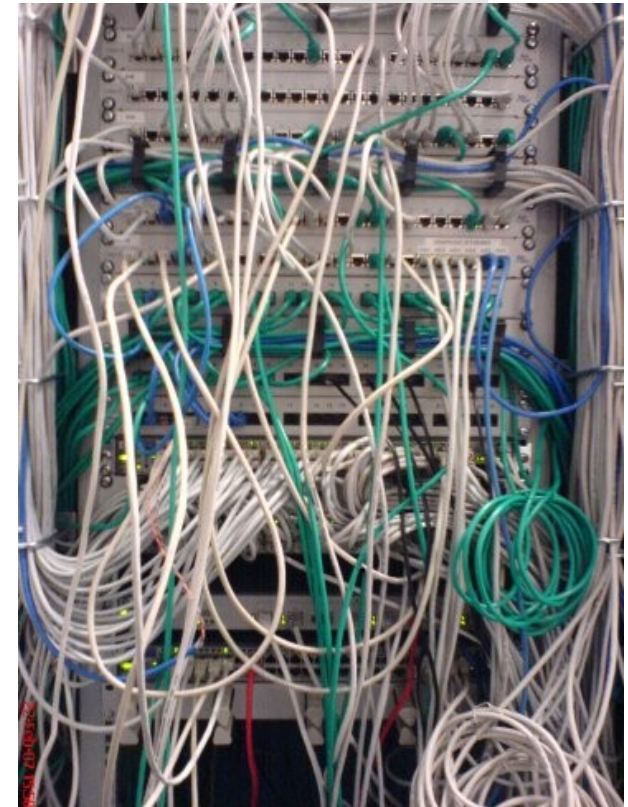
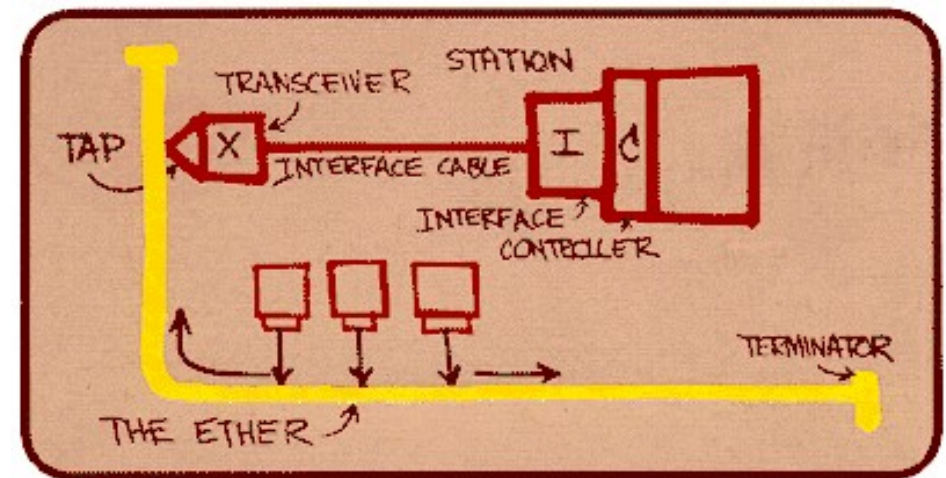


Einführung

- Geschichte
- Grundbegriffe
- OSI-Schichtenmodell



- um 1965 erste regionale Netze
Anschluss von Terminals an Großrechner über Telefon in den USA
- 1969 ARPA-Net (Advanced Research Projects Agency), Kommunikation zwischen Großrechnern mittels Paketvermittlung vom Pentagon (USA), Minirechner als Vermittlungsstationen, (56 kbps). Wurzeln des Internet!
- um 1971 erste "Digitalnetze" (Wide Area Networks, WAN); Zugang zu Großrechnern; ALOHA-Netz, Universität Hawaii, erstes Paketfunknetz
- 1971 erster Mikroprozessor von INTEL
- 1972 erste e-Mail verschickt
- 1973 **ETHERNET** mit Koaxialkabel von XEROX
- 1974 **CAMBRIDGE-Ring**, Universität Cambridge

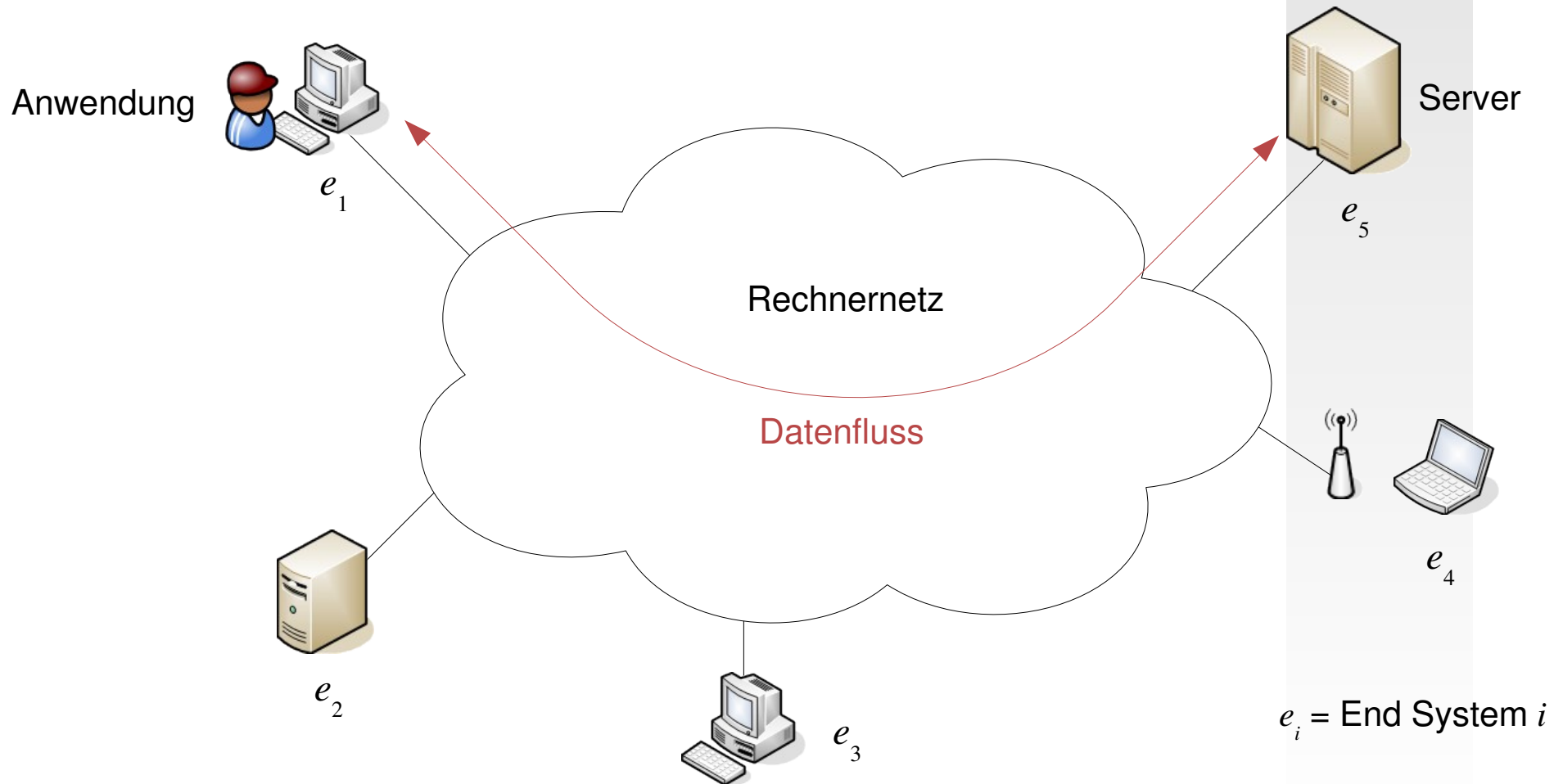


Robert M. Metcalfe and David R. Boggs. *Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks*. Association for Computing Machinery, Vol 19/No 7, July 1976.

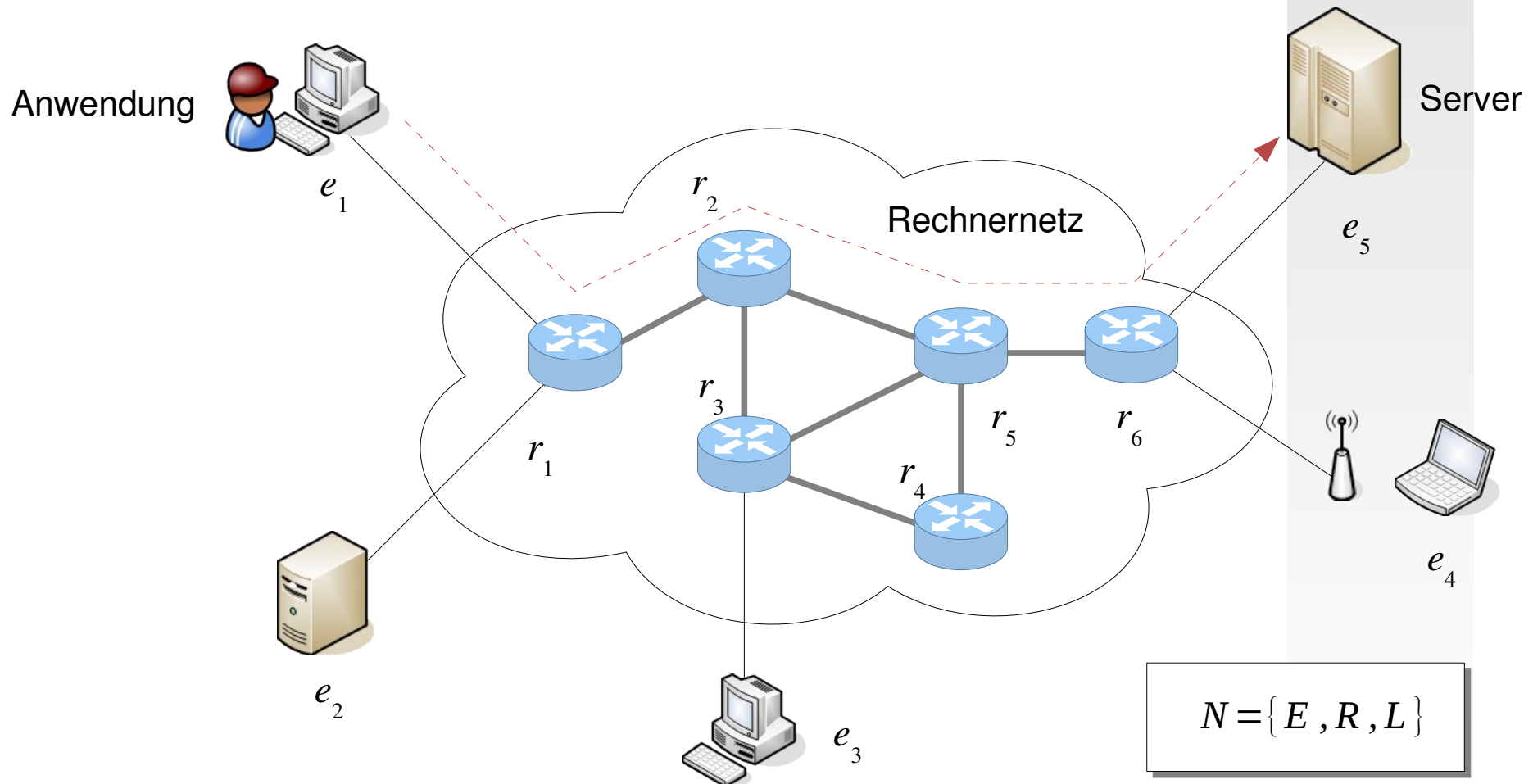
- 1974 SNA (System Network Architecture); Vernetzung der IBM-Hosts
- 1977 ARCNET von Datapoint
- 1982 NOVELL NetWare; Netzwerkbetriebssystem von NOVELL
- 1983 **Standard für TCP/IP (IPv4) verabschiedet, 562 Hosts 08/1983**
OSI-Referenzmodell der ISO (OSI: Open Systems Interconnection)
- 1985 TOKEN-Ring von IBM (4 Mbit/s)
- 1988 TOKEN-Ring von IBM (16 Mbit/s)
- ab 1990 schneller Ausbau des Internets IPv4, 625.226.456 Hosts 01/2009
- 1991 **World Wide Web (WWW); FDDI-Netz**
- 1993 ATM-Netze
- ab 1994- Verbreitung von Fast-Ethernet und Switching-Techniken
- 1994 - 2000 Schneller Ausbau von WAN auf der Basis von SDH
- 1996 **Standard für IPv6 verabschiedet, sehr langsame Umsetzung**
- 1998 Gigabit-Ethernet
- ab 2002 Ausbau drahtloser Rechnernetze (WLAN, WiMax, per Richtfunk)
- ab 2002 10-Gigabit Ethernet

