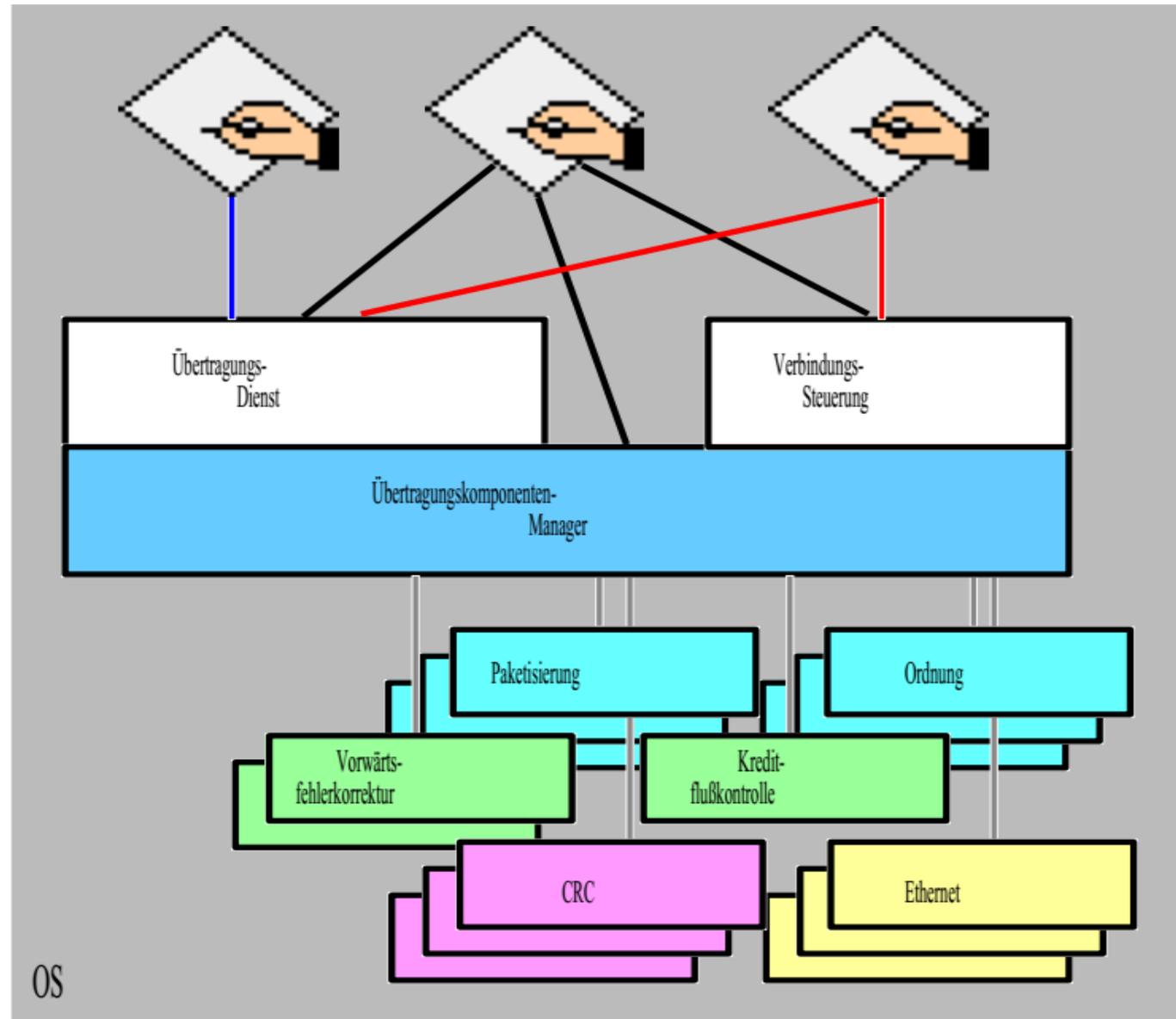
■ Baukastenprinzip

- ◆ mehrere Abstraktionsebenen
- ◆ Mechanismenklassen

■ Klassen

- ◆ Protokollfunktionen
- ◆ Fehlerbehandlung
- ◆ Traffic-Shaping
- ◆ Flußkontrolle
- ◆ Lastkontrolle

