

Das OSI-Modell

- Vergleich mit Architekturmodell → es sind viele kleine Teilaufgaben nötig
- Bis auf kleine Abweichungen hat sich das OSI Modell bis heute durchgesetzt
- Protokoll: klare Verabredung, klar definierte Schritte → Implementierungen
- Aufgaben der Schichten sollen klar abgegrenzt sein → Übergänge zwischen den Schichten möglichst einfach

Die Schichten des OSI-Modells

7	Anwendungsschicht	Ressourcenmanagement, Treiber, Kernel, Agenten
6	Darstellungsschicht	Kompressionsverfahren, Chiffrieren, Formate
5	Kommunikationsschicht	Organisation über Zeit & Ressourcen, Verbindung (Auf/Abbau)
4	Transportschicht	Ende zu Ende-Sicherung, Quality of Service (QoS)
3	Netzwerkschicht	Wege, Vermittlung (Telco), Routen (Productivity), Verbindung
2	Sicherungsschicht	Kanalcodierung, Flusssteuerung, ARQ-Protokoll
1	Bitübertragungsschicht	Pegel, Impedanzen, Antennen, Kabel → physikalische Übertragung Modulation → Übersetzung der logischen Nullen und Einsen in ein übertragbares Signal

Ergänzungen:

- Bits werden in Rahmen organisiert → Sicherungsmechanismus → innere Logik in Rahmen als Erkennungsmerkmal → einzelne Bits sind ohne Bedeutung, daher Rahmennutzung
- Flusssteuerung: Verliert nicht an Bedeutung, weil individuelle Daten in Zukunft in Funknetzen zwischengespeichert werden sollen (s. LTE = Long Time Evolution, Nachfolger von UMTS)
- Netzwerke: Vermittlung, Routing → Wegevermittlungen (Qualitätsauswirkungen)
- Probleme auf Schicht 1 wirken sich auf anderen Schichten aus → Qualitätswunsch und die Bezahlung dafür → Quality of Service (QoS)
- Schichten 1-4 sind transportorientiert, 5-7 sind anwendungsorientiert
- Kommunikationsschicht:
 - o Organisation über Zeit → Bsp. Quarantänedienst
 - o Organisation über Ressourcen → Beispiele: Email Anhänge sollen nur bis zu einer gewissen Größe heruntergeladen werden, weil die Verbindung zum Internet langsam ist; Backup im Büro über Nacht; Rendern von Videos
 - o Transport ist über andere Schichten geregelt → Regeln für den Transport werden festgelegt
→ „Offener Schlagabtausch“, alles wird geprüft und geregelt
 - o Übertragungsfortschritt kann erkannt werden → Downloads werden nicht neu gestartet
- Darstellungsschicht:
 - o Welches Format von Datei liegt vor?
 - o Welche Daten liegen vor, wie werden diese dargestellt (Bsp. Programmverknüpfungen)

- Agent: Instanz, die verantwortlich für den Ablauf durch die Schichten ist
- Schicht 5-7 bezeichnet man auch als Middlewear (1-3 Hardware, nach 7 Software)
- Software wird durch Programmierbefehle geschrieben und setzt auf der Middlewear auf

Cluster

	Broadcast (>100 J.)	Productivity (50 J.)	Telco (120 J.)	eigene Funktechnik
7		FTP		GPS
6	DVB, MHP	IP-TV, VOD, VOIP		GPS
5		IP-TV, VOD, VOIP	GSM	GPS
4		TCP	HSDPA, EDGE	
3		IP	GSM, UMTS, LTE	
2	DVB	Consumer Electronics	GSM, UMTS, LTE, DSL, PDH, SDH	
1	DVB	Bluetooth	GSM, UMTS, LTE, DSL, PDH, SDH	GPS

Broadcast:

- Fernsehen und Hörfunk
- Gutes Signal verteilen
- Echtzeit (es interessiert nicht, wer einschaltet → es wird nur sichergestellt, dass man empfangen kann)
- Von einem an alle
- Broadcast hatte bisher wenig bis fast nichts mit den anderen zu tun

Productivity:

- Bsp. Videoschnittplatz
- Netzwerke, in denen man produktiv werden möchte → Verknüpfung von Abläufen
- Alle mit allen
- Verlustfrei (Bsp. Kundendatensätze, welche übermittelt werden)
- Beliebige Hin- und Rückwege
- Kein Zeitproblem

Telco:

- Bsp. Analoges Telefon
- Echtzeit
- Tolerant gegenüber Fehlern (Bsp. Silbe wegstreichen, Satz bleibt trotzdem verständlich)

- ➔ Es sind komplett unterschiedliche Systeme entstanden (jeder hat eigene Ansprüche → Topologie der Systeme)
- ➔ Jeder Bereich hat eigene Entwicklung hinter sich → eigener Stil, ohne von anderen zu lernen
- ➔ Bsp. Echos bei VOIP → Echos werden nicht behoben, weil es im anderen Bereich stattfindet
- ➔ Die Systeme sind nicht für gemeinsame Nutzung ausgelegt

Erklärungen:

- HSDPA: Erfindung, um Datentransfer möglich zu machen → Erfindung im Telcobereich für Productivity
- DSL: Modulation über dem Voice-Band für digitale Übertragung (VOIP wurde auch so realisiert)
- VOIP:
 - o Inhouse: Eigene interne Netze in Unternehmen → Übertragung nur in einem Netz
 - o Alle Welt: Übertragung zwischen verschiedenen Netzen muss bedacht werden
- VOD: Verteilung von Programmen im gesamten Netzwerk → Sessions für einzelne User

Erkenntnisse:

- Productivity-Bereich hatte schon früh immer mit den Telconetzen zu tun → Modems
→ Verlass auf die Netze des Telcobereichs
- Aufsetzen auf Weitverkehrsnetze (PDH, SDH, ATM, MPLS)
- Productivity hat nur eigene Netze im lokalen Bereich (nicht außer Haus!)
- Oft sind Schicht 1 und 2 gemeinsam in Technologien zu sehen → Physik ist eng mit der Sicherung der Daten verbunden

Informationstheorie

Kanalkapazität → ergibt sich aus SNR und Dynamik

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_S}{P_N} \right) \approx \frac{B \cdot SNR}{3} [bps]$$

Information → Zeit kommt als dritte Größe hinzu

$$I = B \cdot D \cdot T = B \cdot \left(1 + \frac{P_S}{P_N} \right) \cdot T \approx \frac{B \cdot SNR \cdot T}{3}$$

Feststellung des SNR:

- Abstufungen in der Signalleistung (2er-Aufteilung)
- Wird die Unterteilung so klein wie die Rauschleistung, ist keine weitere Unterteilung möglich
→ 2-er Logarithmus → Umformung zu dB Werten

Beispiele:

1. Kabel
 - Feststellung der maximal übertragbaren Frequenz (→ Ermittlung der Bandbreite)
 - Pegelabstand bis maximalem Pegel bei f_{\max} → Dynamik / SNR
 - Fläche aus Bandbreite und Dynamik → Kanalkapazität

2. GSM Kanal

- Bandbreite 180 kHz, $D > 18 \text{ dB} \rightarrow c = 1,2 \text{ Mbps}$
- Vocoder-technik $\rightarrow 13 \text{ kbps}$ für 8 Teilnehmer $\rightarrow C = 104 \text{ kbps}$

3. FM/UKW Audio

- Signal mit gewisser Bandbreite und gewissem SNR \rightarrow man kann das Radioprogramm gut und störungsfrei empfangen
- Trick der FM \rightarrow weniger SNR, dafür größere Bandbreite \rightarrow Informationsmenge bleibt gleich!
- Audio für UKW: $B = 15 \text{ kHz}$, $SNR = 50 \text{ dB}$, $C = 250 \text{ kbps}$
- Verfügbarer FM-Kanal: $B = 180 \text{ kHz}$, $SNR = 25 \text{ dB}$, $C = 1,5 \text{ Mbps}$
 $\rightarrow 6$ Kanäle wären möglich

Analyse von Systemem bzgl. der Kanalkapazität

- Quelle ansehen und auswerten
- Modulator ansehen und auswerten

Signalrauschen P_N :

$$P_N = k \cdot T \cdot B = N_0 \cdot B$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} [W \cdot s \cdot K^{-1}], T [K], B [Hz]$$

\rightarrow Rauschen wächst mit Temperatur und Bandbreite

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_S}{P_N} \right) = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_S}{N_0 \cdot B} \right)$$

\rightarrow Bandbreite hoch \rightarrow Rauschleistung hoch \rightarrow Signalleistung muss erhöht werden

- Was ist die maximal mögliche Kanalkapazität? Erreicht man diese, indem man die Bandbreite gegen unendlich laufen lässt?

mit

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots \quad \text{für } 0 \leq x \leq 1$$

ergibt sich

$$\ln(1+x) \approx x \quad (\text{für kleine } x)$$

$$\log_2(1+x) = \frac{\ln(1+x)}{\ln(2)} \approx \frac{x}{\ln(2)}$$

$$C_{\max} = B \cdot \frac{P_S}{N_0 \cdot B \cdot \ln(2)} = \frac{P_S}{N_0 \cdot \ln(2)}$$

\rightarrow Kanalkapazität kann durch Sendeleistung gesteigert werden, das Erhöhen der Bandbreite erhöht auch die Rauschleistung

- Der Quotient $\frac{P_S}{C_{\max}}$ lässt sich umschreiben als:

$$\frac{P_S}{C_{\max}} \hat{=} \frac{\text{Leistung}}{\text{bit / s}} \hat{=} \frac{\text{Energie}}{\text{bit}} = E_{\text{bit}}$$

$$\begin{array}{l} P_S = C \cdot E_{\text{bit}} \\ P_N = B \cdot N_0 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} P_S = C \cdot E_{\text{bit}} \\ P_N = B \cdot N_0 \end{array}} \right\} \left(\frac{P_S}{P_N} \right) = \left(\frac{C}{B} \right) \cdot \frac{E_{\text{bit}}}{N_0}$$

↓ SNR ↓ Modulations-Effizienz