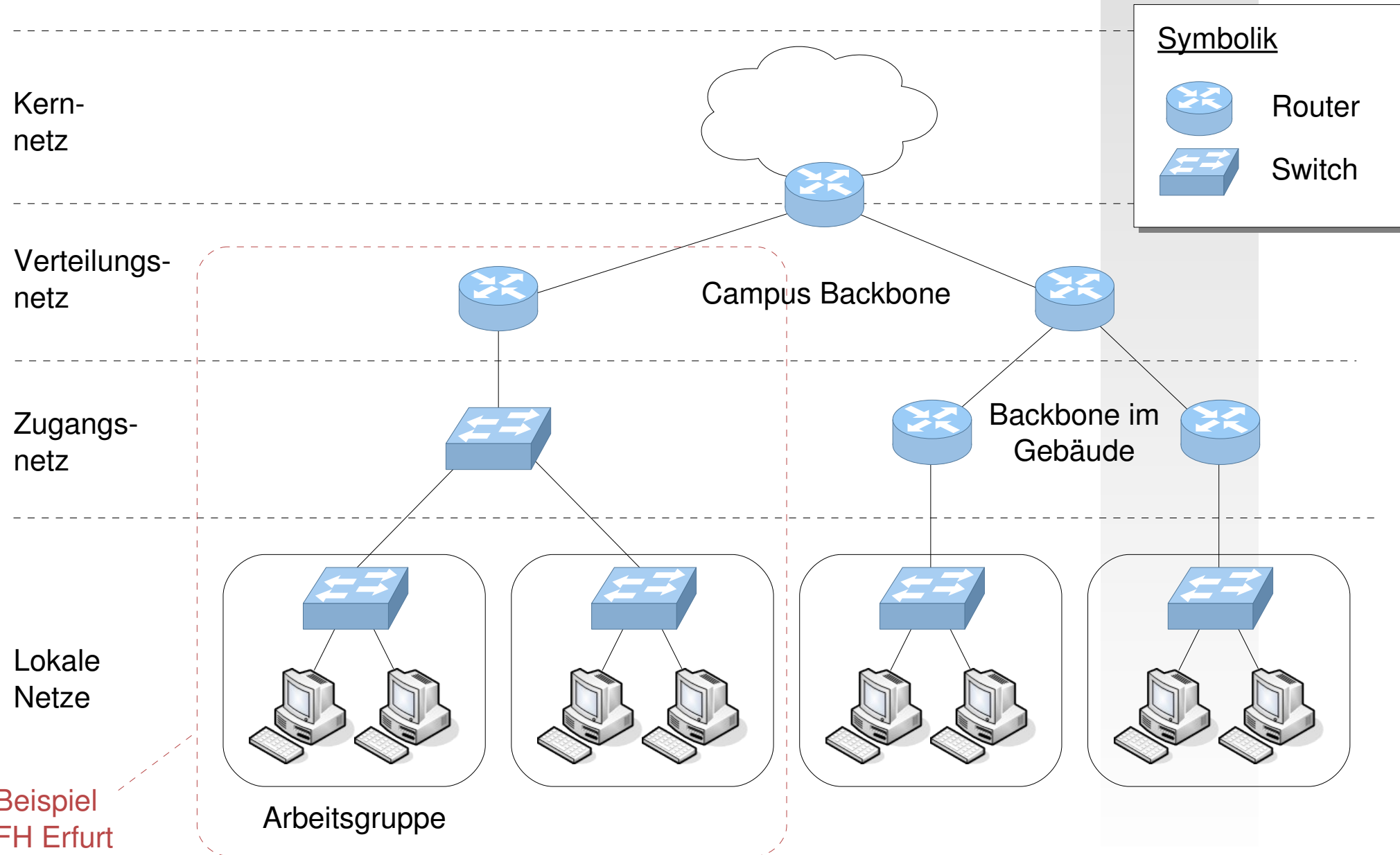
□ Definition:

Ein **Rechnernetz** N verbindet eine Menge unabhängiger Computer (Hosts) $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$, zum Zwecke des Kommunikation (**Datenaustausches**).

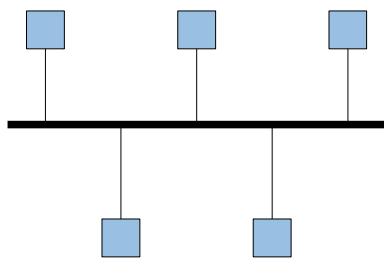


- Rechnernetz besteht aus
 - Nodes (Knoten): **Hosts** E (Endsysteme) und **Zwischensysteme** R (Router)
 - **Links** L (Verbindungen): drahtgebunden oder drahtlos

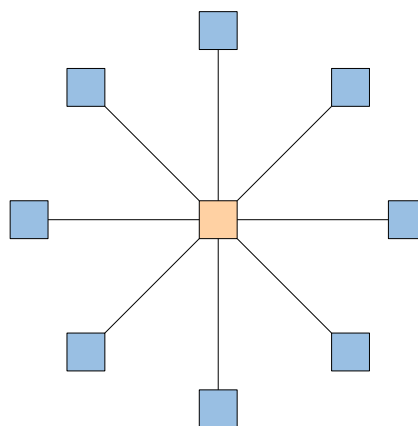




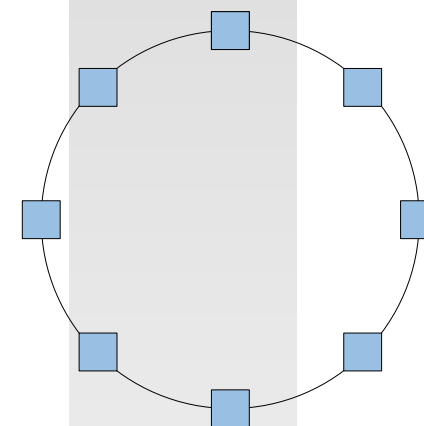
□ regelmäßig



Bus (dezentrale Steuerung)

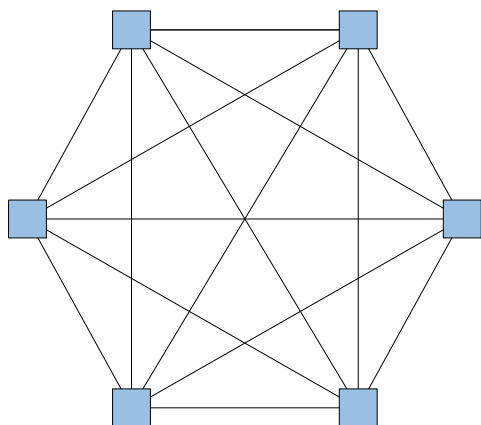


Stern

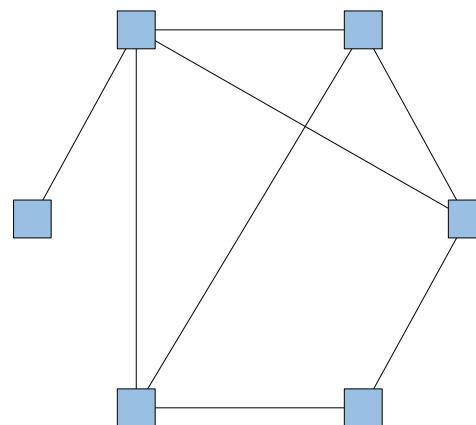


Ring

□ unregelmäßig



vollvermascht

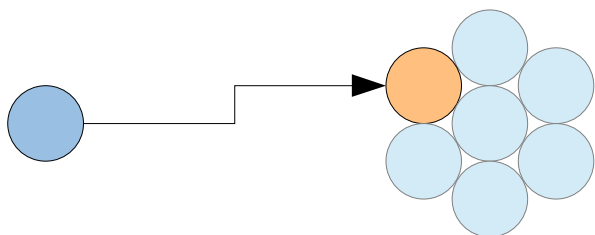


vollvermascht

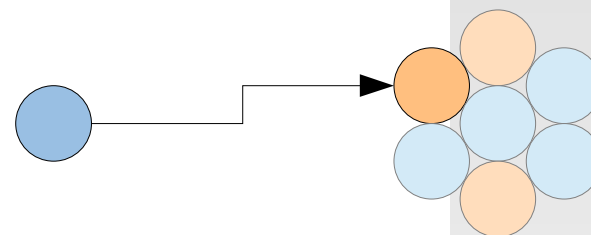


direkt

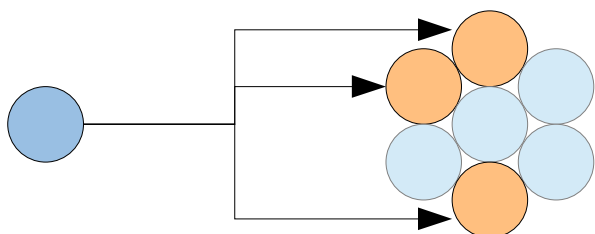
□ Unicast (1:1)



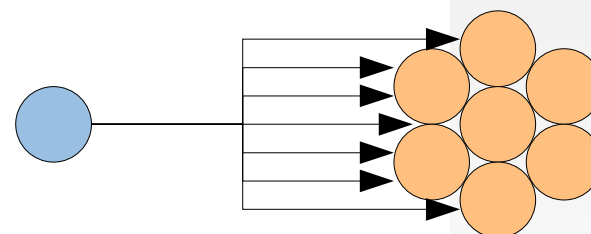
□ Anycast (1:any)



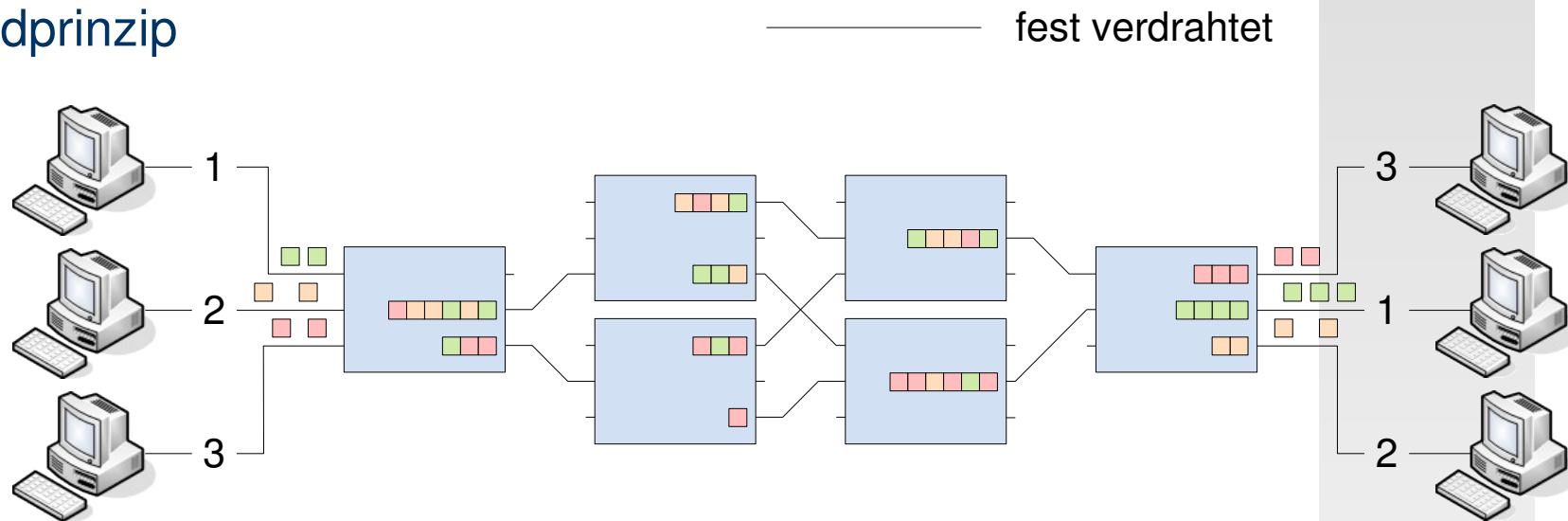
□ Multicast (1:n)