■ => konfigurierbare Dienste



4. Ebene 1 - Übertragung (physical layer)

■ Ungesicherte Übertragung von Signalen über eine Leitung

■ Übertragungsmedien:

- ◆ Draht (n-adrig), Koaxialkabel, Glasfaser, Funk, Infrarot ...

■ Signalpegel:

- ◆ elektrische Spannung, Lichtimpuls, Schalldruck ...
- ◆ diskrete oder analoge Signalpegel (binär, ternär ...).

■ Taktrate:

- ◆ 50 Bit/sec für GPS . . . 10 Gigabit Ethernet,
- ◆ Multiplex-Szenarien.

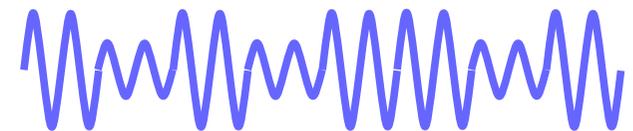
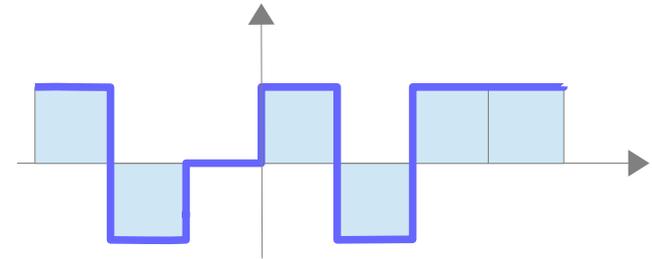
■ Kanalkodierung berücksichtigt den Übertragungskanal:

- ◆ obere & untere Grenzfrequenz - kein Gleichstrom ...
- ◆ Rauschpegel (thermisch, Einstreuungen ...).

■ Modulation mithilfe einer Trägerschwingung:

- ◆ Amplitude, Frequenz, Phase, Polarisierung, „t“ für Zeit:

$$\text{Signal}(t) = \text{Amplitude}(t) \cdot \sin[2\pi \cdot \text{frequenz}(t) + \text{phase}(t)]$$

