

Vorlesung Einführung in Rechnernetze

2. Netzwerkarchitekturen

Prof. Dr. Martina Zitterbart

Dipl.-Inform. Martin Florian, Markus Jung (M.Sc.), Matthias Flittner (M.Sc.)
[zitterbart | florian | m.jung | flittner]@kit.edu

Institut für Telematik, Prof. Zitterbart



© Peter Baumung

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

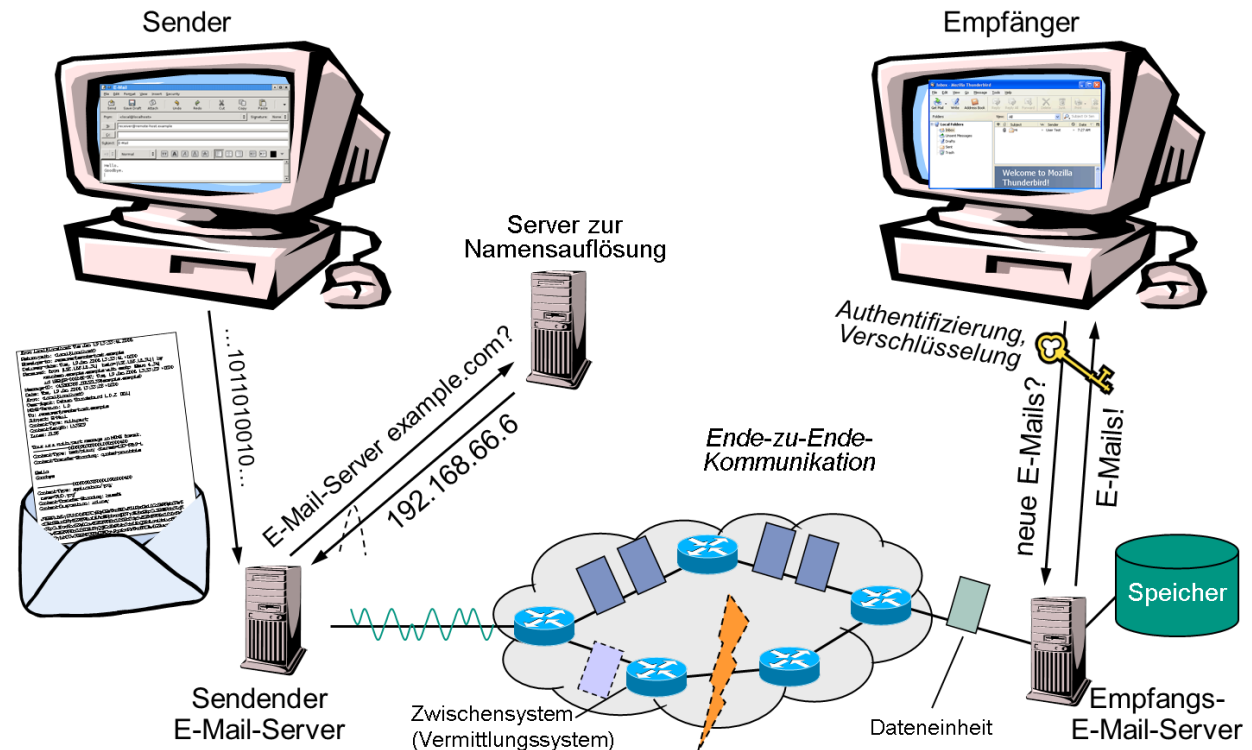
1. Motivation
2. Modelle und Architekturen
3. Protokolle und Dienste
4. Zusammenfassung

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Motivation
2. Modelle und Architekturen
3. Protokolle und Dienste
4. Zusammenfassung

2.1 Motivation: Beispiel „E-Mail“

- Kommunikationssysteme sind
 - **Komplex**: Vielzahl an Komponenten/Funktionen die interagieren
 - **Heterogen**: unterschiedliche Hersteller und Systeme
 - i.d.R. **verteilt**: Aufgaben von mehreren Komponenten bearbeitet
 - Teilweise zentrale Server
- Beispiel E-Mail



1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Motivation
2. Modelle und Architekturen
3. Protokolle und Dienste
4. Zusammenfassung

2.2 Modelle und Architekturen

■ Netze bestehen aus vielen „Bausteinen“

- Endsysteme
- Router
- Übertragungslinks (drahtlos, Glasfaser, Kupferkabel ...)
- Anwendungen
- Protokolle
- Hardware / Software

→ *Kann/soll eine einheitliche Struktur zur Organisation der Netze gefunden werden?*



■ Modell für Kommunikationssysteme / Rechnernetze?

- Grundlegende Funktionen?

■ Strukturierung?

- Wie kann die nötige Funktionalität in verschiedene Blöcke unterteilt werden? Wo erfolgen die „Schnitte“?
- Angemessene Abstraktionen („Black-Box“) und Schnittstellendefinition?
- Möglichst allgemeine / wiederverwendbare Module?

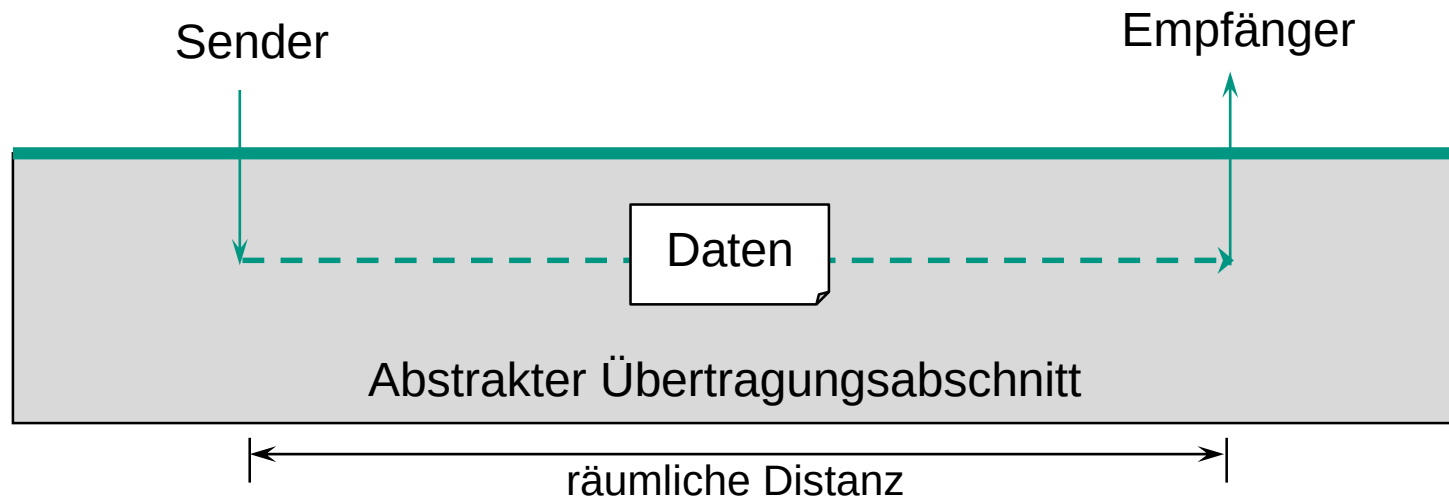
2.2.1 Grundmodell der Kommunikation

■ Grundvorgang

- Daten **überbrücken räumliche Distanz** zwischen Sender und Empfänger

■ Grundkomponenten

- **Sender** und **Empfänger** (je einer oder mehrere)
- **Abstrakter Übertragungsabschnitt**
 - Überbrückung der räumlichen Distanz



Zur Zielsetzung für (Netzwerk-) Architekturen

■ Komplexitätsreduktion

- Vereinheitlichung
- Modularisierung
- Abstraktion

■ Hersteller- / Systemunabhängigkeit

- Interoperabilität
- Flexibilität und Erweiterbarkeit



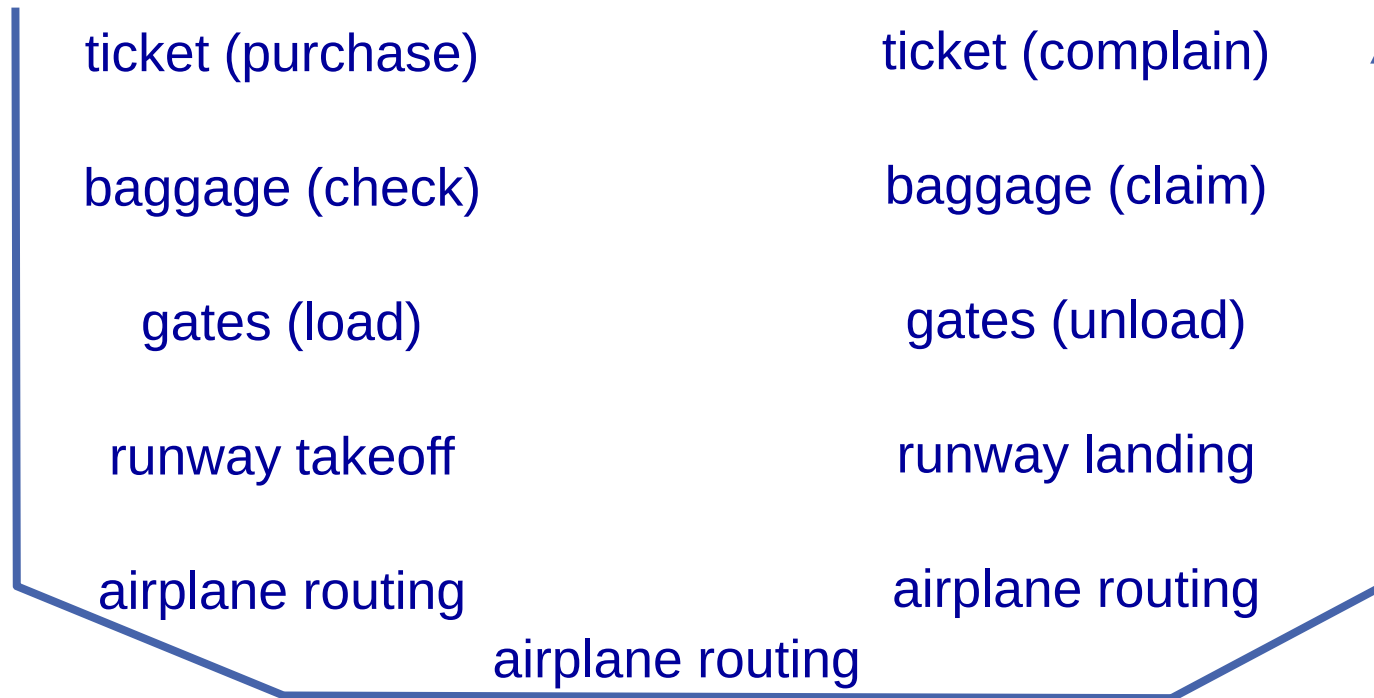
“ ... architecture is about how the parts fit and work together. In computer terms, this means that architecture is about modularity and decomposition, interfaces and dependencies, and exploiting reusable parts, as well as fundamental design principles and approaches.”