□ Broadcast (1:all)



□ Grundprinzip



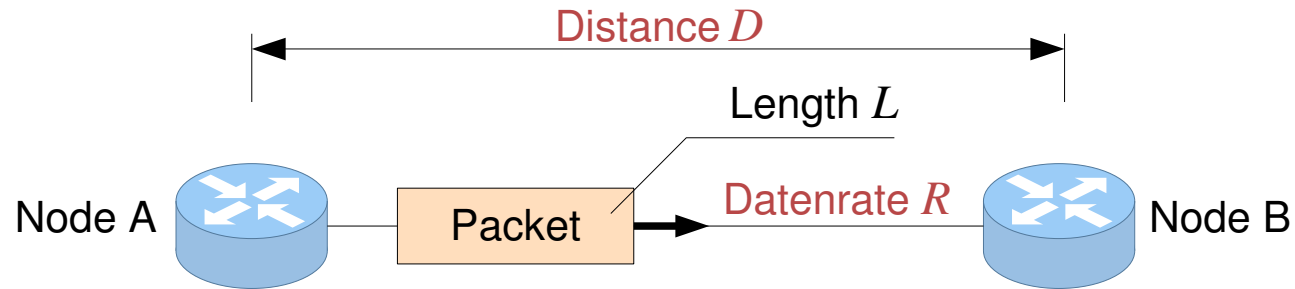
- Daten in kleinen Einheiten übertragen (**Pakete**)
- Pakete **unabhängig** voneinander im Netz transportiert

Prinzip der Paketvermittlung

□ Eigenschaften

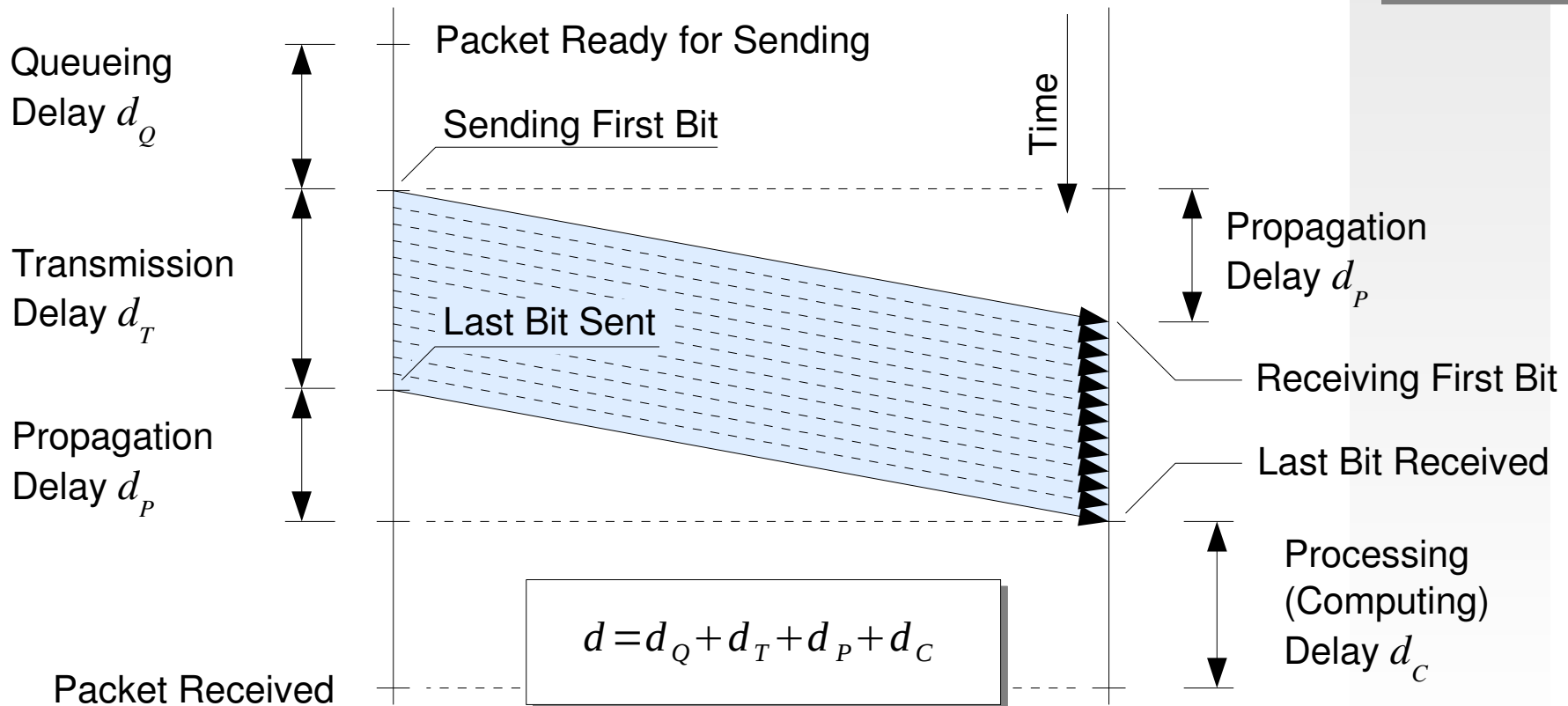
- unterschiedliche Wege und damit unterschiedliche **Verzögerungen** möglich
- Reihenfolge Pakete auf physikalischer Leitung nicht fest
- mehrere Paketströme teilen sich Ressourcen (statistisches Multiplexing)
- Nutzung Warteschlangen in Zwischenknoten bei belegten Ressourcen

- Verzögerung d eines Paketes auf einer Verbindung (Link)

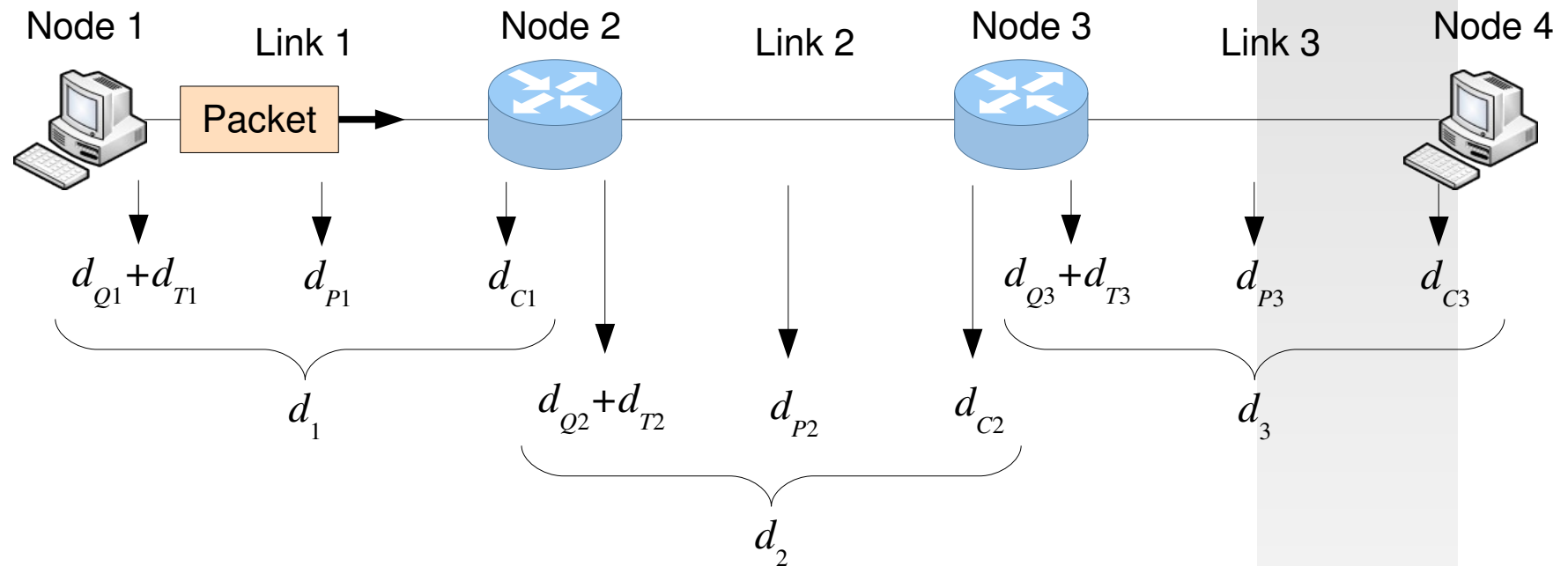


$$d_T = \frac{L}{R} \quad [s]$$

$$d_P = \frac{D}{k \cdot c} \quad [s]$$



- Beispiel: 2 Zwischensysteme und 3 Verbindungen



- Gesamtverzögerung über mehrere Zwischensysteme/Verbindungen hinweg

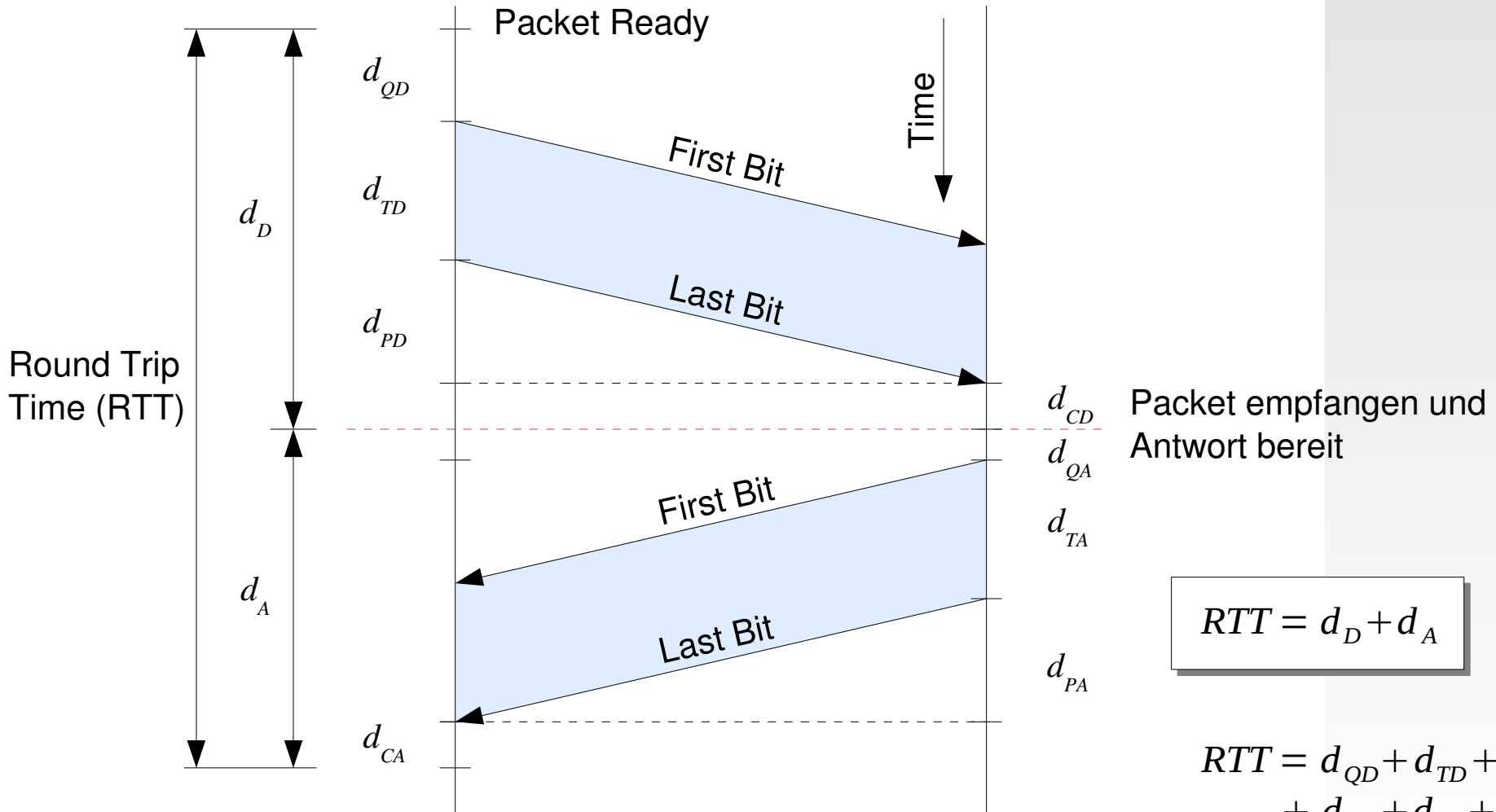
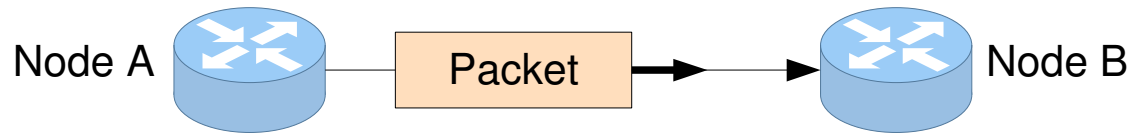
$$d = \sum_{i=1}^m d_i = \sum_{i=1}^m d_{Qi} + d_{Ti} + d_{Pi} + d_{Ci}$$

m - Anzahl der Links

- wenn jeweiligen Einzelverzögerungen **konstant!**

$$d = m \cdot (d_{Qi} + d_{Ti} + d_{Pi} + d_{Ci})$$

Verzögerung: Round Trip Time (RTT)