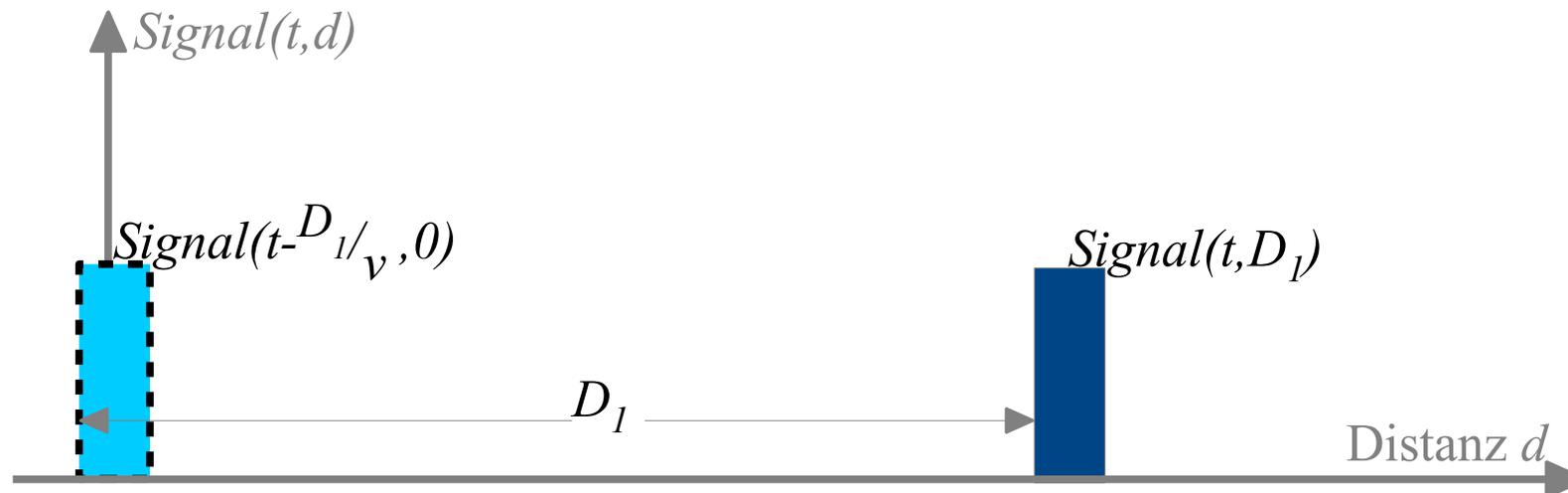


4.1.1 Wellennatur eines Signales:

- Ein Signal breitet sich mit Geschwindigkeit v aus – und nie schneller als mit Lichtgeschwindigkeit:

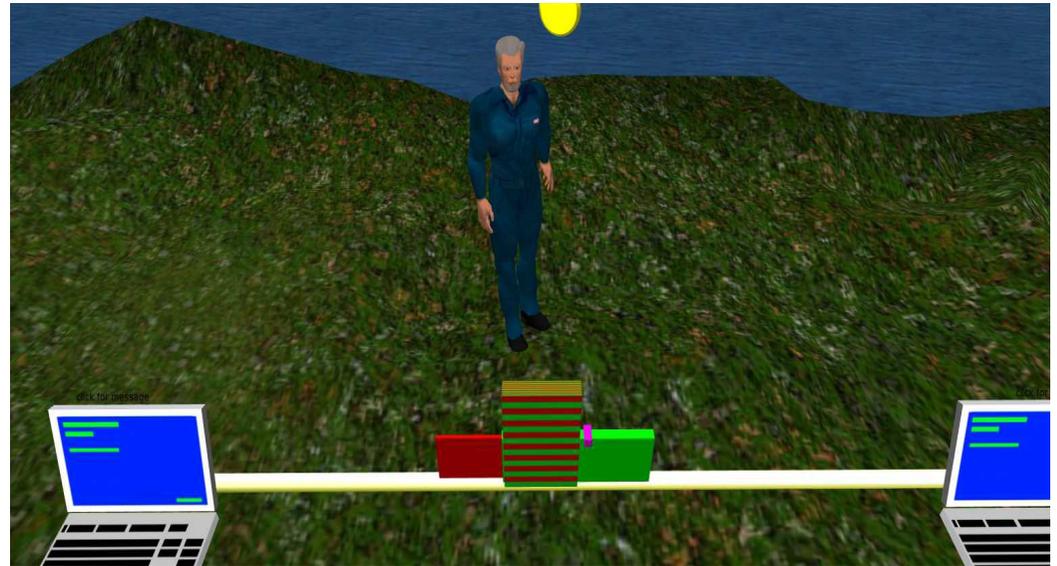
$$\text{Signal}(t, d) = \text{Signal}\left(t - \frac{d}{v}, 0\right) \quad (\text{Wellengleichung})$$

- im Vakuum Lichtgeschwindigkeit $c = 299\,792\,458$ m/sec
- Ausbreitung in Materie langsamer als im Vakuum,
- Schallgeschwindigkeit in Luft: $s \sim 343$ m/sec