[Clark05]

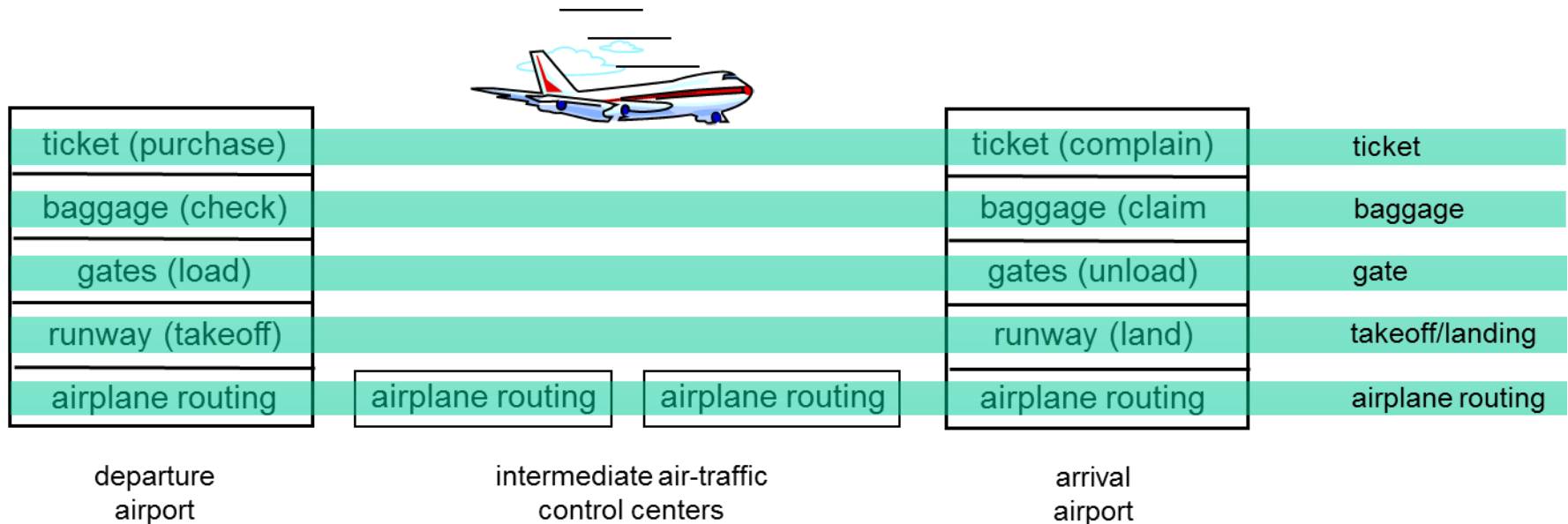
2.2.2 Beispiel

■ Organisation einer Reise per Flugzeug



■ Eine festgelegte Reihenfolge von Schritten

Schichtung der Funktionalitäten



■ Schichten

■ Implementieren jeweils einen Dienst

- Durch ihre eigenen Aktionen innerhalb der Schicht
- Bauen auf auf Diensten die von Schichten unterhalb angeboten werden

2.2.3 Geschichtete Architekturen

„Layering is a structuring technique which permits the network of Open Systems to be viewed as logically composed of a succession of layers, each wrapping the lower layers and isolating them from the higher layers as exemplified in Fig. 1”



[Zimm80]

- Kernaspekte von „Layering“
 - Strukturierungstechnik
 - Logische Trennung
 - Isolation der Schichten
- ... vgl. auch Betriebssysteme

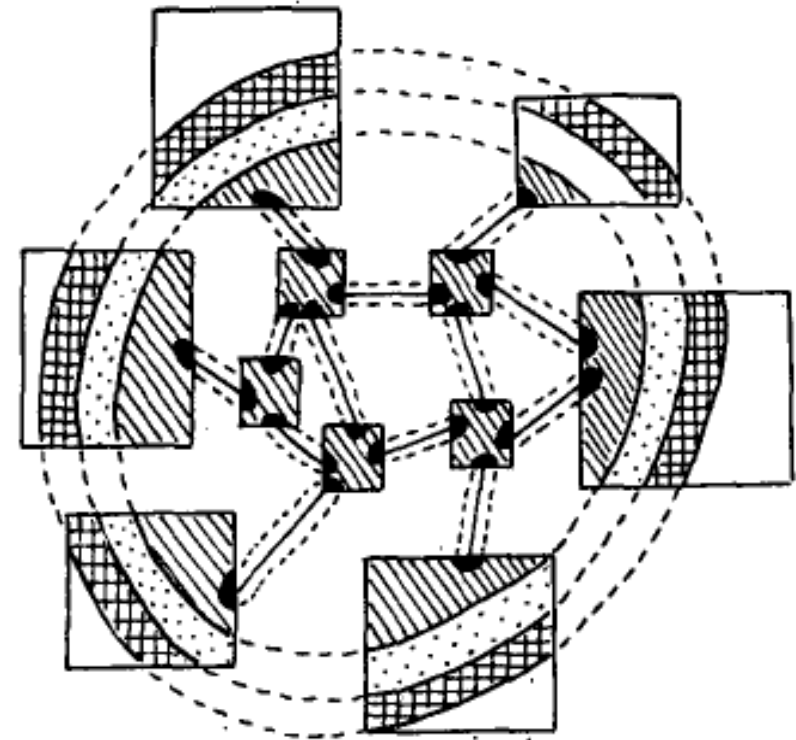
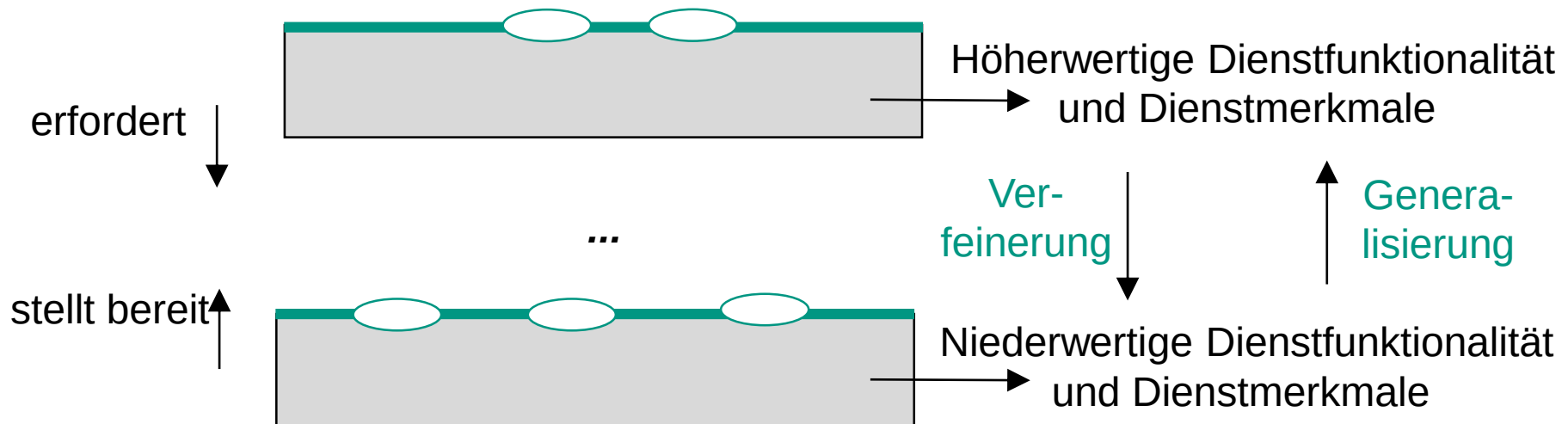


Fig. 1. Network layering.

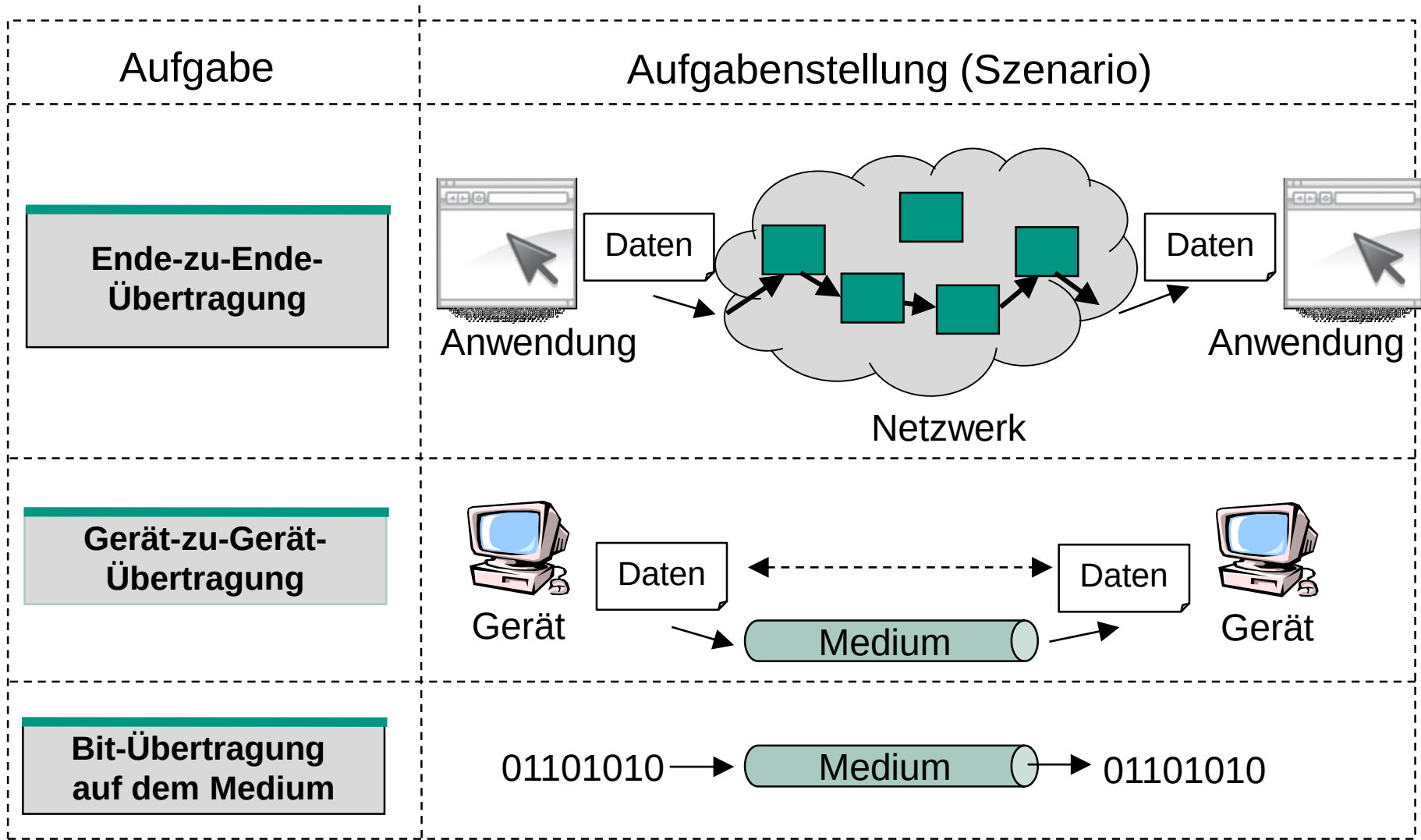
- Explizite Struktur ermöglicht Identifikation von Bausteinen sowie deren Beziehungen untereinander
 - **Geschichtete Referenzmodelle** als Grundlage für Diskussionen
- **Modularisierung** erleichtert Wartung und Update von Systemen
 - Änderungen in der Implementierung der Dienste einer Schicht sind transparent für den Rest des Systems
 - Beispiel: ein Wechsel der „gate procedure“ beeinflusst den Rest des Systems nicht

■ Prinzip

- Einführung einer Abstraktion auf der Basis von Schichten
 - Bereitstellen von Diensten an der Schnittstelle nach oben
 - Nutzung von Diensten an der Schnittstelle nach unten



Vereinfachte geschichtete Architektur



Aufgabe

Dienstfunktionalität

Ende-zu-Ende-Übertragung	Verknüpfen der Übertragungsabschnitte zu einem die Endgeräte verbindenden Weg
Gerät-zu-Gerät-Übertragung	Übertragung des Bitstroms zwischen physikalisch benachbarten Geräten (Übertragungsabschnitt)
Bit-Übertragung	Übertragung des Bitstroms in Form eines Signalverlaufs

Beachte: Unterschied zwischen abstraktem Übertragungsabschnitt und (physikalischem) Übertragungsabschnitt

2.2.4 Historie Standardisierung

- Beobachtung Ende der 70er Jahre
 - Etablierung Herstellerspezifischer Netze
 - Z.B. IBM, DEC
 - 70/80er: Zeit der „Open Systems“
- Zielsetzung
 - **Standardisierung**
- Standardisierung durch ISO
 - **International Organization for Standardization (ISO)**
 - Gegründet 1946 durch die Vereinten Nationen
 - Besteht aus nationalen Standardisierungsorganisationen wie ANSI, DIN, ...
- Standardisierung durch ITU-T
 - **International Telecommunication Union (ITU)**
 - Agentur der Vereinten Nationen seit 1947
 - Unter anderen Namen seit 1865
 - Besteht im Wesentlichen aus TK-Unternehmen
 - ITU-T: Telecommunication Standardization Sector (früher CCITT)



[Russ06]

Historie Standardisierung

- 1977: Komitee „**Open Systems Interconnection (OSI)**“ durch ISO gegründet
 - Herausforderung
 - Offene, herstellerunabhängige Standards für geschichtete Architekturen, Protokolle und Dienste erforderlich
 - „Kommunikationspartner müssen gleiche Sprache sprechen“
 - Ziel
 - Definition einer **Architektur**, die als **Rahmenwerk** zur Standardisierung von Protokollen dient

- 1979: Fertigstellung des „Reference Model of Open System Interconnection“ durch ISO
 - Kurz „**OSI Reference Model**“
 - Arbeit in nur 18 Monaten beendet
 - Heute noch grundlegendes Modell der Kommunikation

Historie Standardisierung

- Bis 1983: Parallele Arbeiten der ITU-T
- 1983: Zusammenlegung der ITU-T und ISO Aktivitäten
 - Im Wesentlichen wird der ISO-Vorschlag übernommen
- 1984: erstmals veröffentlicht durch die gleichlautenden Standards **ISO 7498:1984** und **ITU.T Standard X.200**
- 1988: Revision wurde begonnen
- 1994: Revision in ISO 7498-1:1994 und ITU.T X.200 veröffentlicht
 - “ ... Consequently, the **Revised OSI Reference Model offers nothing of significance** that it didn't offer 10 years ago.”  [Day95]