□ Verzögerungs-Bandbreitenprodukt einer Verbindung

- Datenmenge, die eine Verbindung aufnimmt, bevor das erste Bit empfangen wird
- Produkt aus Ausbreitungsverzögerung und Übertragungsrate

$$C = d_p \cdot R = \frac{D}{k \cdot c} R \quad [\text{bit}]$$

C - Verzögerungs-Bandbreitenprodukt

D - Distance

c - Lichtgeschwindigkeit

k - Verkürzungsfaktor

R - Datenrate = Bandbreite

□ Durchsatz (engl. Throughput)

- übertragene Datenmenge je Zeiteinheit

$$T = \frac{S}{d} \quad [\text{bit/s}]$$

T - Throughput

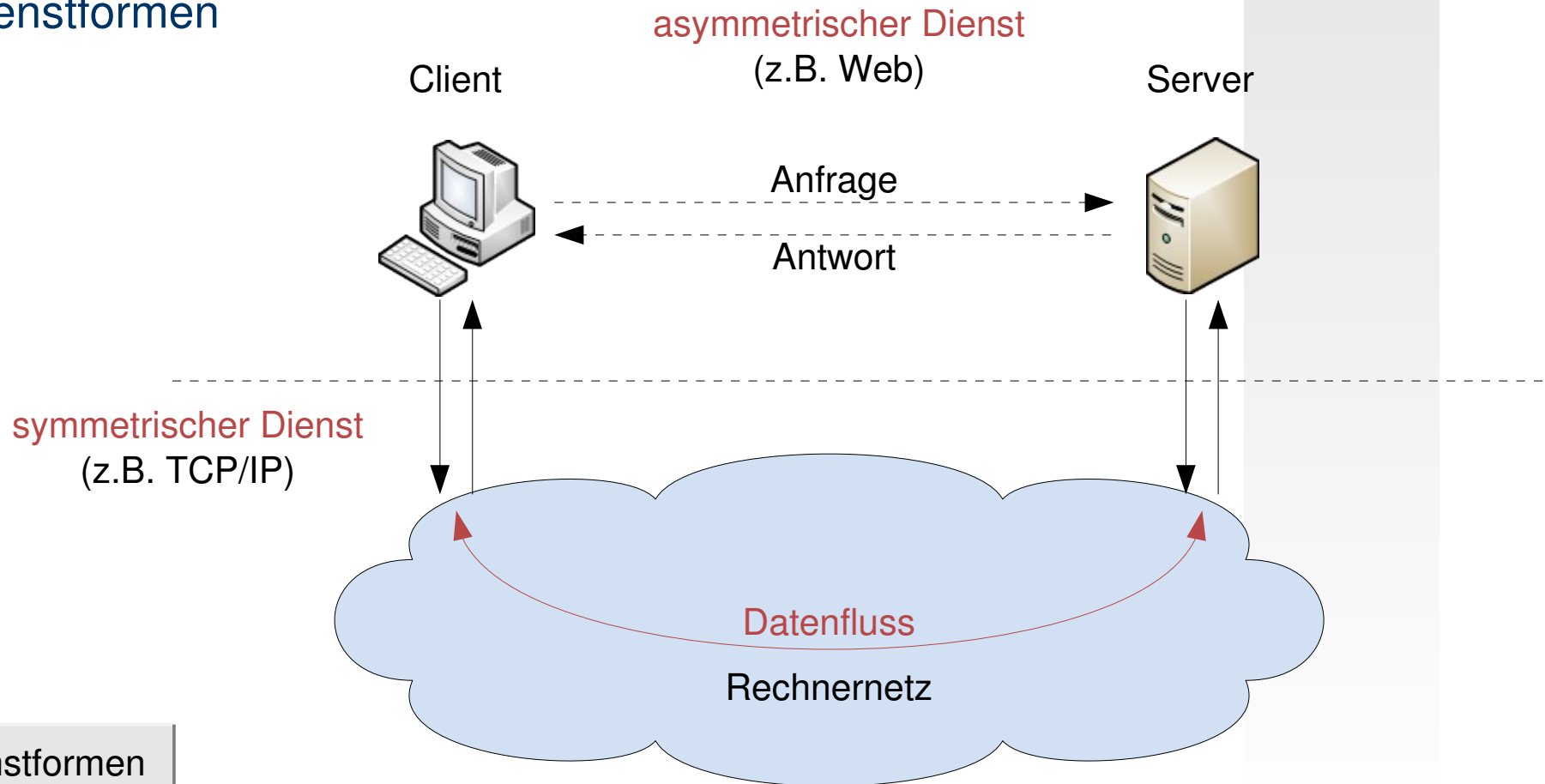
S - Data size

d - Overall Transmission Time

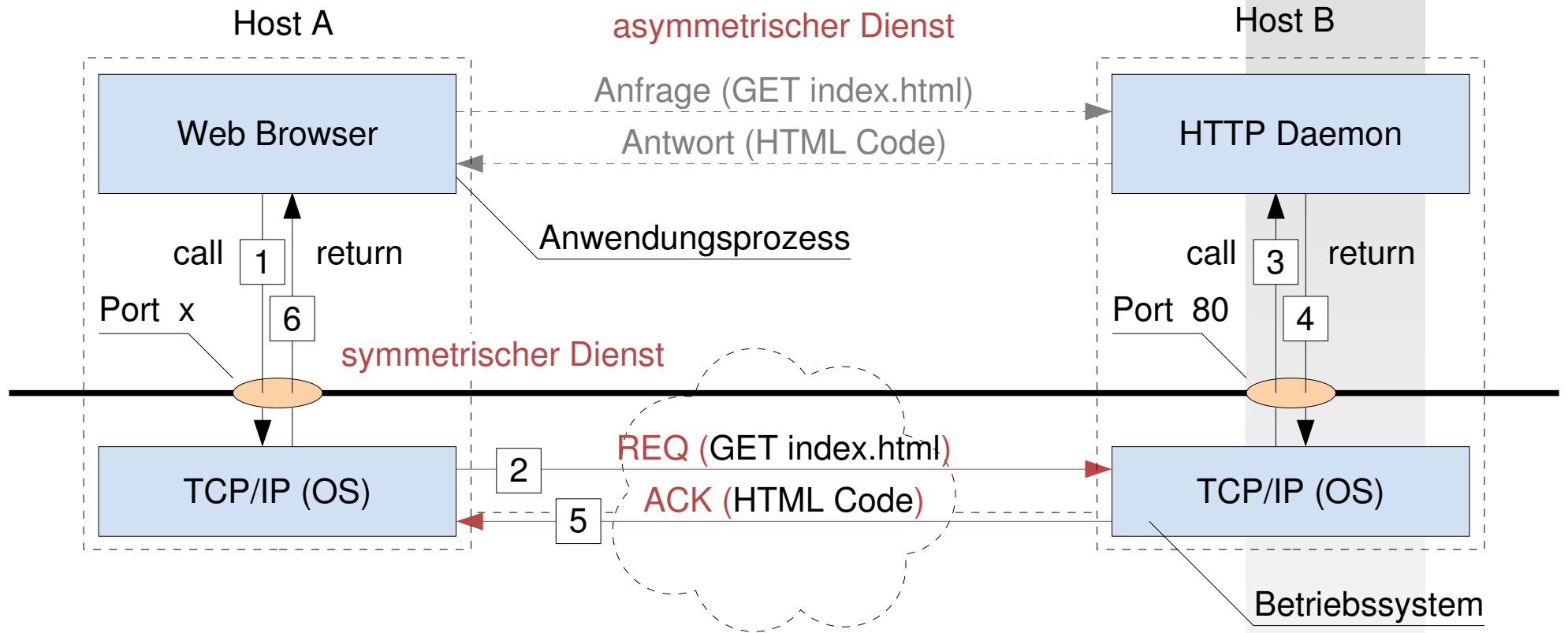
- abhängig vom gewählten Übertragungsverfahren
- im Idealfall entspricht dieser der Übertragungsrate der Verbindung

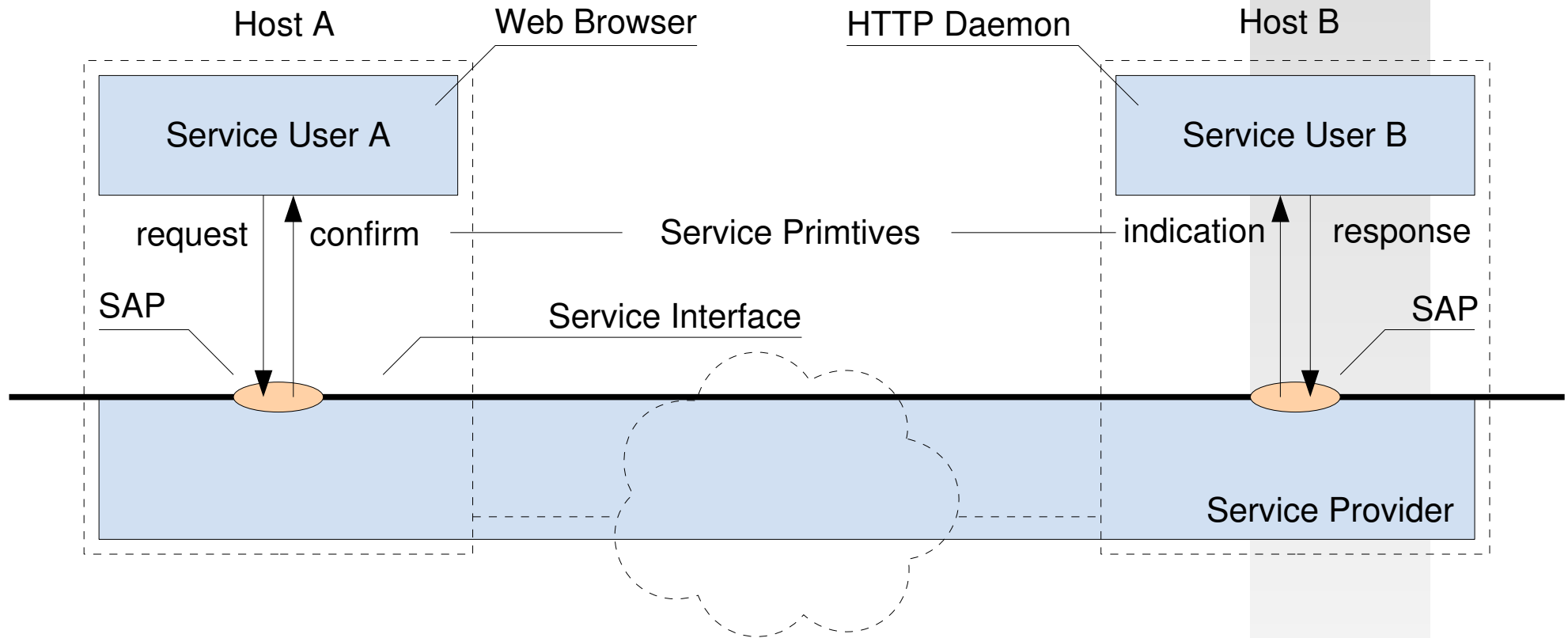
- Definition: **Dienst** ist
 - Funktion bzw. Fähigkeit eines Rechnernetzes
 - zur Unterstützung der Kommunikation und Kooperation zwischen Nutzern