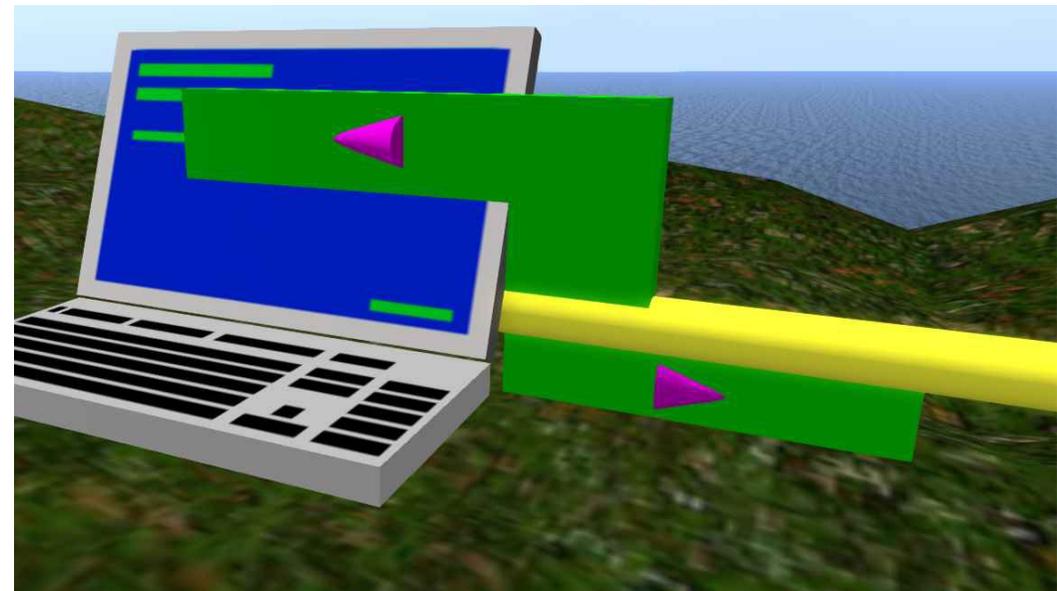
■ Direktionalität einer Welle:

- ◆ entgegengesetzt laufende Wellen können sich durchdringen,
- ◆ Signalpegel auf der Leitung addieren sich,
- ◆ keine gegenseitige Zerstörung,
- ◆ physikalisch gesehen immer Duplexübertragung.



■ Reflexionen am Leitungsende:

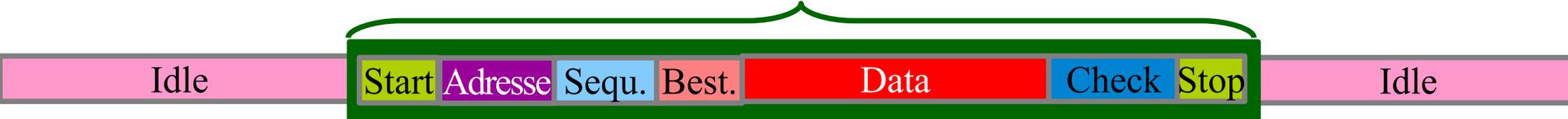
- ◆ dass Signal soll eigentlich am fernen Ende der Leitung absorbiert werden,
- ◆ ohne passenden Leitungsabschluss wird eine Nachricht teilweise reflektiert,
- ◆ reflektierte Nachrichten überlagern und korrumpieren die ursprünglichen,
- ◆ sog. Abschlusswiderstände am Ende der Leitung bei Ethernet, Telephon ...
- ◆ => Leitungstheorie.



4.1.2 Ebene 2 - Verbindungsschicht (data link, Sicherungsschicht)

■ Nachrichtenrahmen (Frames):

Frame



- ◆ entspricht normalerweise einer Datenübertragung in Paketen,
- ◆ zwischen Nachrichten ist der Kanal im Leerlauf („idle“),
- ◆ oft gibt es besondere Leerlauf-Symbole“ dafür,
- ◆ Startsymbol leitet einen neuen „Frame“ ein,
- ◆ Adresse im Nachrichtenkopf,/header
- ◆ Sequenznummern im Header,
- ◆ Bestätigung im Header,
- ◆ Daten bzw. Nutzlast,
- ◆ Prüfsummenfeld,
- ◆ Stoppsymbol ...