2.2.5 OSI-Referenzmodell

- Logisches Modell
 - Dient der gedanklichen Strukturierung von Kommunikationssystemen
- Nicht notwendigerweise Strukturierung für eine Implementierung
 - Bspw. Effizienz: Daten werden beim Austausch zwischen Schichten möglichst nicht im Speicher kopiert
- Im Referenzmodell sind keine Protokolle definiert
 - Es wird vielmehr das prinzipielle Problem in beherrschbare Unterprobleme gegliedert
- „Open“ = zur Betonung, dass es ein offener, internationaler Standard ist
 - ... also nicht herstellerspezifisch

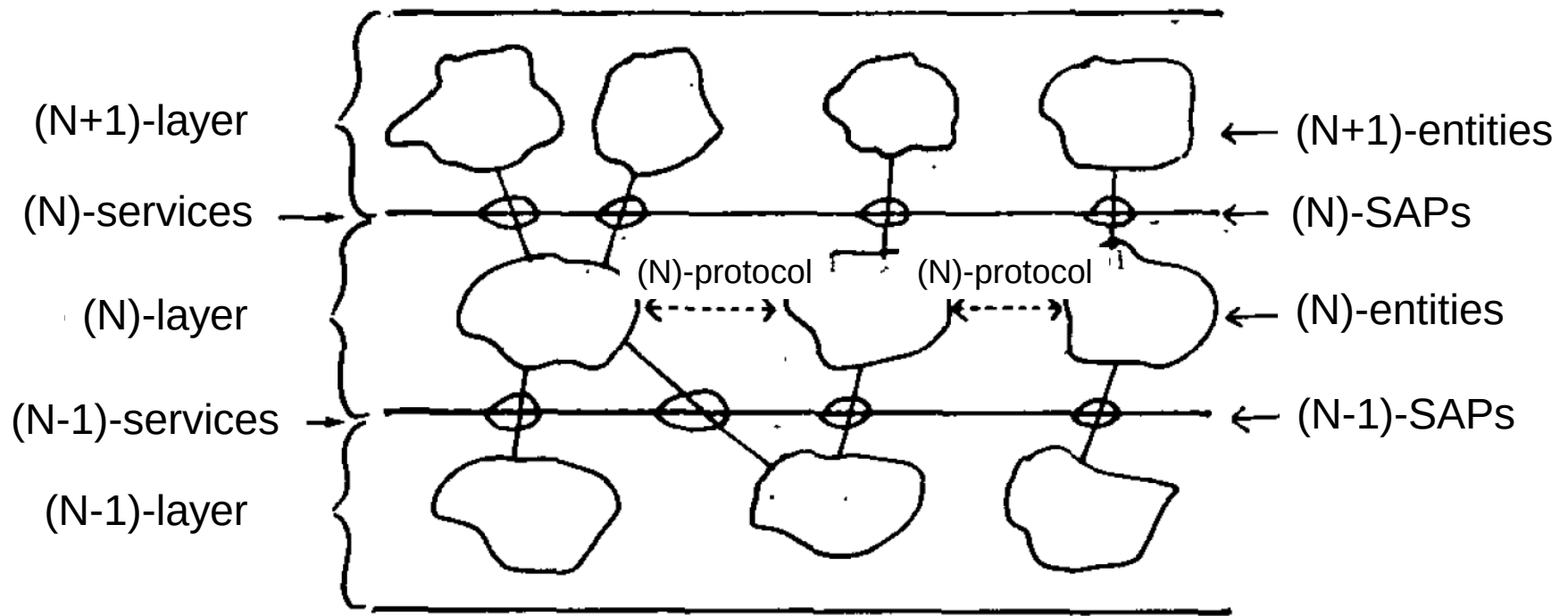
Wie viele Schichten?

Grundlegende Prinzipien



[Zimm80]

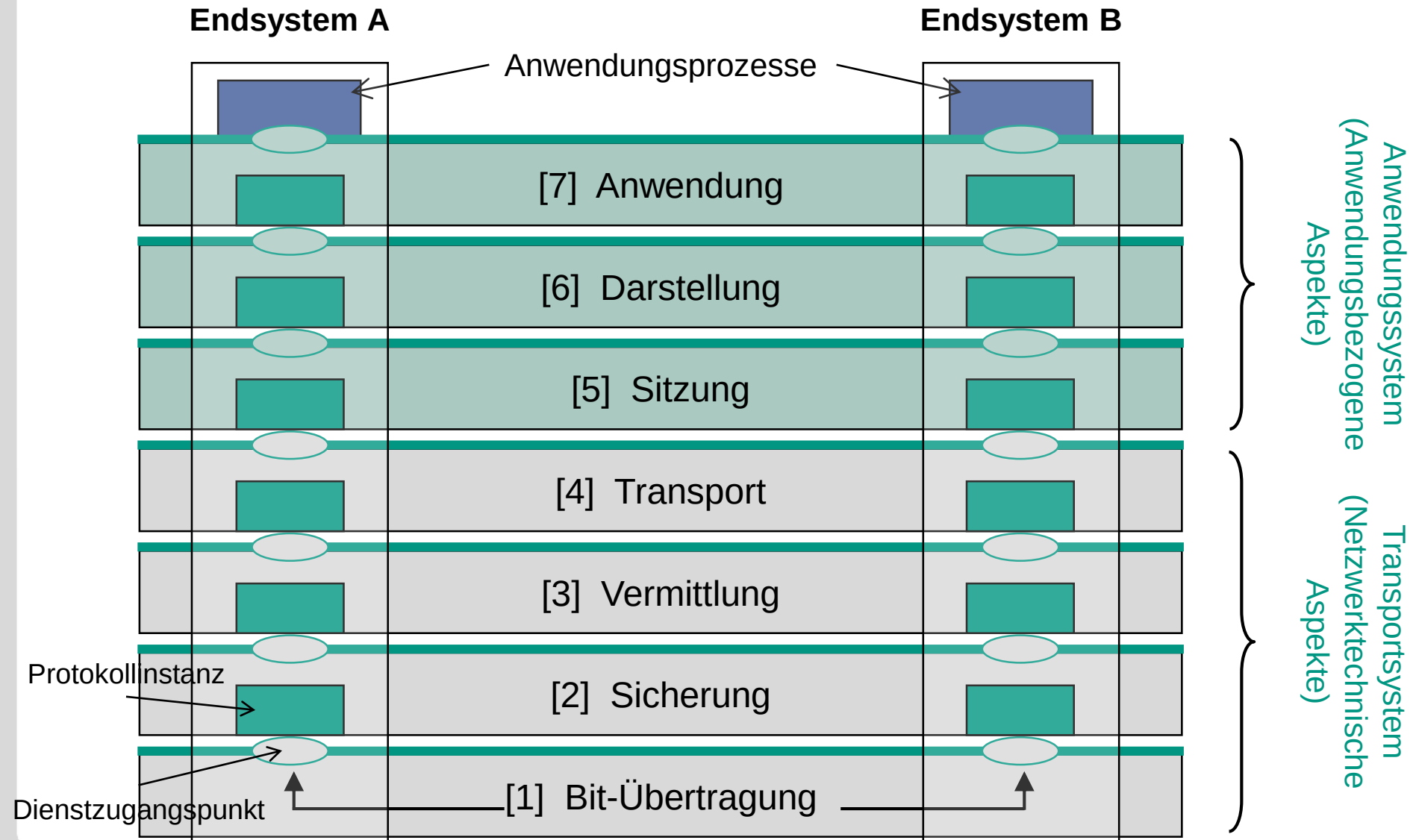
- Nicht zu viele Schichten
- Dienstbeschreibung soll klein sein und Anzahl der Interaktionen zwischen Schichten gering
- Unterschiedliche Schichten für verschiedene Aufgaben
 - Ähnliche Funktionen in der selben Schicht sammeln
 - Schicht muss technologischen Fortschritten entsprechend anpassbar sein, ohne Re-Design von benachbarten Schichten zu erfordern
 - Funktionen oder Protokolle einer Schicht müssen änderbar sein, ohne Änderungen in anderen Schichten zu erfordern
- Unterschiedliche Abstraktion bei der Behandlung von Daten
- Schicht hat nur Schnittstellen zu ihren benachbarten Schichten
 - Unterschichten innerhalb einer Schicht sind möglich
 - Unterschichten können übergangen werden, Schichten nicht



- Zur Erläuterung aus  [Zimm80]
 - „... the (N) entities add value to the (N-1) services they get from the (N-1) layer and offer this value-added service, i.e., the (N) service to the (N+1) entities.“

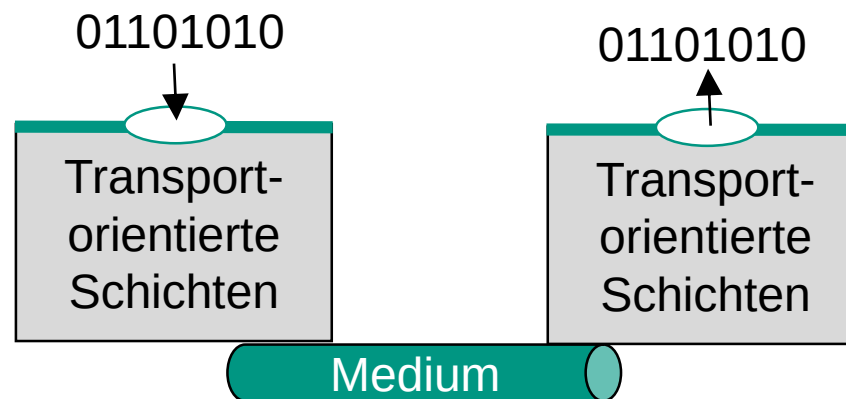
SAP: Service Access Point

Die Schichten des OSI-Referenzmodells



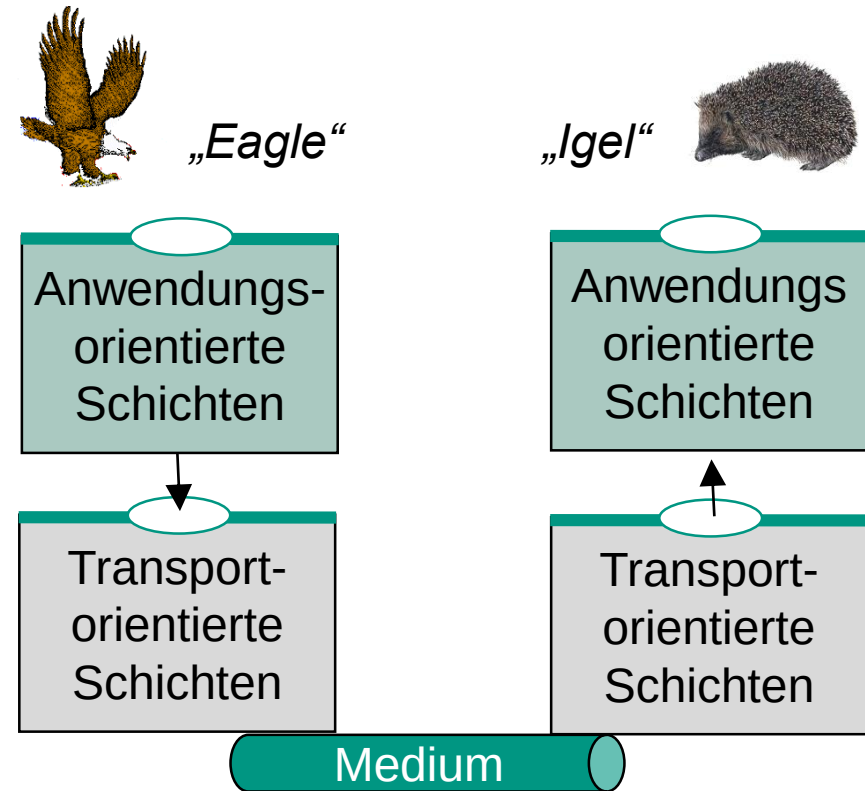
Aufgabenbereiche: Transportsystem

- Transportorientierte Schichten (1-4)
- Transparente Übertragung von Daten zwischen Anwendungssystemen (bzw. Anwendungen)
 - Inhalt (Semantik) der Daten transparent
 - Elementare Datenübertragung
 - Nur den Bedürfnissen des Datenaustauschs und des bereitzustellenden Dienstes unterstellt



Aufgabenbereiche: Anwendungssystem

- Anwendungsorientierte Schichten (5-7)
- Anwendungsbezogene Aspekte
 - Semantik der Daten ist wichtig
 - Informationsdarstellung und -austausch
 - Kooperation der Teilnehmer unter formalen Gesichtspunkten berücksichtigt, wie z.B.
 - Steuerung des Ablaufs
 - Kompensation von Fehlverhalten durch verteilte Transaktionen



Transportorientierte Schichten

■ Schicht 1: Bit-Übertragungsschicht (Physical Layer)

- Auch als „Physikalische Schicht“ bezeichnet
- Übertragung von Bits
- Verwendung von Leitungscodes etc.
- Keine Pufferung
- Bietet keine Zuverlässigkeit an
- Problem: mögliche Störungen der Übertragung
- Ziel: feste Übertragungsqualität