□ Dienstformen



Dienstformen



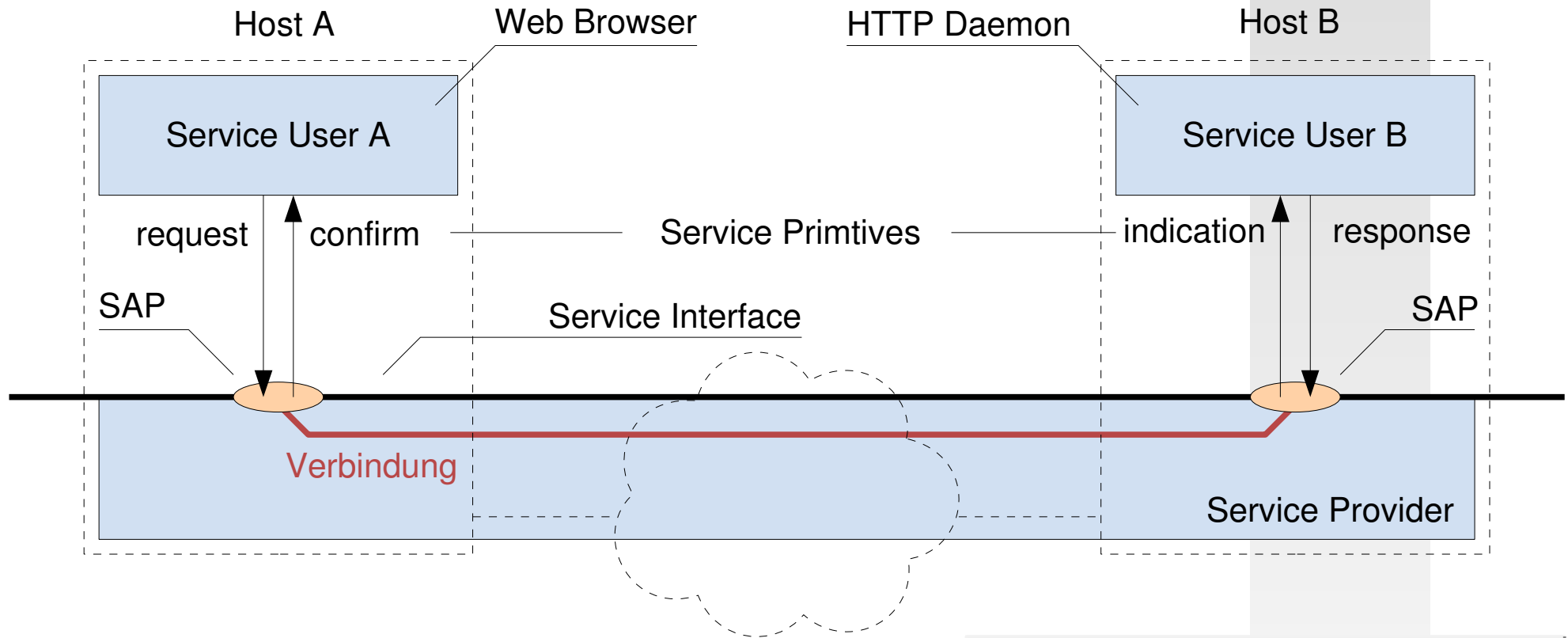


□ Service Access Point (SAP)

- Zugang zu angebotenen Diensten
- nur über diese ist Dienst nutzbar
- besitzen eindeutige Adresse

□ Dienstprimitiven (Service Primitives)

- Darstellung der Wechselwirkung zwischen Dienstanutzer und -erbringer
- besitzen festen syntaktischen Aufbau
SERVIVE.type(parameter)

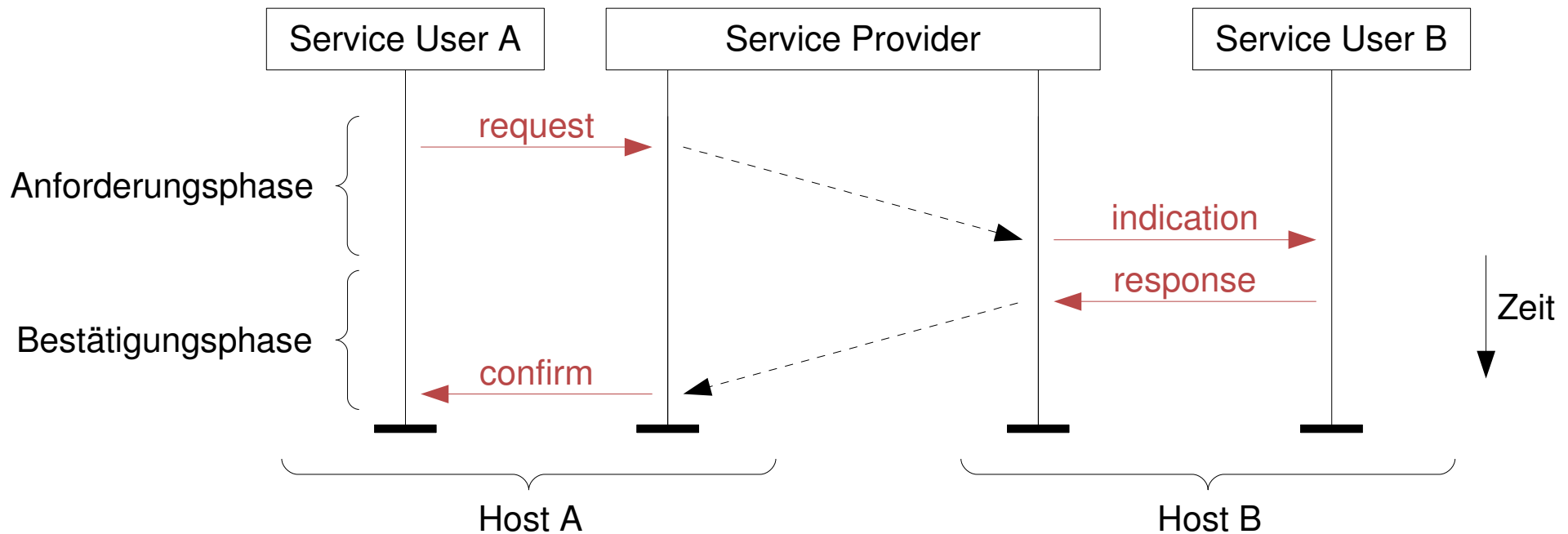


Modell eines Kommunikationsdienstes

□ Verbindung

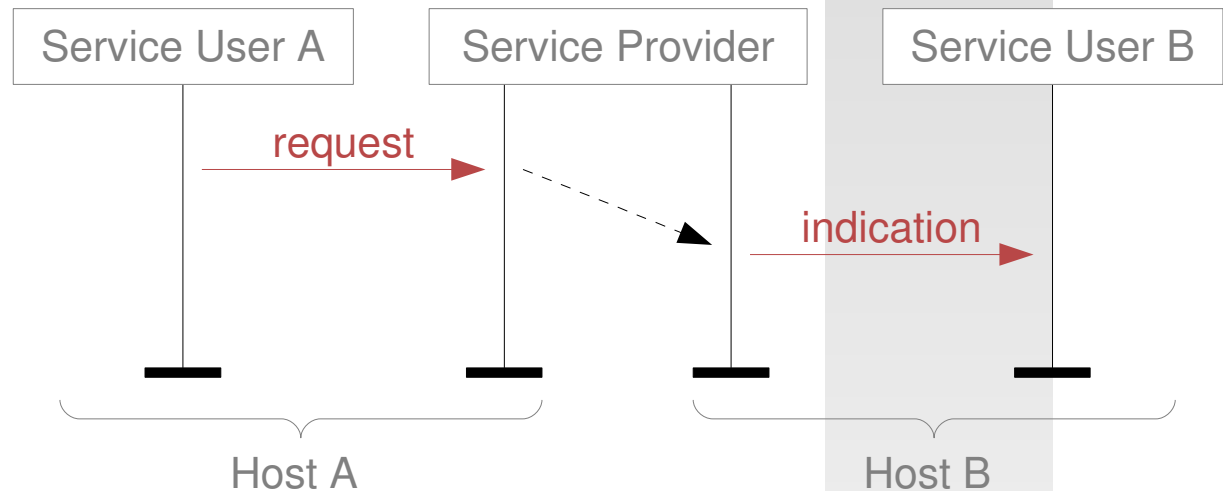
- logische Beziehung zwischen Kommunikationspartnern
- bestimmt ob Dienst verbindungslos oder verbindungsorientiert

- Verwendung von Dienstrip primitiven
 - nicht willkürlich
 - an bestimmten zeitlichen Ablauf gebunden
- Darstellung des Ablaufes im **Zeitablaufdiagramm** (Message Sequence Chart)



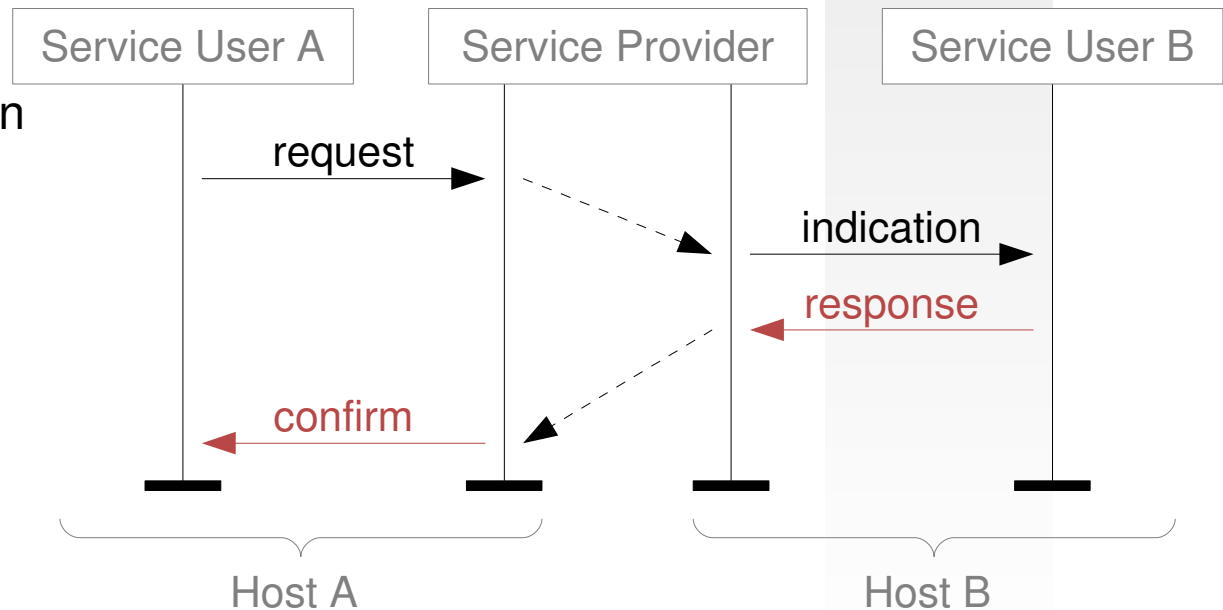
□ unbestätigte Dienste

- Nutzung eines Subsets von Dienstprimitiven
- nur Anforderungsphase
- unzuverlässig



□ bestätigte Dienste

- Nutzung aller Dienstprimitiven
- besteht aus Anforderungs- und Bestätigungsphase
- zuverlässig