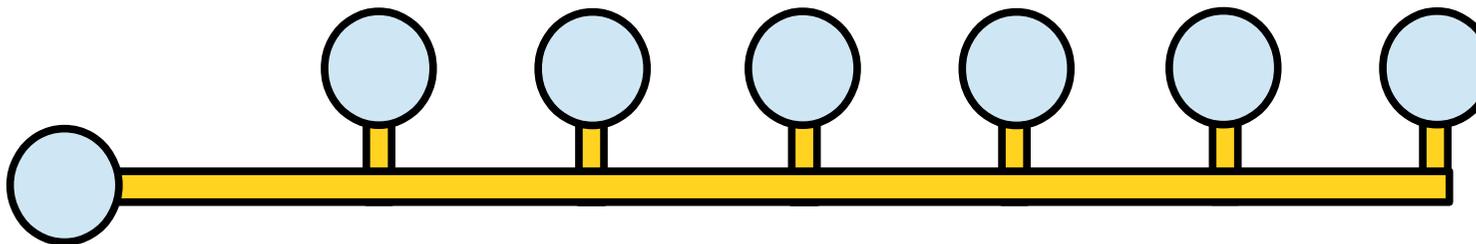


4.1.3 Topologien

- Nutzung der Signalübertragung durch Ebene 1:
 - ◆ direkter Transport zwischen 2 oder mehr benachbarten Stationen,
- Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen 2 Stationen:

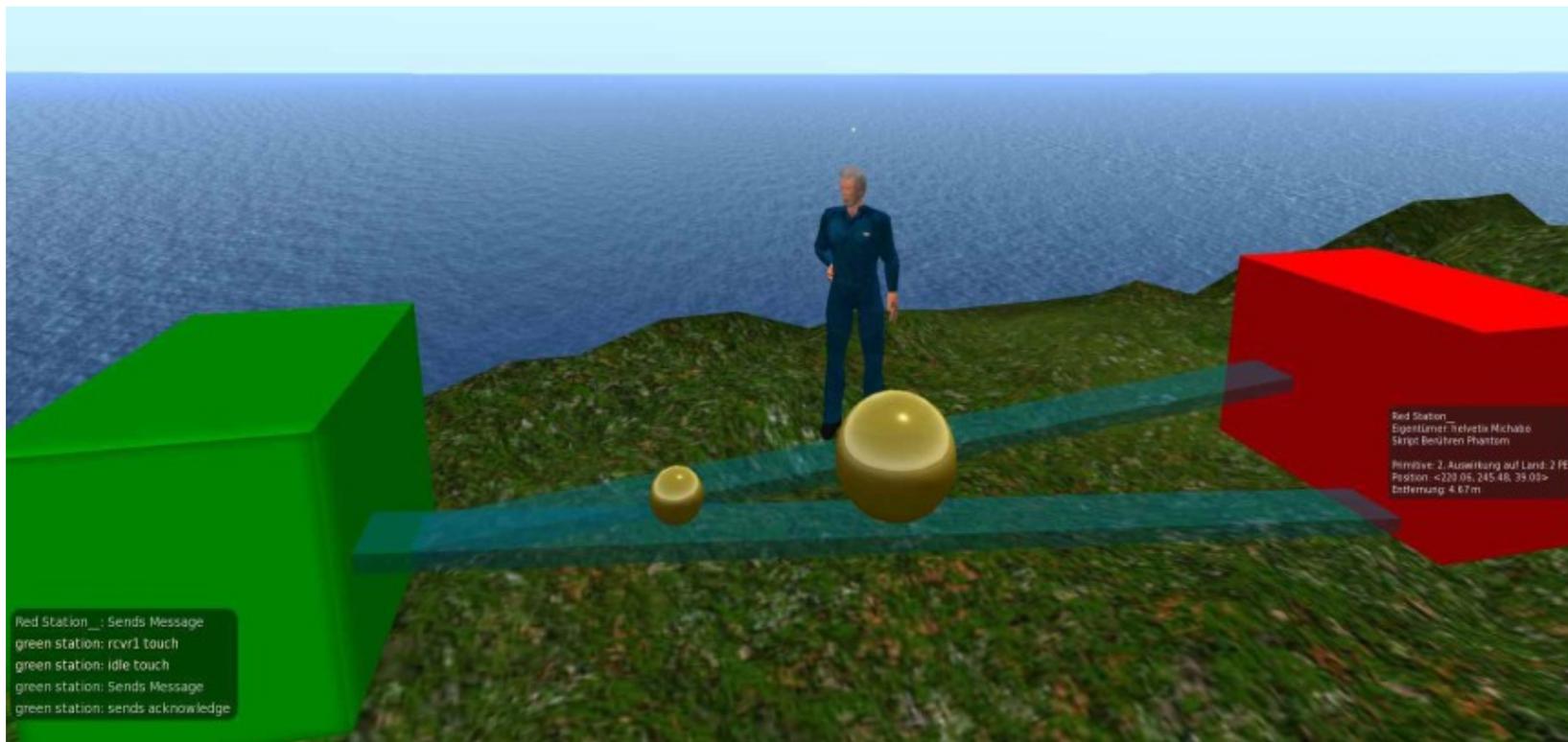


- Mehrpunkt-Verbindung zwischen N Stationen,
 - ◆ Szenarien mit oder ohne Primärstation,
 - ◆ Mehrpunktszenarien nutzen Adressen,
 - ◆ welche Station darf wann senden ?



■ Fehlerentdeckung:

- ❖ Erkennen korrumpierter Nachrichten mithilfe von Prüfsummen,
- ❖ Sequenznummern erkennen verlorene Nachrichten,
- ❖ Bestätigung für erfolgreiche Übertragung einer Nachricht,
- ❖ Erneute Übertragung wird im Fehlerfalle eingeleitet,
- ❖ Vorwärtsfehlerkorrektur in der Praxis eher unüblich,
- ❖ Bestätigung eigenständig oder Huckepack.



4.1.4 Sequenznummern

■ In Vorwärtsrichtung:

- ◆ Kennzeichnen die Position der aktuellen Nachricht in der Nachrichtensequenz,
- ◆ Wiederherstellung der korrekten Nachrichtenfolge beim Empfänger.
- ◆ Erkennen verlorengangener oder zerstörter Nachrichten,
- ◆ z.B. 3 Bit Sequenznummer mit Wrap-Around.



■ Als Bestätigung in Rückwärtsrichtung:

- ◆ Bestätigt gegebenenfalls den korrekten Empfang mehrerer Nachrichten,
- ◆ Nach einer Zeitspanne wird eine unbestätigte Meldung wiederholt,
- ◆ Eine verlorene Bestätigung kann zu einer Verdoppelung führen,
- ◆ Bestätigung nennt meist Nummer der erwarteten Nachricht.



4.1.5 Übertragungsfenster:

- Eine 3-Bit Meldungsnummer ist meist ausreichend.
- Flusskontrolle:
 - ◆ Zurückhalten der Bestätigung drosselt den Datenfluss,
 - ◆ der Empfänger erhält damit eine „Atempause“,
 - ◆ Besser ein explizites „Receive-Not-Ready“.
- Verstopfungskontrolle / Lastabwehr
 - ◆ Durch Zurückhalten von Bestätigungen kann die kumulative Belastung des Netzes reduziert werden, wenn das Datennetz insgesamt überlastet ist.
- Kreditrahmen-Prinzip:
 - ◆ 3-Bit Feld ermöglicht einen Kredit von 7 Slots,
 - ◆ eine bestätigte Meldung öffnet das Fenster um einen Slot,
 - ◆ eine abgesandte Meldung schließt das Fenster um einen Slot.