[Kapitel 3]

00101010

■ Schicht 2: Sicherungsschicht (Data Link Layer)

- Erweitert nachrichtentechnischen Kanal zum abstrakten „gesicherten Kanal“
 - Erkennung und Behebung von Fehlern der Bitübertragungsschicht möglich
- Übertragung von Daten zwischen Dienstnehmern direkt verbundener Geräte
- Gliederung eines Bitstroms in Dateneinheiten
- Pufferung sowohl beim Sender als auch beim Empfänger



[Kapitel 5]



[Kapitel 6]

■ Schicht 3: **Vermittlungsschicht** (Network Layer)



[Kapitel 7]

- Auch als „**Netzwerk-Schicht**“ bezeichnet
- Verknüpft Übertragungsabschnitte zu Ende-zu-Ende-Strecken
- Wegewahl im Kommunikationssystem
 - Finden geeigneter Wege für die Ende-zu-Ende-Datenübertragung
- Adressierung der Geräte
- Multiplexen

■ Schicht 4: **Transportschicht** (Transport Layer)



[Kapitel 8]

- Übertragung von Daten zwischen Anwendungen
- Abstrahiert von Diensten der Vermittlungsschicht
 - Dem Dienstnehmer bleiben sämtliche Aspekte der Datenübertragung verborgen
- Fehlererkennung und -behebung
- Pufferung
- Adressierung von Transportsdienstbenutzern
- Multiplexen

- Schicht 5: **Sitzungsschicht** (Session Layer)
 - Bietet Nichtunterbrechbarkeit von Kommunikationsbeziehungen
 - Gliederung des Datenaustauschs nach Gesichtspunkten der Anwendung
 - Ablaufsteuerung und -koordination
 - Bereitstellen sogenannter Sitzungen
 - Rücksetzvereinbarung
- Schicht 6: **Darstellungsschicht** (Presentation Layer)
 - Einheitliche Darstellung der Daten (Syntax)
 - Integer → 16 oder 32 bit?
 - Kommunikation zwischen heterogenen Geräten
 - Überführung in bzw. aus der lokalen Syntax erforderlich
 - Beibehaltung der Semantik der Information
- Schicht 7: **Anwendungsschicht** (Application Layer)
 - Austausch von anwendungsabhängigen Daten
 - Aufbau und Zweck durch Anwendung bestimmt
 - Beispiele
 - E-Mail, Dateitransfer, WWW



[Kapitel 10]

Kapselung der Daten – „Datensicht“

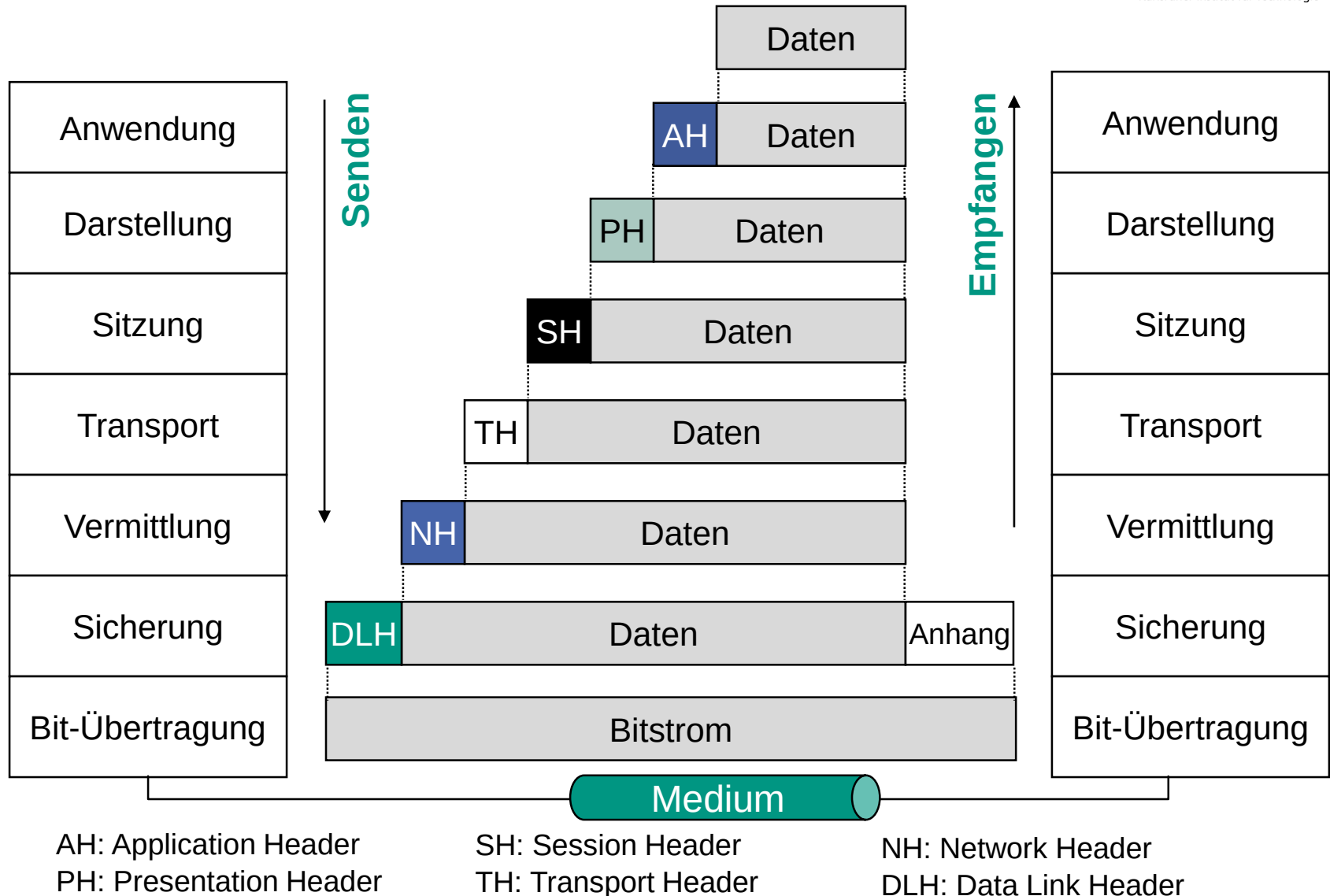
■ Ziel

- Austausch von Information innerhalb einer verteilten Anwendung

■ Geschichtete Architektur

- Information wird durch alle Schichten durchgereicht, sowohl beim Empfangen als auch beim Senden
- Daten werden beim Senden in jeder Schicht gekapselt
 - Kontrollinformation, die für den ordnungsgemäßen Ablauf des Protokolls der Schicht benötigt wird
 - **Kopf (engl. Header):** Kontrollinformation vor den Daten
 - Z.B. Adressen in Dateneinheiten
 - **Anhang (engl. Trailer):** Kontrollinformation hinter den Daten
 - Z.B. Prüfsummen in Dateneinheiten
- Beim Empfangen muss Kontrollinformation vor der Weitergabe an die darüber liegende Schicht entfernt werden

Kapselung der Daten im OSI-Referenzmodell



■ Pingo-Link für diese Vorlesung:

→ <http://pingo.upb.de/6466>



<http://pingo.upb.de/>



<http://pingo.upb.de/>

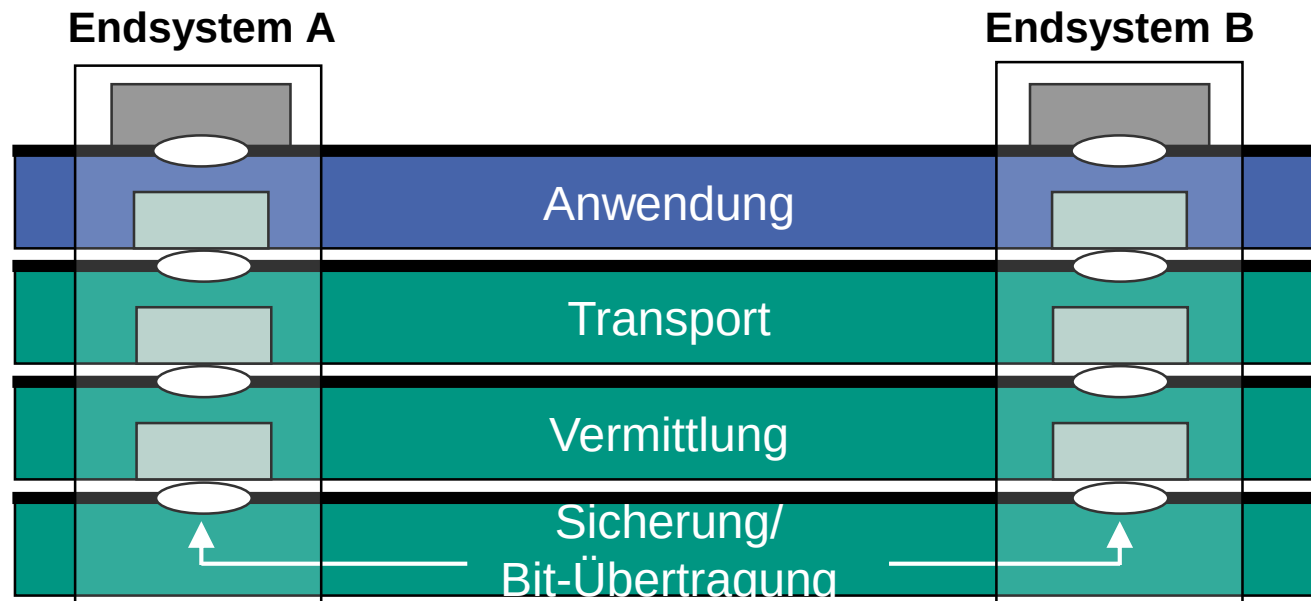


<http://pingo.upb.de/>



2.2.6 Internet-Referenzmodell

- Einfacher, nur 4 Schichten
 - Teilweise auch 5 Schichten (getrennte Sicherungs- und Bit-Übertragungsschicht)



- Referenzmodell ist im Internet bzw. bei der IETF von untergeordneter Bedeutung. Fokus liegt auf Protokollen.
 - Nicht formal spezifiziert
 - Teilweise entsprechend der beiden prägenden Protokolle TCP/IP bezeichnet

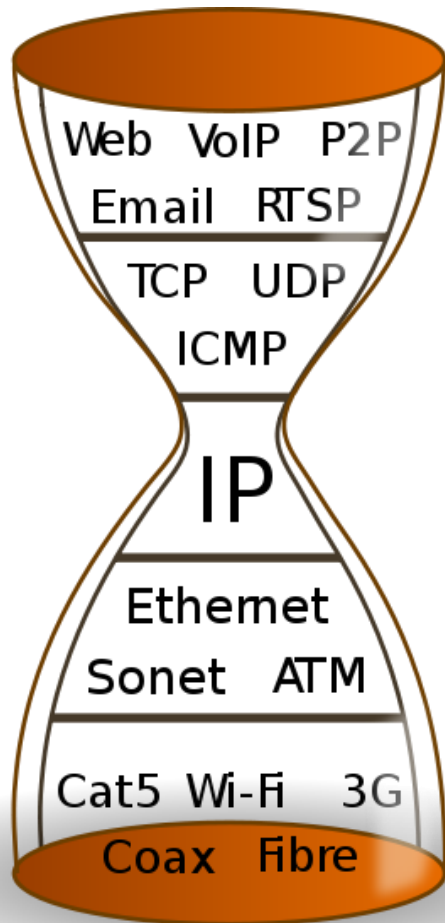
 [Clark88]

- IP und das Internet-Referenzmodell



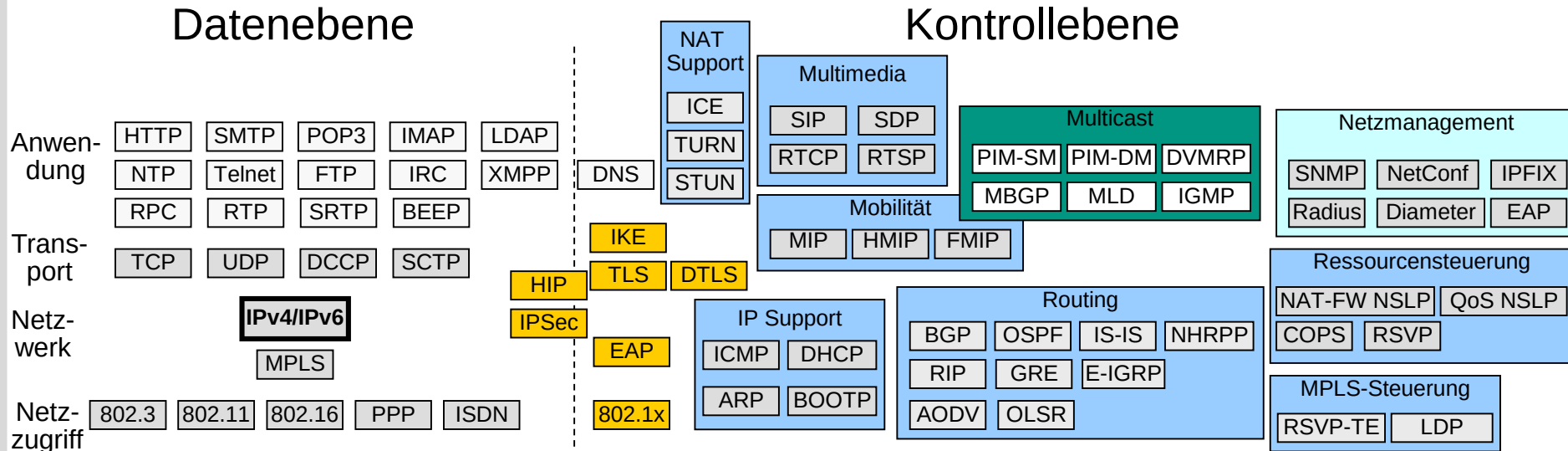
[<https://www.youtube.com/watch?v=zyL1Fud1Z1c>]