□ Verbindungsloser Dienst

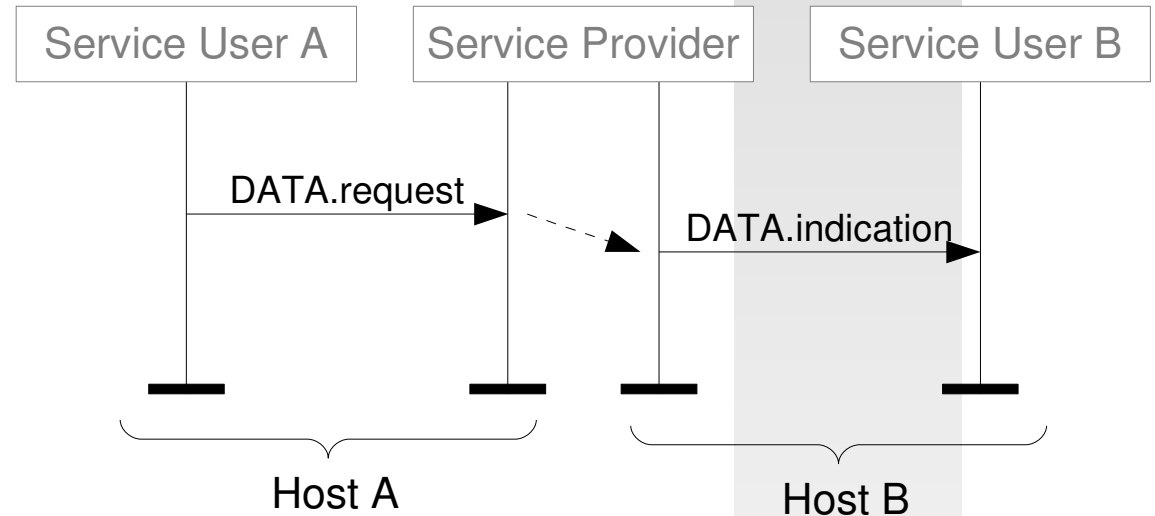
- Datenaustausch ohne Verbindung
- unzuverlässige Übertragung
- Reihenfolge nicht gesichert

□ Nachteile

- Datenverluste müssen durch Dienstanutzer erkannt werden
- komplexere Dienstanutzer
- geringere Abstraktion an der Dienstschnittstelle

□ Vorteil

- weniger Overhead (insbesondere bei geringe Datenmengen)
- geringere Verzögerungen (wichtig für multimediale Daten)



□ Verbindungsorientierter Dienst

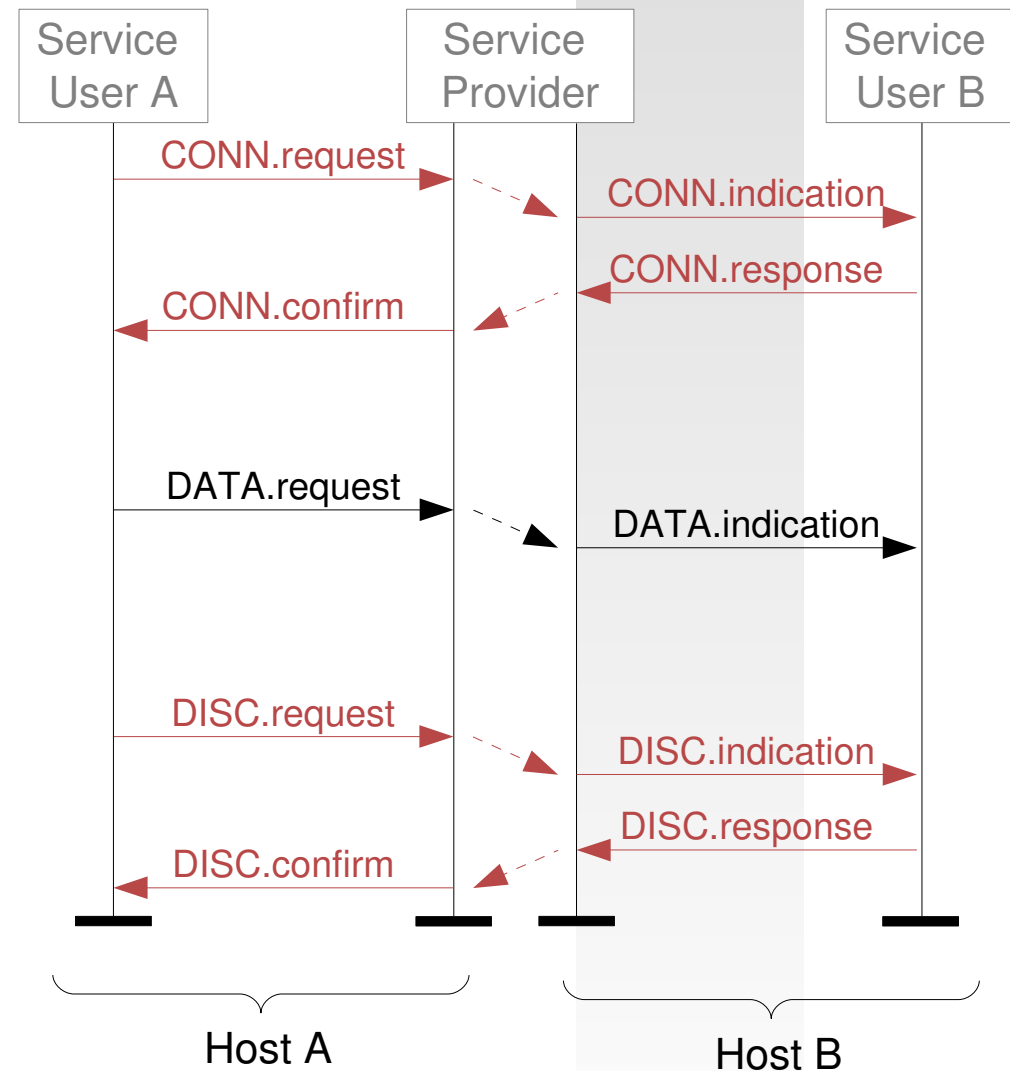
- Datenaustausch über **Verbindung**
- 3 Phasen:
 - Verbindungsaufbau
 - Datenübertragung
 - Verbindungsabbau
- **zuverlässige** Übertragung
- Wahrung der **Reihenfolge**

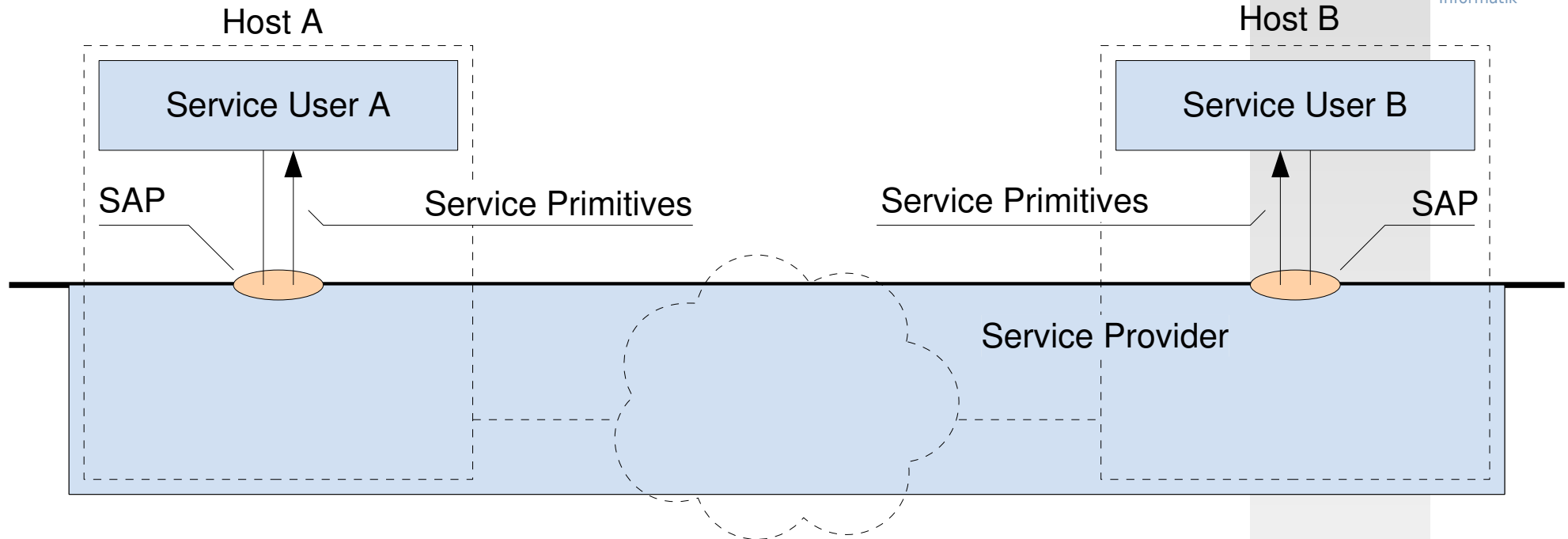
□ Vorteile

- Dienstnutzer einfacher
- Zustandsinformationen implizit gegeben

□ Nachteile

- Mehraufwand (Overhead)
- größere Verzögerung





□ Instanz (Entity)

- aktives Objekt des Dienstbringers
- tauscht Nachricht mit Umgebung aus
- bedient einen oder mehrere SAPs

□ Partnerinstanzen (Peer Entities): an Dienstbringung beteiligte Instanzen

□ Protokoll

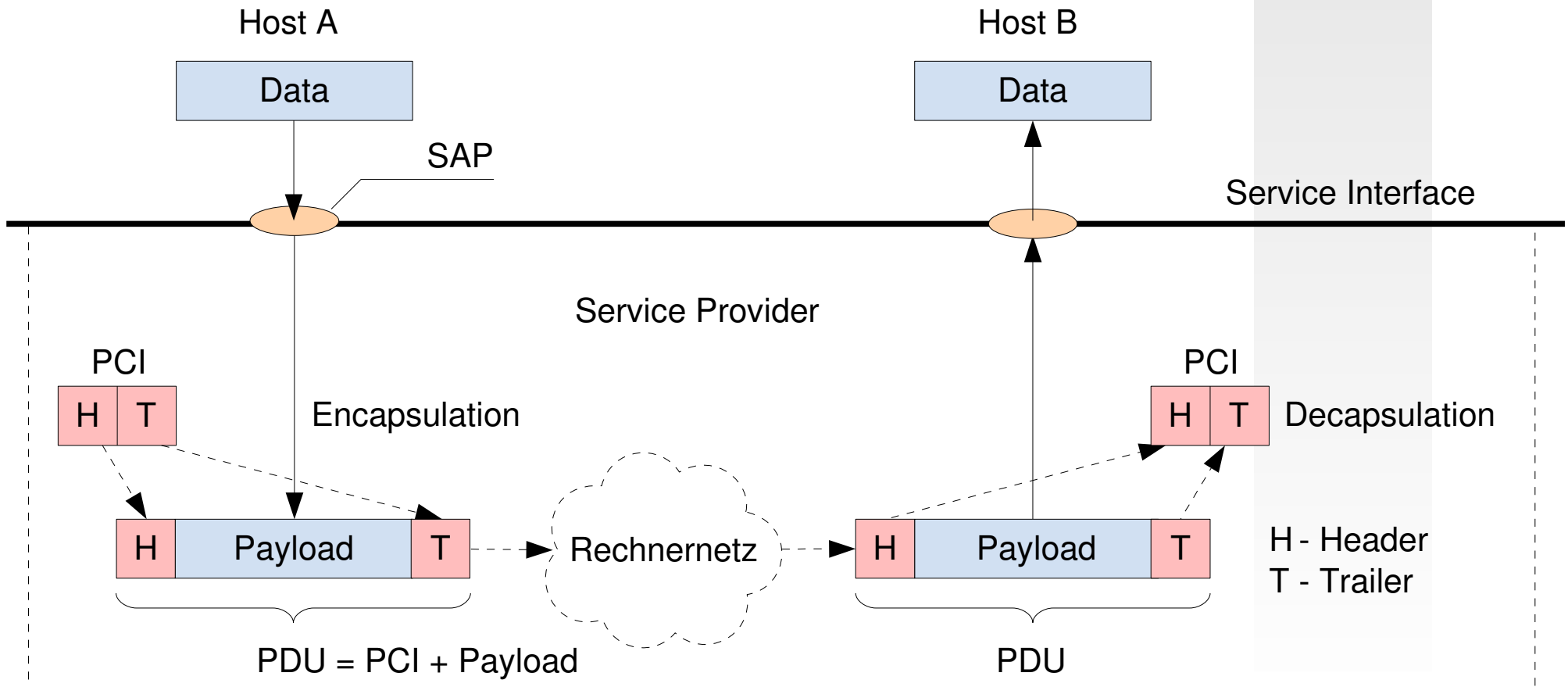
- ist Verhaltenskonvention und definiert
 - Abfolge der Interaktion
 - Format (Syntax und Semantik) der auszutauschenden Dateneinheiten
- nutzt Protokollateneinheiten (PDU - Protocol Data Units)

□ Transparenz:

- Inhalt der übergebenen Dateneinheiten dem Dienstbringer nicht zugänglich
- Dateneinheit wird unverändert zum SAP der Partnerinstanz übertragen

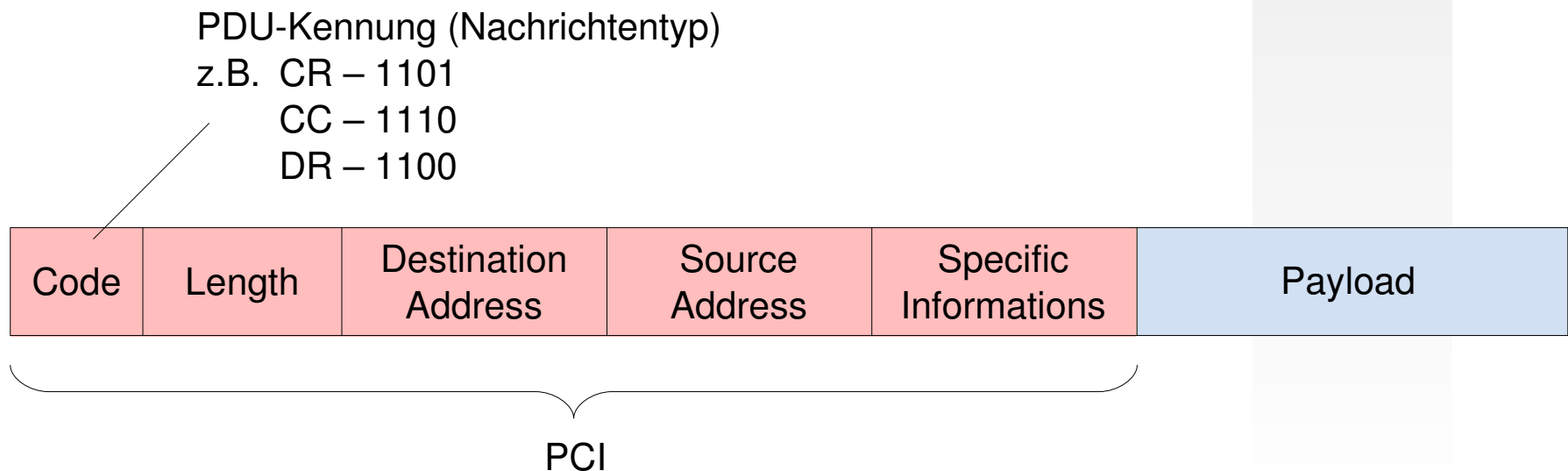
□ Realisierung

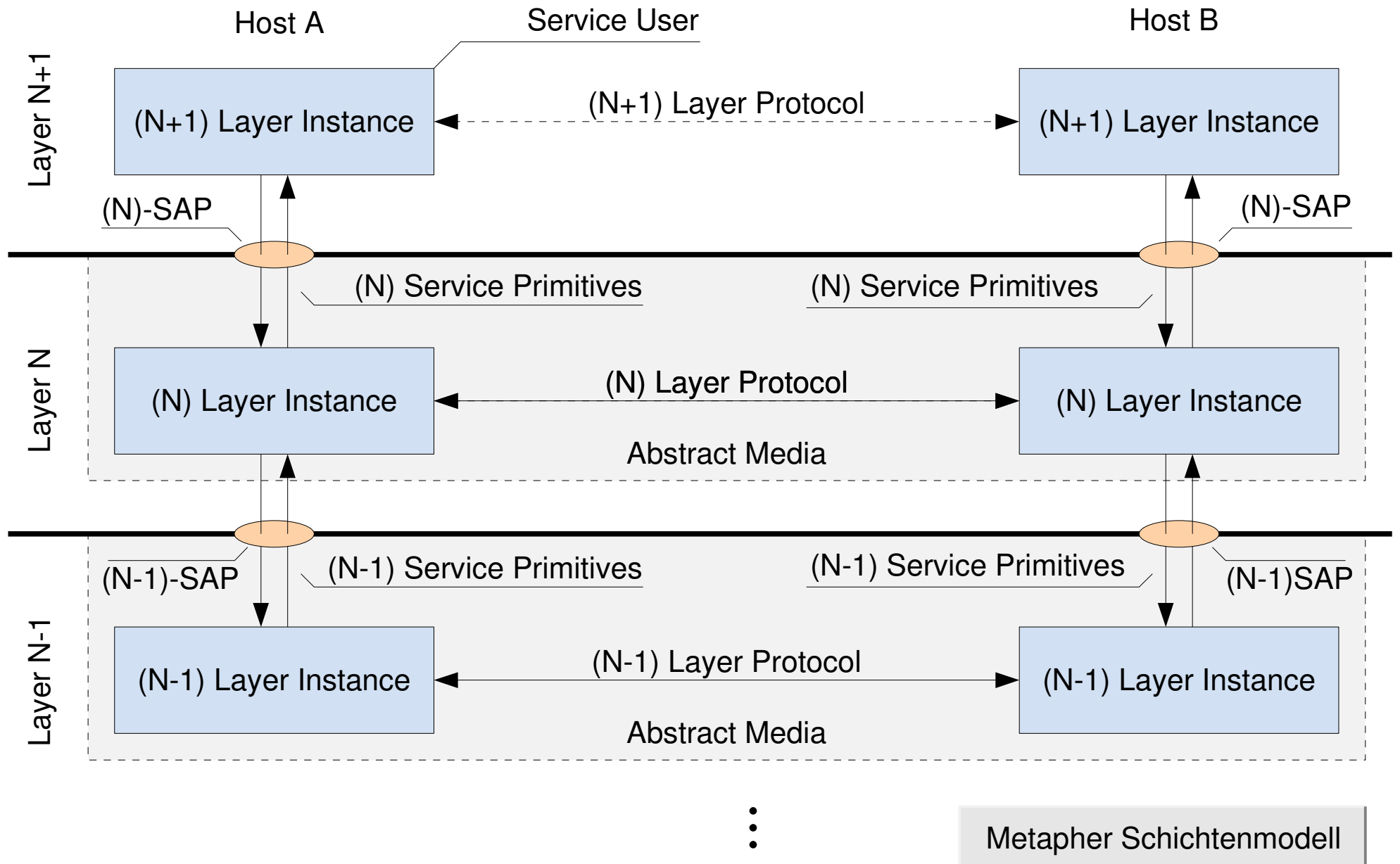
Prinzip der Transparenz



- Protokoll definiert verschiedene PDUs
 - Verbindungsaufbau
 - Datentransfer

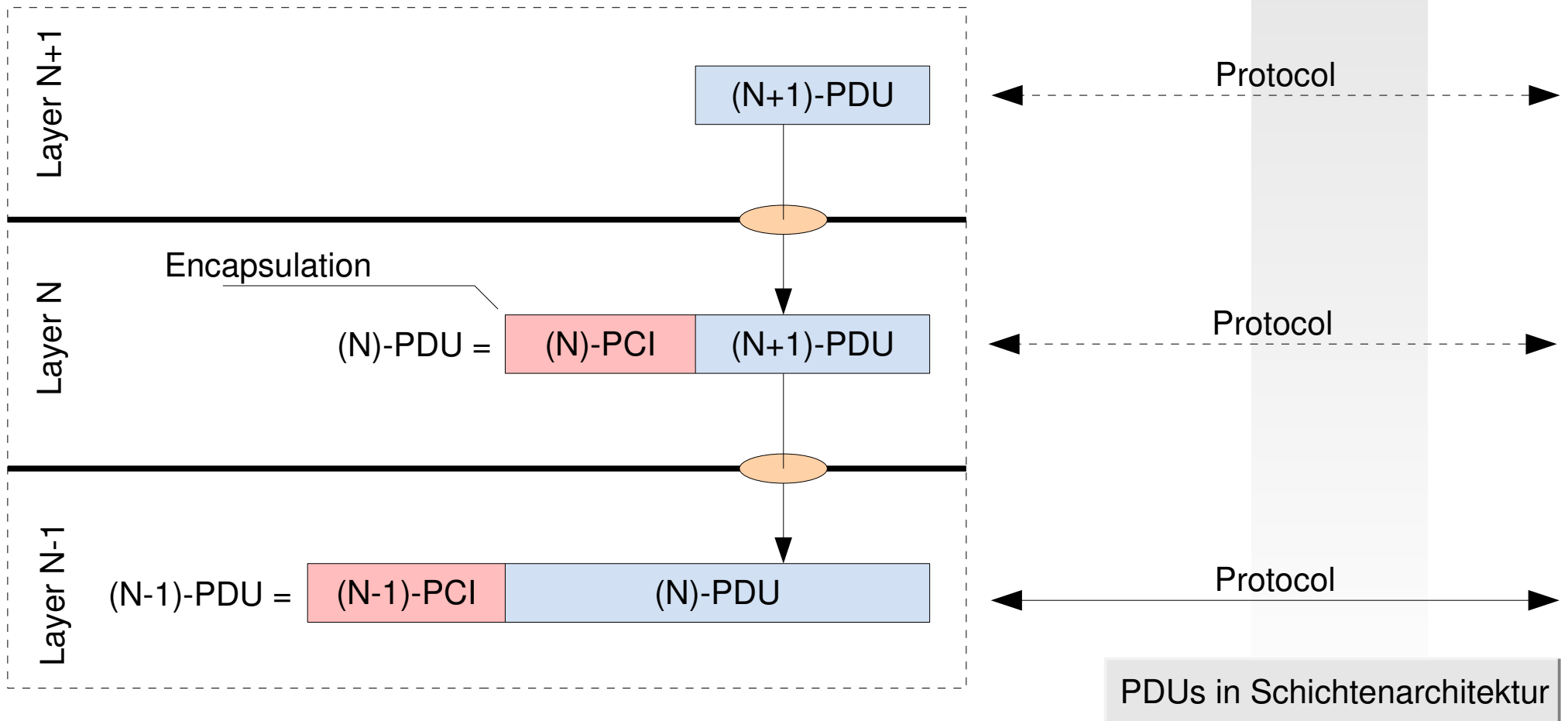
- Aufbau der PDUs
 - ist Partnerinstanzen bekannt
 - bitgenau kodiert
 - eindeutige Interpretation auf verschiedenen Plattformen