IP-Sanduhr (IP Hourglass)



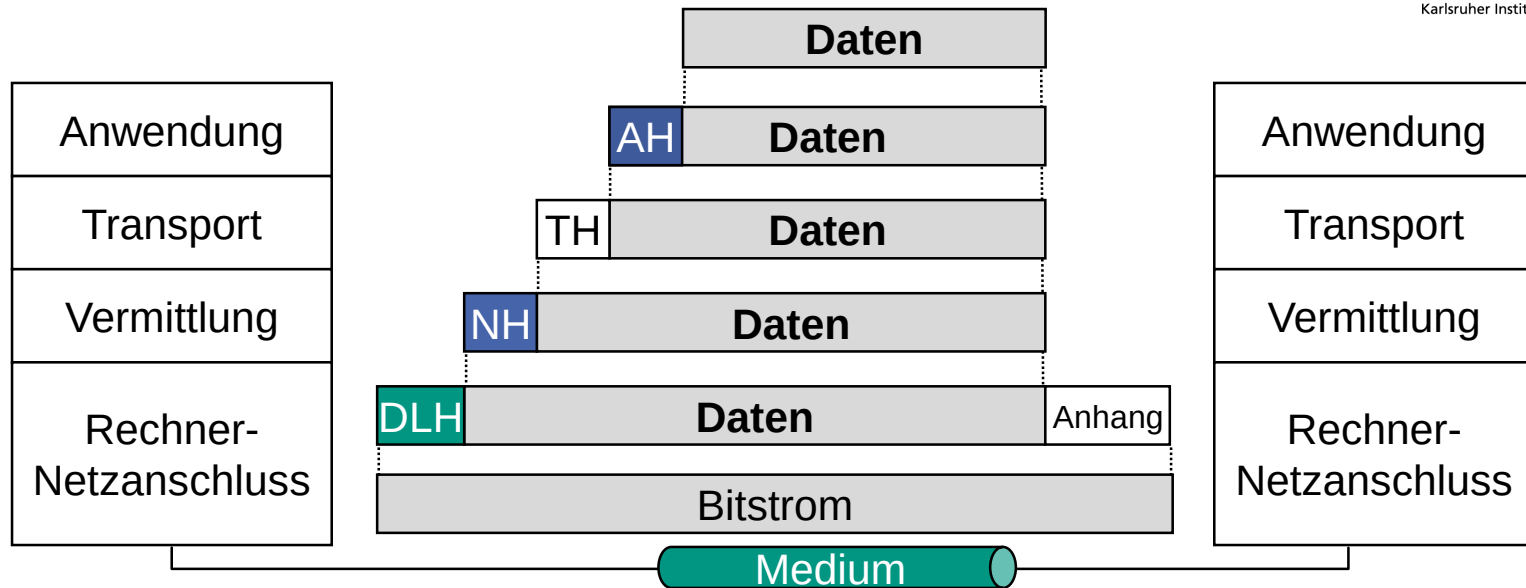
- IP (= Internet Protocol) ist der gemeinsame Kern des Internets
 - Einziges Protokoll
 - Globale Adressierung
 - Schlankes Protokoll

Schlanker Mittelteil?



- Kontrollprotokolle machen inzwischen einen Großteil der Gesamtkomplexität aus
- Das Internet hat sich weiterentwickelt
 - IP immer noch das einzige Protokoll für den Datenverkehr auf Netzwerkschicht
 - ... aber in zwei Versionen erhältlich: IPv4 und IPv6

Kapselung im Internet-Referenzmodell

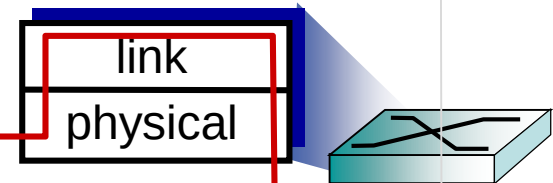
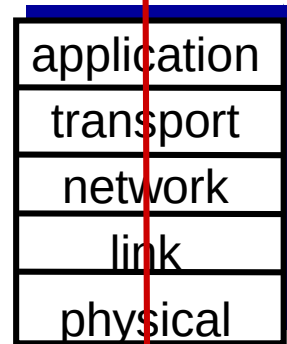
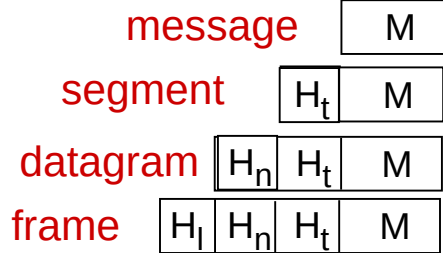


- Dateneinheiten in den Schichten haben unterschiedliche Namen
 - Nachricht (engl. Message), Segment, Datagramm, Rahmen (engl. Frame)
- Teilweise enthalten die Köpfe der Dateneinheiten der Schicht N-1 Kennungen welches Protokoll in Schicht N verwendet wird, z.B.
 - Ethernet-Kopf hat ein Type-Feld, um auf z.B. IP zu verweisen
 - IP verweist z.B. auf TCP oder UDP



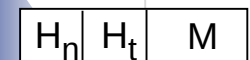
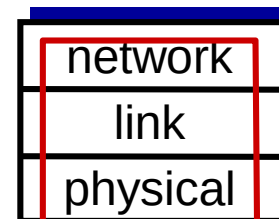
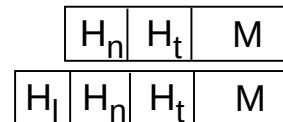
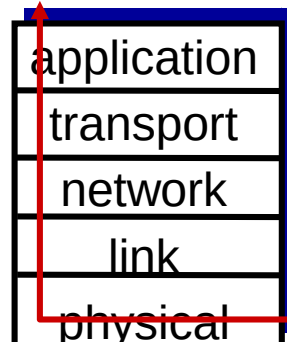
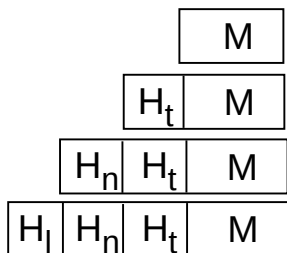
[KuRo12]

Kapselung im Internet-Referenzmodell



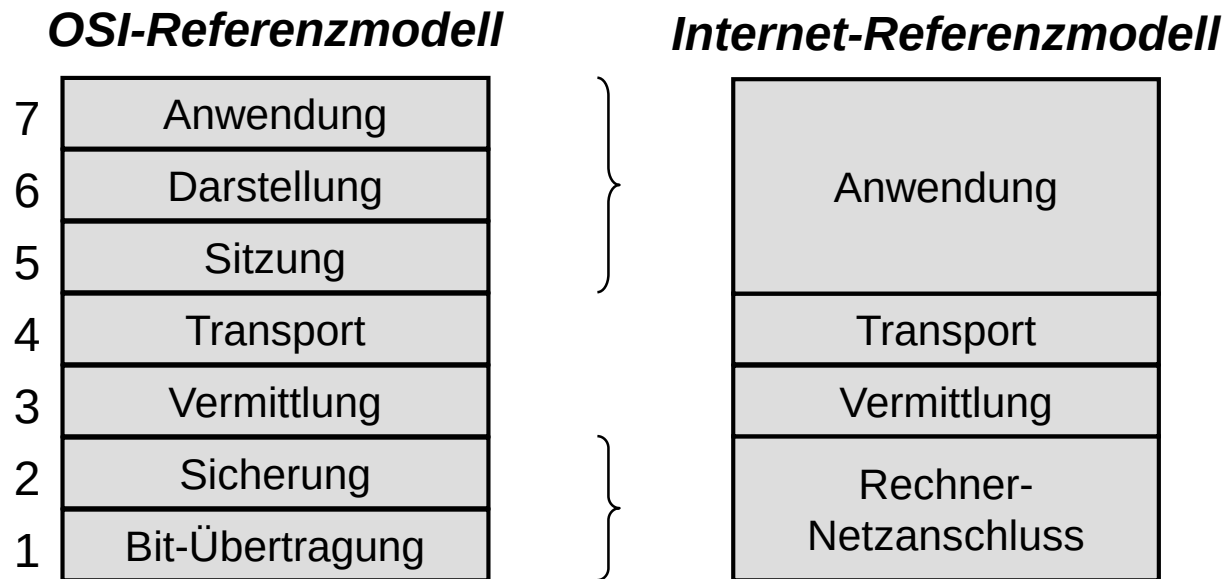
switch

destination



router

2.2.7 Die Referenzmodelle im Vergleich



- Wesentliche Änderungen im Internet-Referenzmodell
 - Aufgaben der Schichten 5 und 6 in Anwendung verlagert
 - Im Internet nutzen Anwendungsprotokolle teilweise standardisierte Verfahren für Funktionen der Schicht 5/6
 - Bspw. ASN.1 oder MIME für die Darstellung

Die Referenzmodelle im Vergleich

■ OSI-Modell [Zimm80]

- Modelltechnische Grundlagen für Kommunikationssysteme
- Richtungsweisender Standard
- OSI-Protokolle haben (heutzutage meist) wenig praktische Bedeutung
 - ... die Gründe sind vielfältig und divers und oft nicht technischer Natur

■ Internet-Aktivitäten

- Allgemein akzeptierte Protokollstandards, TCP/IP-Protokollfamilie
- Referenzmodell ist von untergeordneter Bedeutung
- Motto (zumindest früher)

*„We reject: kings, presidents, and voting.
We believe in: rough consensus and running code.”*



[Clark92]

Aktuelle Entwicklungen / Herausforderungen

- OSI-Referenzmodell / Internet-Referenzmodell
 - Grundlegende Gliederung auch heute noch aktuell
 - Aber neue Aufgaben hinzu gekommen: z.B. Management, Sicherheit
- Strikte Hierarchie
 - Oft in der Praxis nicht adäquat
 - Informationen sind teilweise schichtenübergreifend (engl. cross layer) von großem Nutzen, z.B. für
 - Netzwerkmanagement
 - IT-Sicherheit
 - Drahtlose Netze
- Derzeit zu beobachten
 - Schwierigkeiten in der Beherrschbarkeit von globalen Kommunikationssystemen, insbesondere beim Internet
- Also
 - ... am besten alles neu machen („Clean-slate approaches“)
 - ... leichter gesagt als getan

■ OSI-Referenzmodell ist der „Klassiker“

- Gut geeignet zur logischen Strukturierung
- Oft weit weg von der Strukturierung einer Anwendung
- Manchmal zu detailliert und komplex ... sagen zumindest Kritiker

■ Tipp

- Versuchen Sie in diesem Modell zu „leben“
 - Ordnen Sie immer wieder die Problemstellungen in Kommunikationssystemen sorgfältig in dieses Modell ein
 - Das erleichtert die Beherrschung des umfangreichen Stoffs ungemein

■ Modellierung vs. Implementierung

- Schichten werden nicht unbedingt separat implementiert
- Daten werden zwischen Schichten möglichst nicht kopiert

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Motivation
2. Modelle und Architekturen
3. Protokolle und Dienste
4. Zusammenfassung

2.3 Protokolle und Dienste

■ Protokoll

- Regeln und Formate für den Austausch von Daten
 - Innerhalb einer Schicht – horizontale Kommunikation
- Protokollinstanzen realisieren Protokolle in den Schichten
 - Ablauf innerhalb einer Schicht wird durch Protokoll geregelt
 - Je Gerät (ggf. Anwendung) existiert *eine* Protokollinstanz
- ... *kennen wir übrigens auch aus den Interaktionen im täglichen Leben*

■ Dienst

- Innerhalb einer Schicht erbracht
 - Durch Zusammenwirken der Protokollinstanzen gemäß standardisiertem Protokoll
- Schicht zieht sich über gesamtes Kommunikationssystem hinweg
 - Schicht ist nicht auf ein einzelnes Gerät limitiert

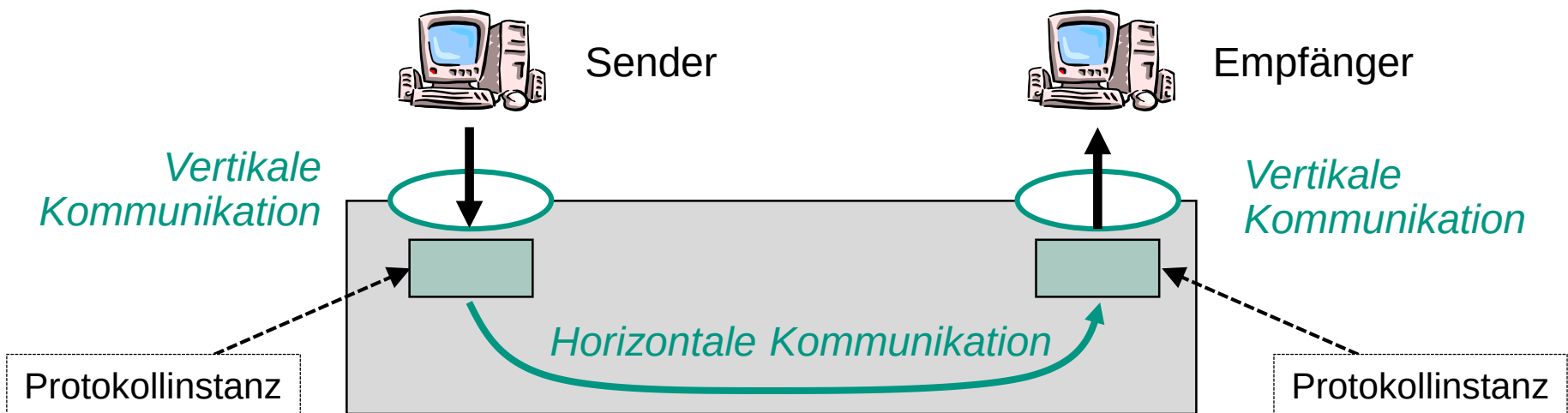
2.3.1 Horizontale und vertikale Kommunikation

■ Horizontale Kommunikation

- Zwischen Sender und Empfänger (zwischen Kommunikationspartnern)
- Protokollinstanzen einer Schicht tauschen Daten untereinander aus um den geforderten Dienst zu erbringen

■ Vertikale Kommunikation

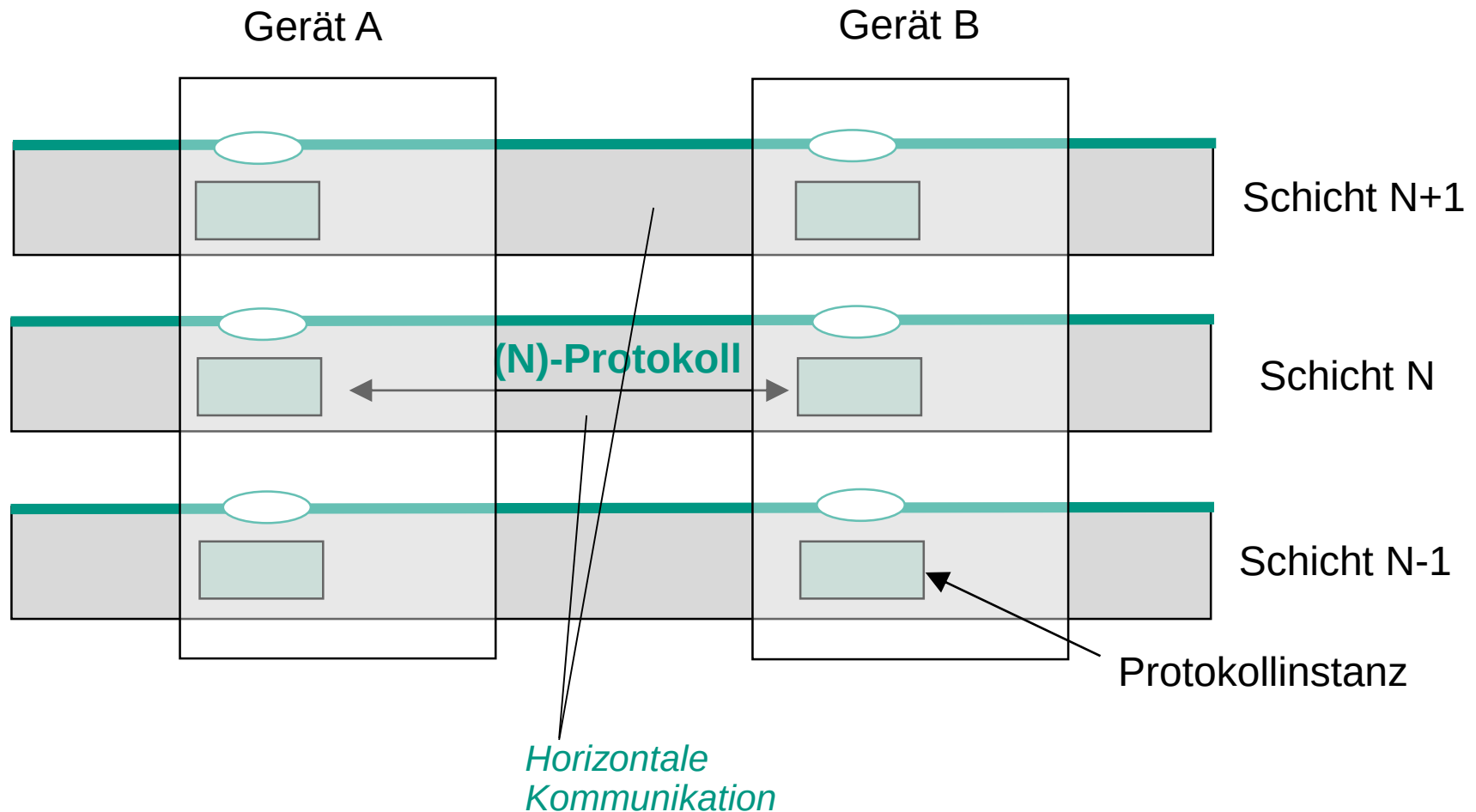
- Zwischen Schichten (innerhalb eines Systems)
- Protokollinstanz der Schicht N greift auf Dienste der Protokollinstanz in Schicht N-1 zu bzw. gibt Daten an Protokollinstanz der Schicht N+1 weiter



Horizontale und vertikale Kommunikation

Vertikale
Kommunikation

Vertikale
Kommunikation



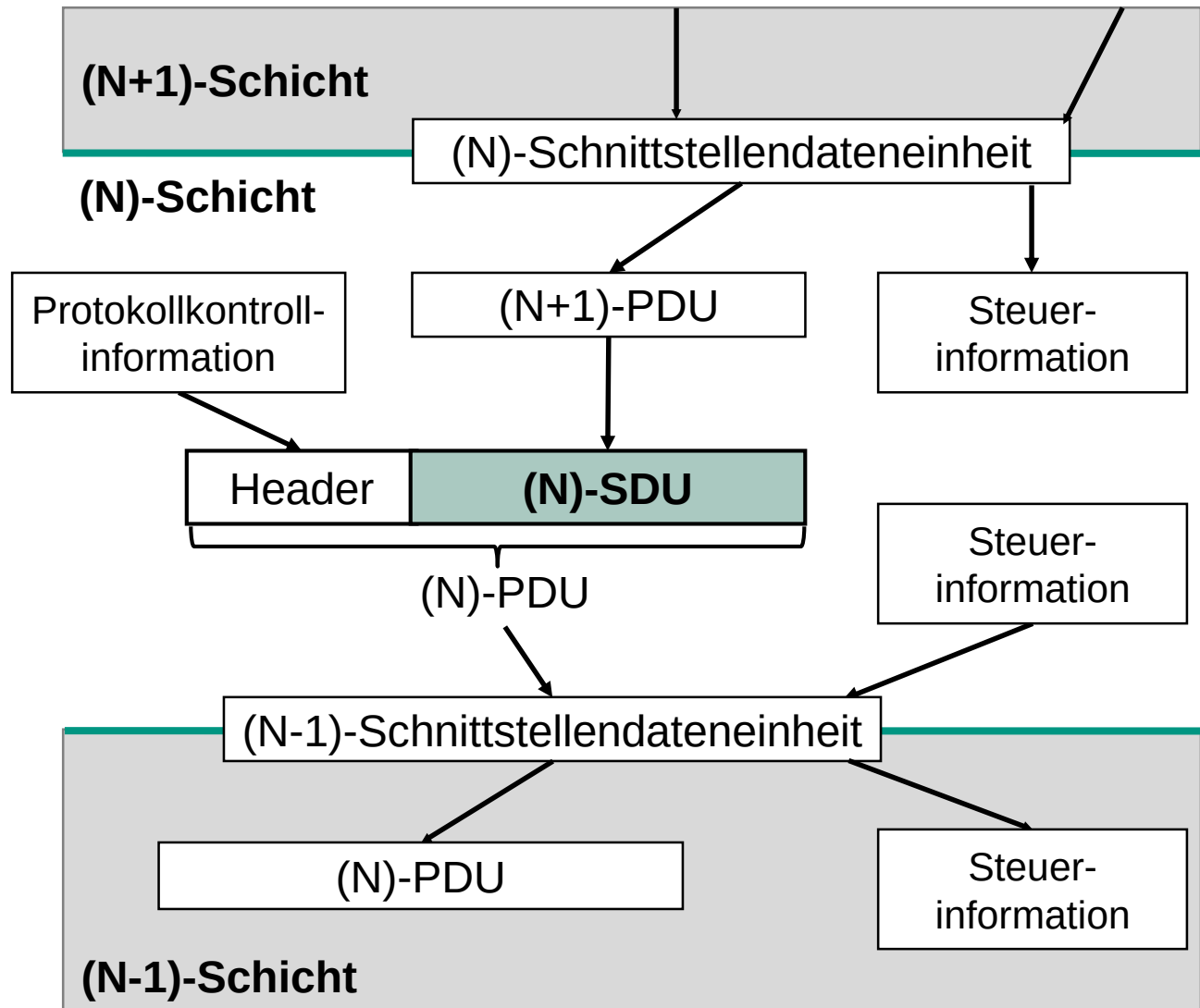
Zusammenspiel der Schichten

- Service Data Unit (SDU)

- Datenteil
- N-SDU wird beim Empfänger unverändert an (N+1)-Schicht übergeben

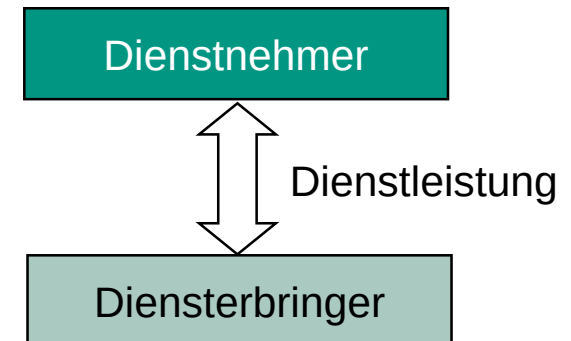
- Protocol Data Unit (PDU)

- Beinhaltet Daten und Protokollkontrollinformation



2.3.2 Grundlegendes Element: der Dienst

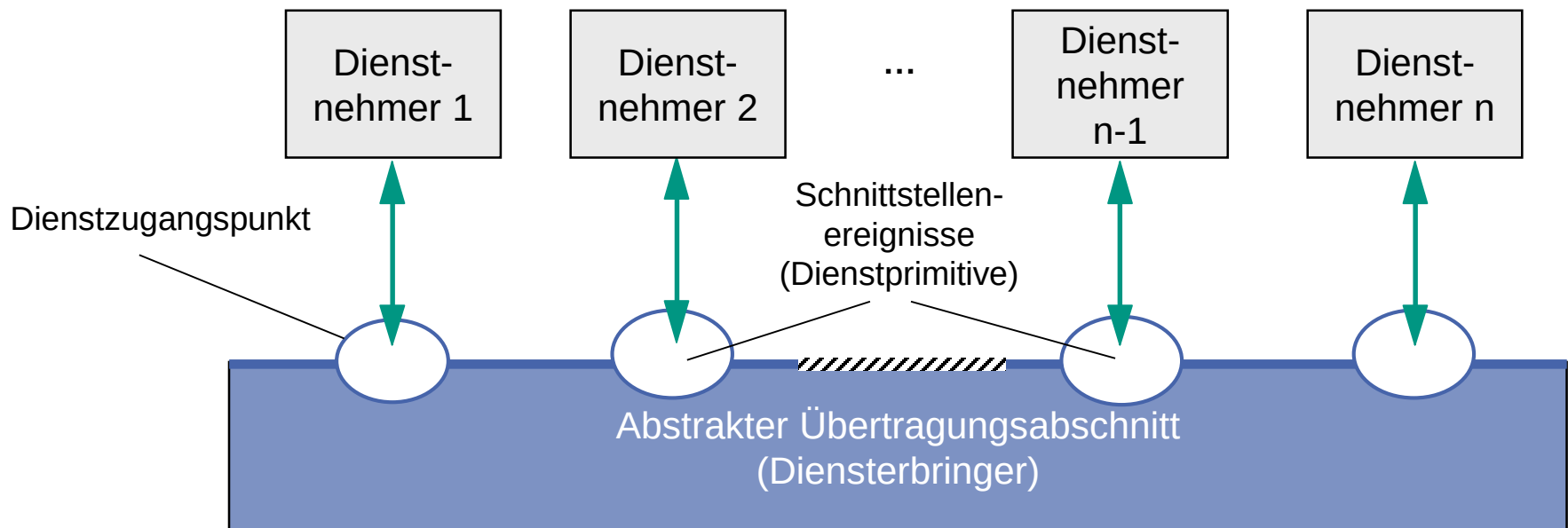
- Bündelung zusammengehöriger Funktionen
- Dienstfunktion
 - Einzelne Teile eines Dienstes können unabhängig voneinander in Anspruch genommen werden
- Dienstprimitiv
 - Einzelschritte einer Dienstfunktion
- Diensthierarchie
 - Dienst baut auf anderen Diensten auf
 - Dienstleister
 - Bieten einen Dienst an
 - Dienstnehmer
 - Nehmen einen Dienst in Anspruch



- Dienstzugangspunkte
 - Stellen eine Dienstschnittstelle dar
 - Schnittstellenereignisse treten an Dienstzugangspunkten auf
 - Dargestellt über Dienstprimitive

- Abstrakte Sicht eines Dienstes
 - Entspricht Sicht auf seine Dienstzugangspunkte
 - Menge von Dienstprimitiven
 - Zeitpunkt
 - Zugangspunktadresse (d.h. Ort)
 - Typ
 - Parameter
 - Ablauffestlegungen der Dienstprimitive
 - Zeitliche Reihenfolge

- Diensthierarchie
 - **Dienstprimitive** zwischen Dienstnehmer und Dienstgeber
 - Entspricht vertikaler Kommunikation
 - Inanspruchnahme von Diensten über Dienstzugangspunkte
- Beschreibung eines Dienstes
 - Verhalten an den **Dienstzugangspunkten** (Service Access Points, SAP)
 - Abstrakter Übertragungsabschnitt abstrahiert von „unterliegenden“ Diensten



2.3.3 Dienstprimitive

■ Grundtypen

- Request (Req)
 - Beauftragung (Dienstnehmer → Dienstgeber)
- Indication (Ind)
 - Benachrichtigung des Partners (Dienstgeber → Dienstnehmer)
- Response (Rsp)
 - Beantwortung durch Partner (Dienstnehmer → Dienstgeber)
- Confirmation (Cnf)
 - Benachrichtigung über Abschluss (Dienstgeber → Dienstnehmer)

■ Beschreibung von Dienstprimitiven

■ Name

- Z.B. Bitübertragung, Sicherung, Vermittlung, Transport
 - Engl.: Physical, Data Link, Network, Transport
- Oft in abgekürzter Form (z.B. Ph, DL, N, T)
- Kann auch entfallen, wenn nur ein Dienst betrachtet wird

■ Name einer Dienstleistung

- Z.B. Connect, Data, Release, Reset, Abort, Disconnect

■ Parameter

■ Beispiele

- TConReq(*Adressen*)
 - Verbindungsaufbauanforderung an der Schnittstelle zum Transportdienst
 - Adressen identifizieren Kommunikationspartner
- HTTPGet[Req](*URL*)
 - Anforderung der HTML-Seite (HTTP-Client), die durch *URL* identifiziert wird
- HTTPGet[Ind]
 - Benachrichtigung des HTTP-Servers

■ Überblick

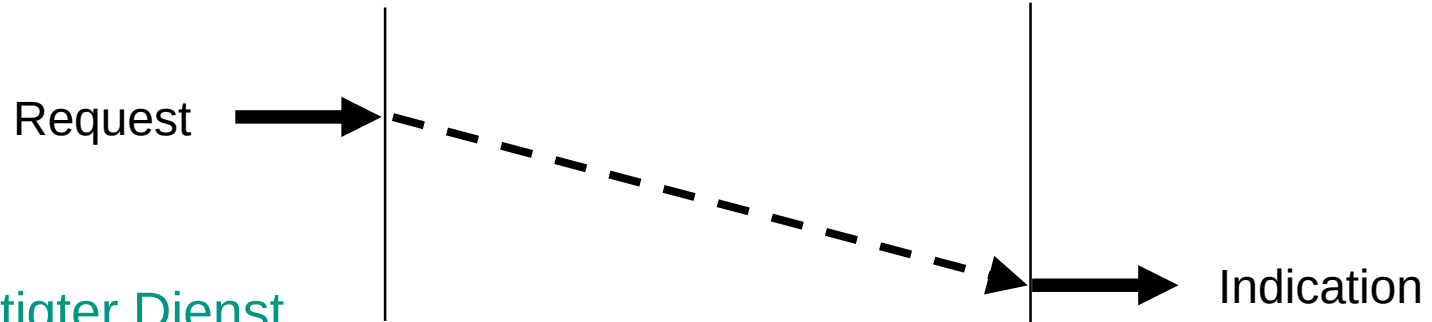
Name	Dienstleistung	Grundtypen	Parameter
Physical (Ph) Data Link (DL) Network (N) Transport (T) HTTP FTP ...	Connect (Con) Data (Dat) Release (Rel) Abort (Abo) Provider Abort (PAbo) Disconnect (Dis) ...	Request (Req) Indication (Ind) Response (Rsp) Confirmation (Cnf)	<i>Abhängig vom Dienst</i>

2.3.4 Grundformen von Diensten

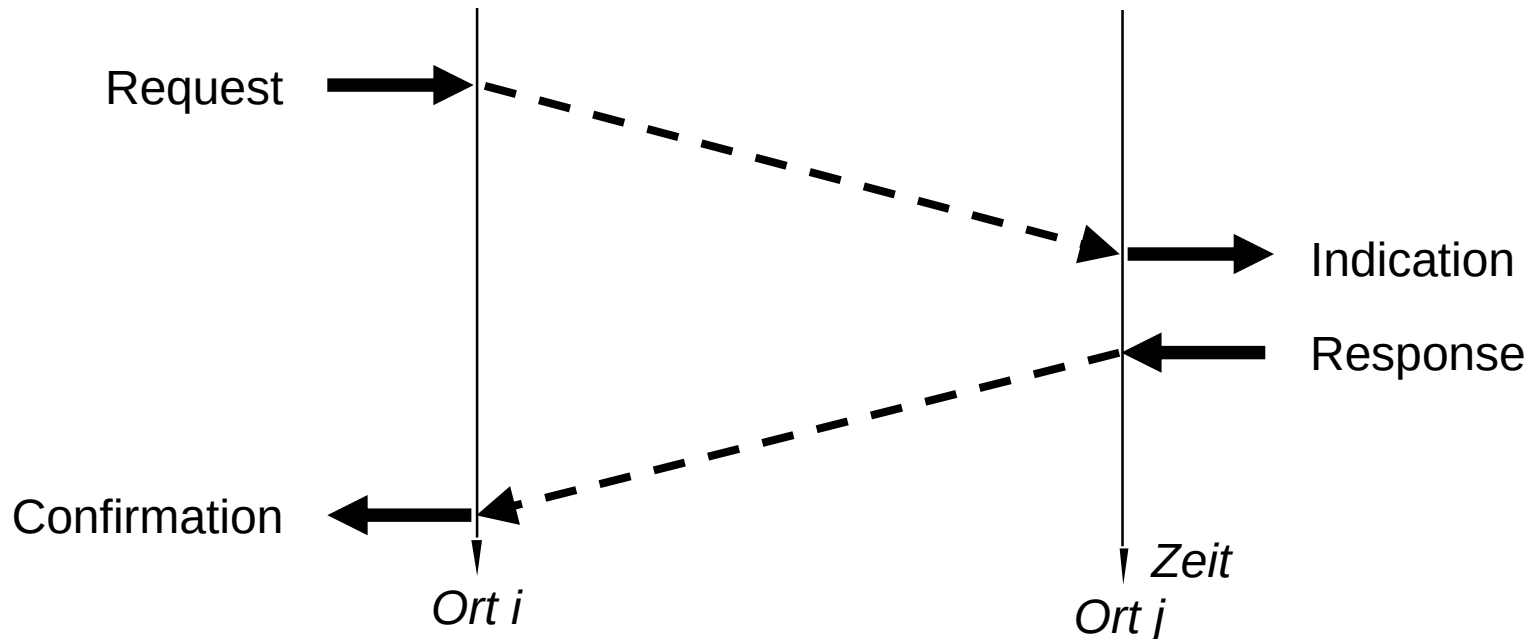
■ Unbestätigter Dienst

Initiator

Beantworter



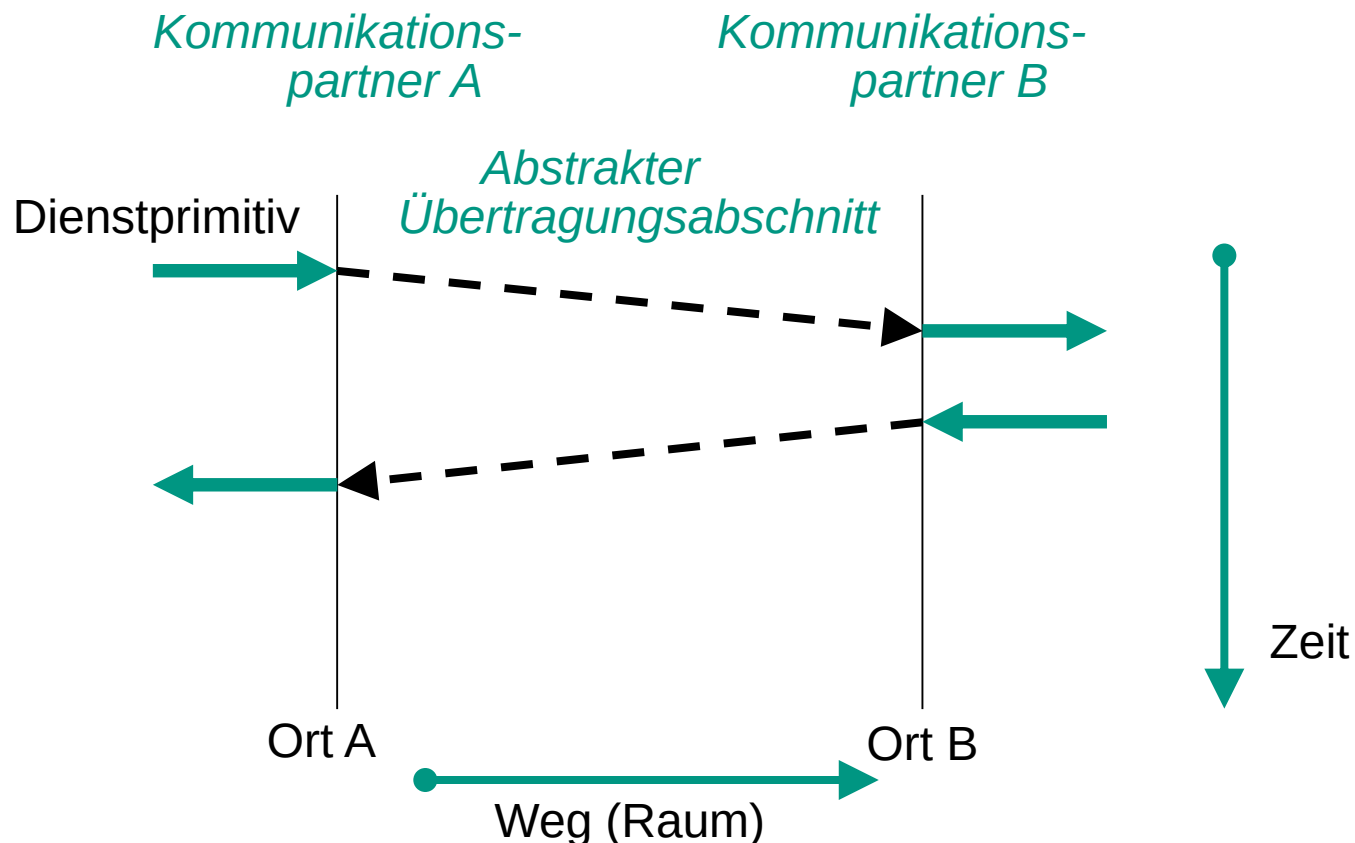
■ Bestätigter Dienst



- Aufgabe
 - Beschreibung räumlich verteilter Abläufe
 - Grafische Darstellung innerhalb eines 2-Achsen-Koordinatensystems
 - Vertikale Achse: Zeitachse
 - Abstrahiert vom tatsächlichen Zeitpunkt
 - Horizontale Achse: Räumliche Distanz
 - Abstrahiert von der tatsächlichen räumlichen Distanz
- Dargestellter Ablauf
 - Menge von Schnittstellenereignissen (Dienstprimitiven)
 - Aufgetragen nach Ort und relativem Zeitpunkt
- Darstellung von Alternativen
 - In Weg-Zeit-Diagrammen unübersichtlich
 - Je Sachverhalt separates Diagramm

Einschub: Weg-Zeit-Diagramme

- Beschreibungsmethode zur Darstellung von Abläufen in Kommunikationssystemen
 - Vorwiegend für einfachere Sachverhalte geeignet



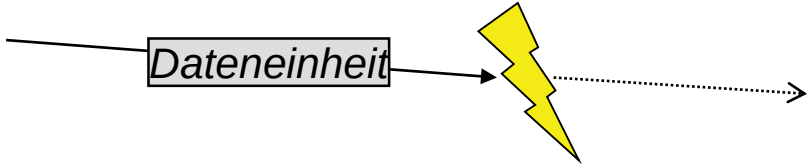
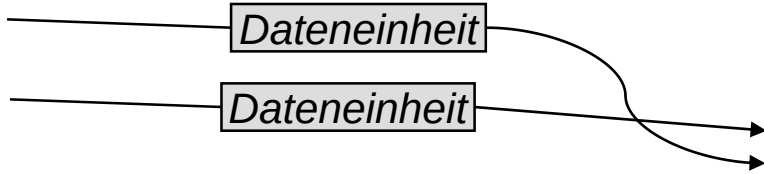
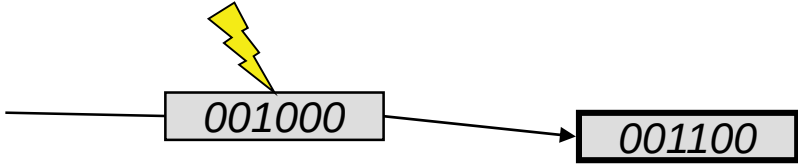
2.3.5 Bewertung von Diensten: Dienstqualität

- Nicht nur Funktionalität, sondern auch Qualitätsparameter sind maßgeblich für Kommunikationsdienste
 - Dienstqualität (engl. Quality-of-Service, QoS)
- Qualitätsparameter lassen sich grob fünf Hauptaspekten zuordnen
 - Angemessenheit
 - Eignung des Dienstes für das vorgesehene Einsatzgebiet
 - Technische Leistung
 - z.B. Laufzeit, Antwortzeit, Datenrate
 - Zuverlässigkeit
 - Erkennen von und reagieren auf störende Einflüsse
 - Sicherheit
 - Erkennen von und reagieren auf bewusste Eingriffe
 - Kosten
 - Investitions- und Betriebskosten zur Erbringung des Dienstes

Zuverlässigkeit

■ „Was kommt beim Empfänger an?“

- ... unterwegs kann eine ganze Menge passieren, z.B.

	Verlust
	Duplizierung
	Reihenfolge- vertauschung
	Verfälschung

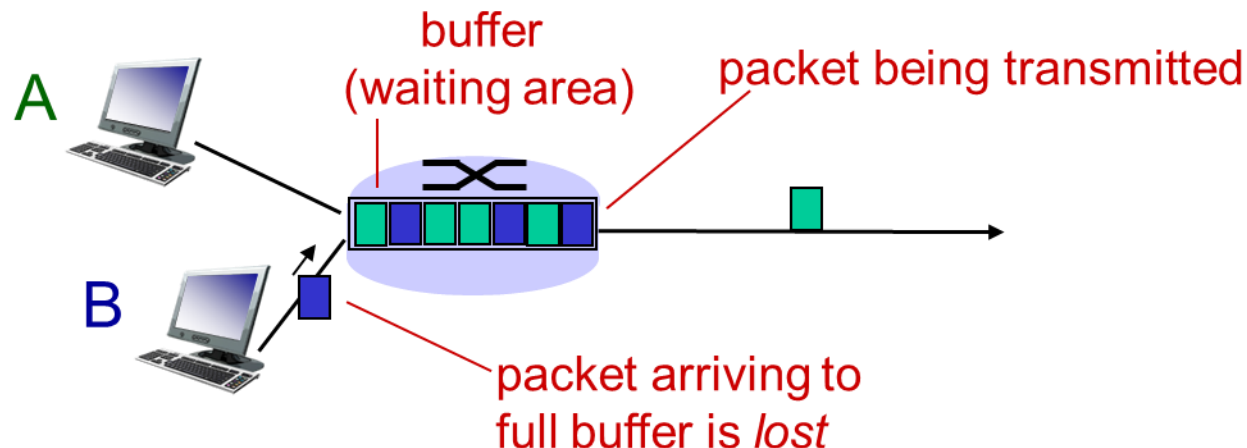
■ Wie erkennen? Wie darauf reagieren?

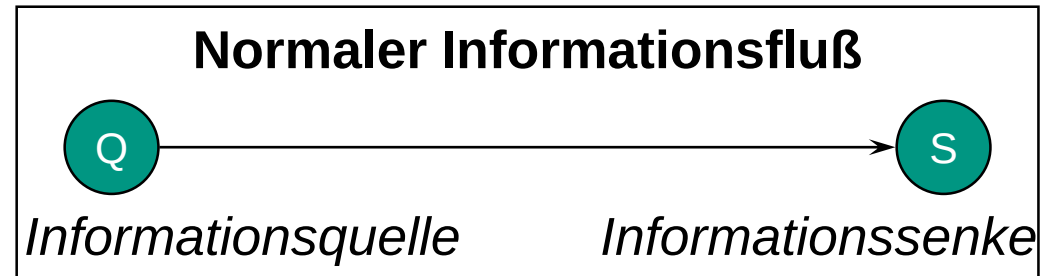
- ... verhindern lassen sich diese Probleme nicht!

Wie kommt es zu Paketverlusten?

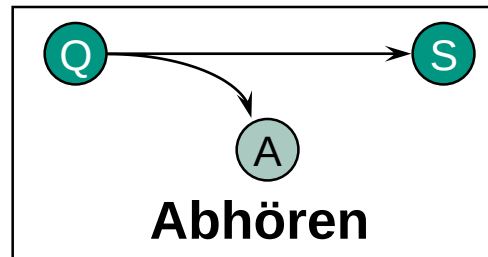
- Nachrichten der Anwendungen werden (im Internet) im sendenden Endsystem in kleinere Pakete (Dateneinheiten) aufgebrochen
- Pakete werden nacheinander in das Zugangsnetz gesendet
 - Pakete werden über Switches und Router zum Zielsystem weitergeleitet
 - Pakete werden dort in Warteschlangen (Puffern) zwischengespeichert
 - Ist die Warteschlange voll, so können keine neuen Pakete aufgenommen werden. Es kommt zum Verlust von Paketen.
 - Die verlorenen Pakete werden eventuell wiederholt gesendet (vom vorhergehenden System, von der Quelle)

■ Situation

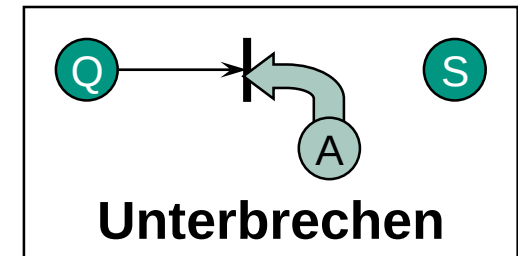
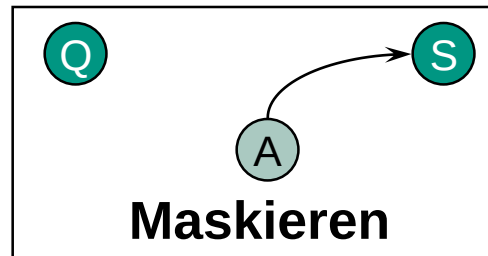
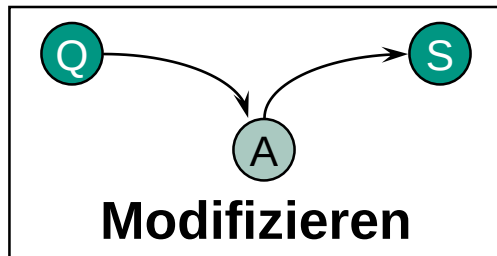




Passiv:



Aktiv:



- Schutzmaßnahmen → Kapitel 9
 - Verschlüsselung (kryptographische Codes)
 - Authentifizierung, Autorisierung, ...
 - ...

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Motivation
2. Modelle und Architekturen
3. Protokolle und Dienste
4. Zusammenfassung

2.4 Zusammenfassung

- Schichtenarchitektur als Modell für Kommunikationssysteme
 - **OSI-Referenzmodell**
 - gutes theoretisches Modell, aber (heutzutage) geringe Relevanz in Systemen
 - Inhaltliche Einführung der 7 OSI-Schichten
 - **Internet-Referenzmodell**
 - Keine Berücksichtigung von Sitzungs- und Darstellungsschichten
 - ... Aufgaben müssen von Anwendungen übernommen werden
- Grundlegende Begriffe und Methoden
 - **Dienst**, Dienstzugangspunkt, **Protokoll**
 - Dienstformen, Dienstprimitive, Datenkapselung, etc.
- *... abstraktes Thema aber wichtig für das grundlegende Verständnis*
 - Ordnen Sie immer wieder die Problemstellungen, Protokolle und Technologien in das OSI-Referenzmodell ein!
 - Dient als Strukturierungsmerkmal (auch in der Vorlesung)



... und so geht es weiter in der Vorlesung

■ Vorgehensweise: Bottom-up

- Wir besprechen die einzelnen Schichten **von unten nach oben**
- Wir besprechen erst einfache Aufgaben und setzen daraus dann schrittweise ein größeres Netz zusammen
- Komplexere (aber aus dem täglichen Leben bekannte) **Anwendungsbeispiele** sowie Betrachtungen zur **Netzicherheit** schließen die Vorlesung ab
- Wir orientieren uns am **OSI-Referenzmodell**



Übungen



- 2.1 Erläutern sie das Grundmodell der Kommunikation
- 2.2 Wie unterscheiden sich abstrakter und physikalischer Übertragungsabschnitt?
- 2.3 Was sind die Vorteile einer geschichteten Architektur?
- 2.4 Welcher Nachteil kann sich aus einer „zu feinen“ Schichtung und den daraus resultierenden (zu) zahlreichen Schichten ergeben?
- 2.5 Erläutern sie das OSI-Referenzmodell und die Aufgaben der einzelnen Schichten
- 2.6 Vergleichen Sie das OSI-Referenzmodell mit dem des Internets
- 2.7 Welche Grundformen von Diensten kennen sie und worin unterscheiden sie sich?
- 2.8 Welche Aufgabe haben Weg-Zeit-Diagramme?
- 2.9 Stellen sie Abläufe aus ihrem täglichen Leben als Weg-Zeit-Diagramme dar
- 2.10 Was sind „Protokollinstanzen“?
- 2.11 Was wird unter „vertikaler“ und „horizontaler Kommunikation“ verstanden?
- 2.12 Was sind (N)-PDUs, wer tauscht diese miteinander aus und wie setzen sie sich zusammen?
- 2.13 Wie kann es zu Paketverlusten im Netz kommen?



- [Clark88] David Clark, [The design philosophy of the DARPA internet protocols](#), SIGCOMM '88: Symposium proceedings on Communications architectures and protocols, 1988, Pages 106-114, ACM, DOI:10.1145/52324.52336
- Über Design-Grundsätze des Internets
- [Clark92] David Clark, [A cloudy crystal ball – Visions of the future](#), Juli 1992, <http://www.ietf.org/old/2009/proceedings/prior29/IETF24.pdf>
- [Clark05] David Clark, [What is “Architecture”?](#), V4.0 of 28 November 2005, http://find.isi.edu/presentation_files/Dave_Clark-What_is_architecture_4.pdf
- Überlegungen aus dem Kontext der FIND-Initiative über zukünftige Architekturen
- [Day95] John Day, [The \(un\)revised OSI reference model](#), SIGCOMM Comput. Commun. Rev., Vol. 25, No. 5, 1995, Pages 39-55, ACM, DOI:10.1145/216701.216704
- Über die Revision des OSI-Modells und das OSI-Modell allgemein
- [KuRo12] James Kurose, Keith Ross, [Computer Networking](#), 6/e, Pearson, ISBN: 0273768964, 2012
- Kapitel 1

- [Russ06] Andrew Russell, [Rough Consensus and Running Code and the Internet-OSI Standards War](#), IEEE Ann. Hist. Comput., Vol. 28, No. 3, 2006, Pages 48-61, DOI:10.1109/MAHC.2006.42
- Historische Betrachtung der OSI- und Internet-Modelle und Protokolle
- [Zimm80] H. Zimmermann; [OSI Reference Model – The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection](#); IEEE Transactions on Communications, Vol. 28, No. 4, April, 1980
- Klassiker zum Thema OSI-Referenzmodell