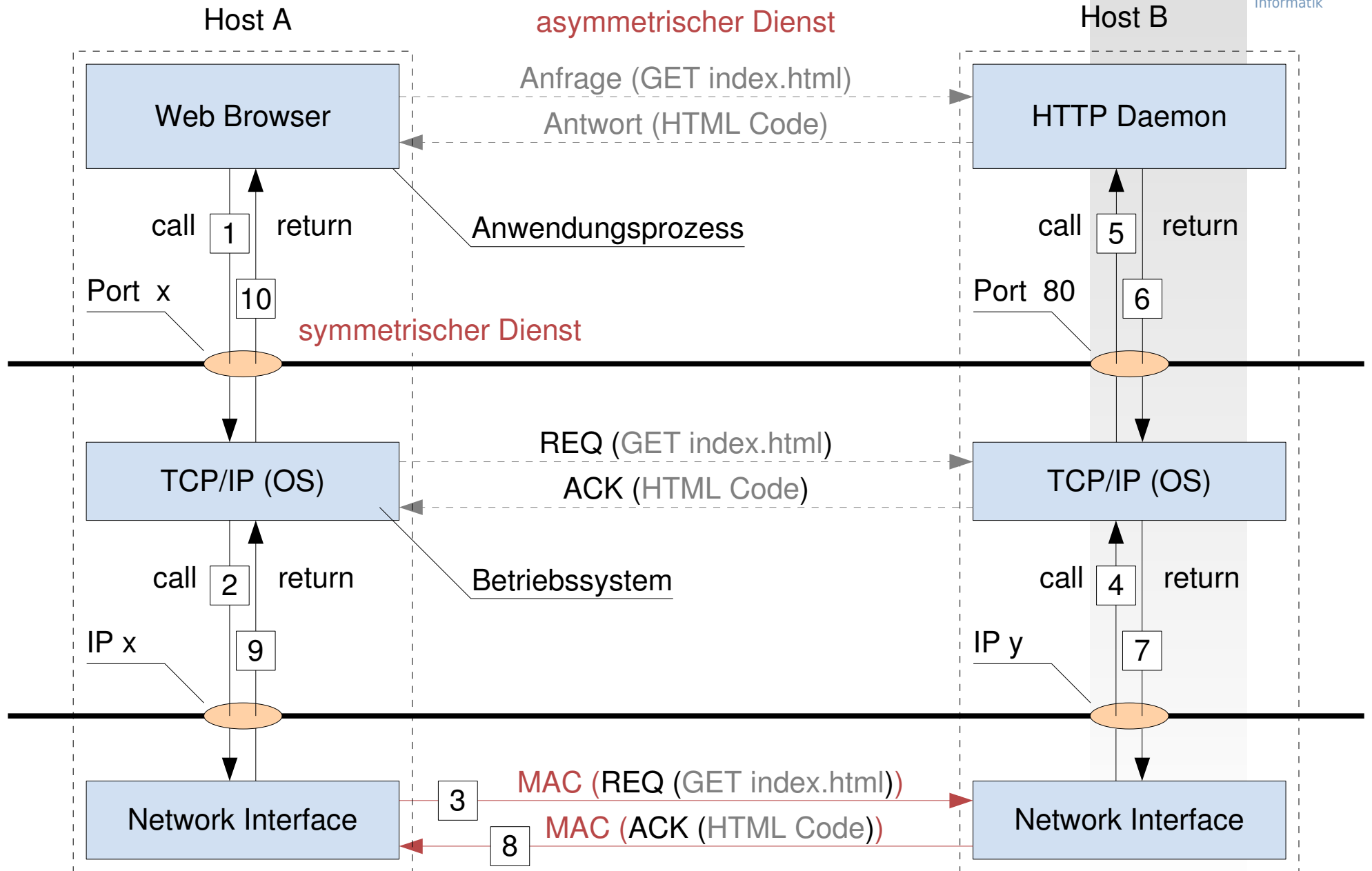


□ Hinzufügen von Kontrollinformationen zu Nutzdaten

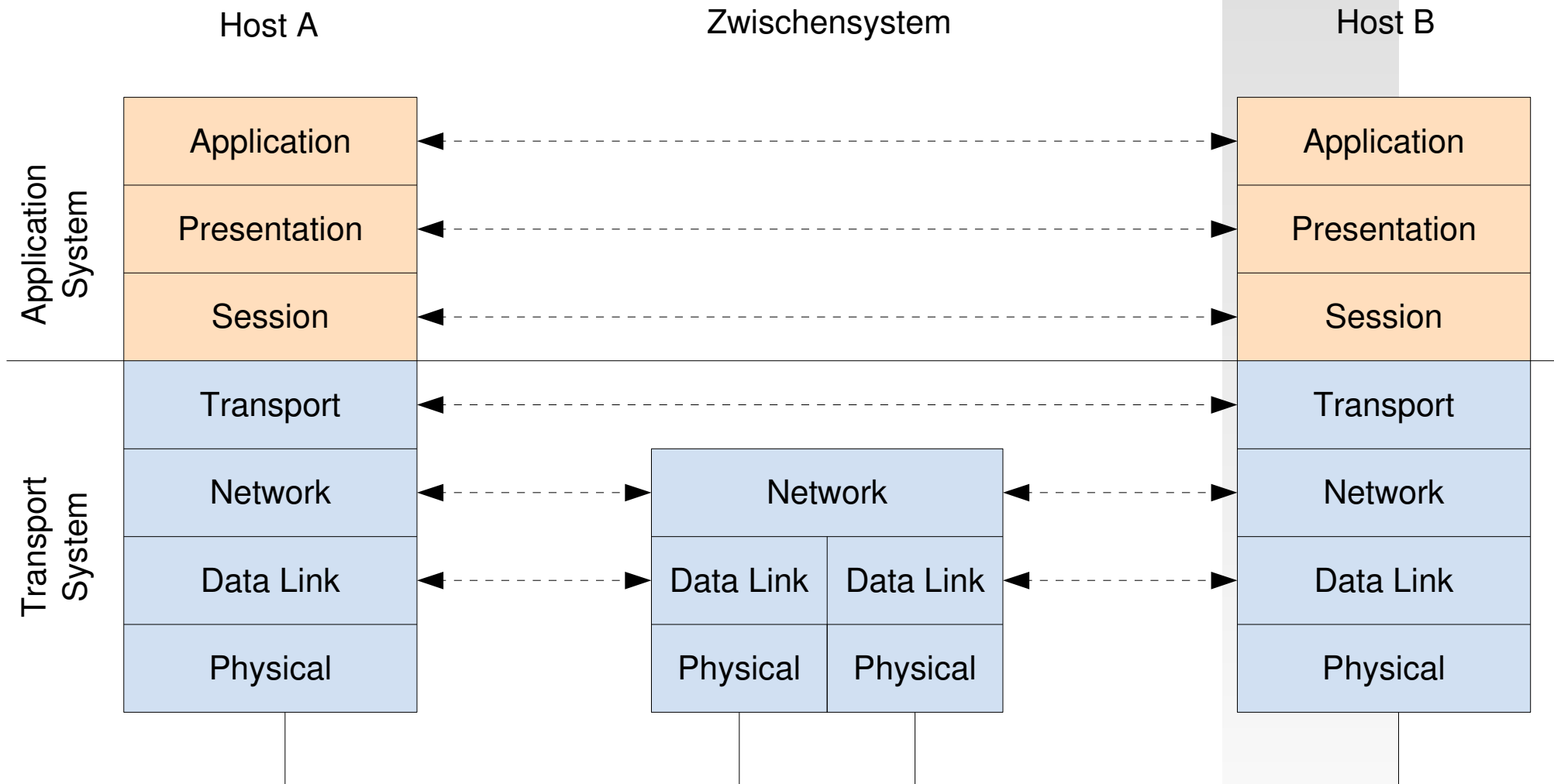
- PCI – Protocol Control Information
- PDU – Protocol Data Unit
- ICI – Interface Control Information
- IDU – Interface Data Unit (ICI+PDU)



ISO/OSI-Schichtenmodell: Beispiel Web



ISO/OSI-Referenzmodell: Schichten (1)



Physical Layer (PL/1)

- **bitweise Übertragung** (prozedural)
- Schnittstellen (mechanisch, elektrisch)
- Übertragungsmedium

Data Link Layer (DL/2)

- Rahmenerkennung
- **zuverlässige Übertragung (Punkt-zu-Punkt)**
 - Reihenfolgeerhalt (Punkt-zu-Punkt)
 - Fehlersicherung (Punkt zu Punkt)
 - Flusskontrolle (Punkt zu Punkt)
- Adressierung (Punkt-zu-Punkt)
- **Medienzugriff/-koordination**

Network Layer (N/3)

- Übertragung Daten (Punkt-zu-Punkt)
- **Wegfindung (Routing)**
- Adressierung (Ende-zu-Ende)

Transport Layer (T/4)

- **zuverlässige Übertragung (Ende-zu-Ende)**
 - Reihenfolgeerhalt (Ende-zu-Ende)
 - Fehlersicherung (Ende-zu-Ende)
 - Flusskontrolle (Ende-zu-Ende)
- Logische Adressierung (Ende-zu-Ende)

Session Layer (S/5)

- **Realisierung von Sitzungen**
 - Dialogmanagement
 - Synchronisation mehrerer Datenflüsse
- Übertragung Daten (Ende-zu-Ende)

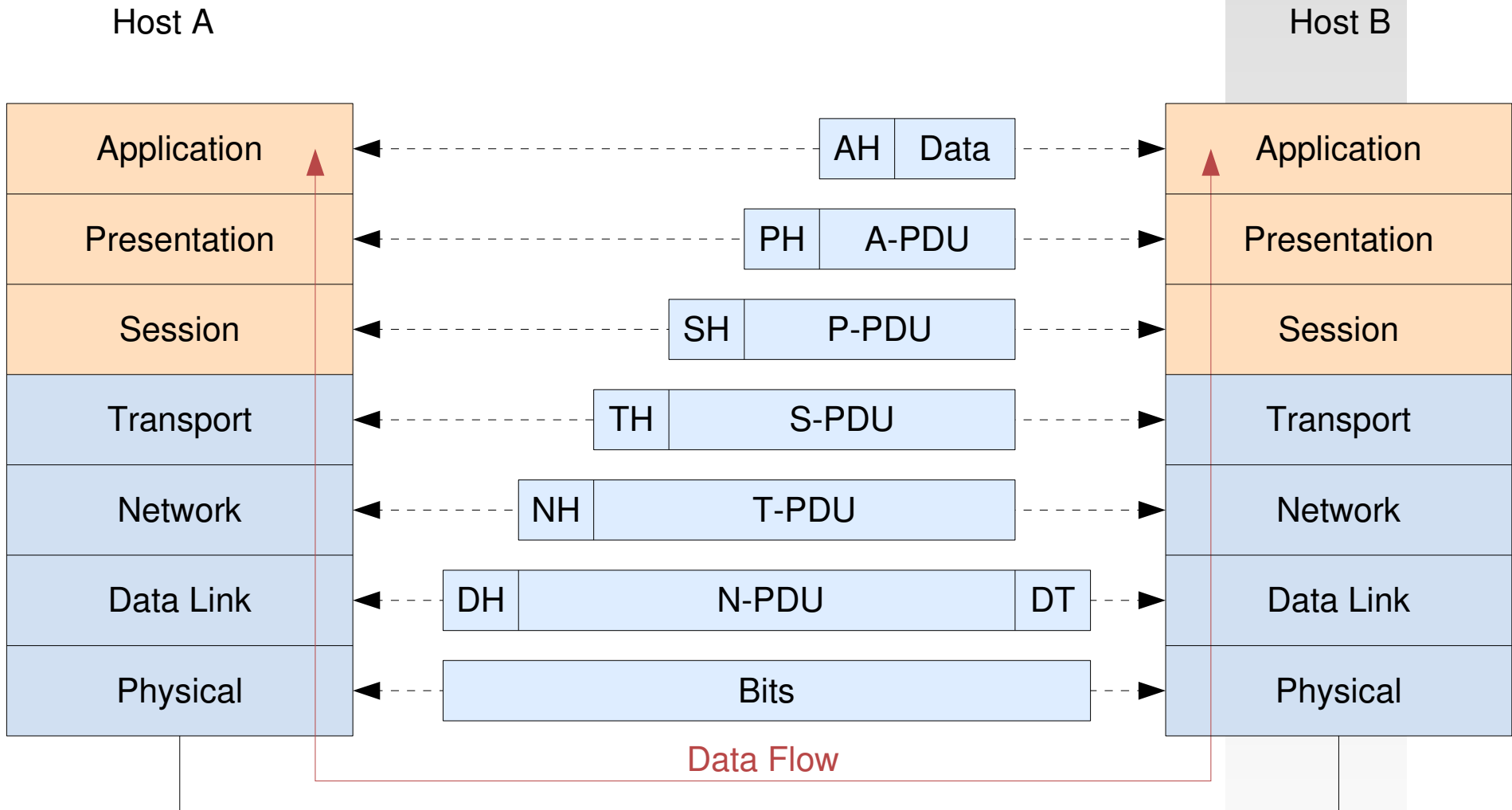
Presentation Layer (P/6)

- Übertragung Daten (Ende-zu-Ende)
- **Anpassungen Formatierung, Codierung**

Application Layer (A/7)

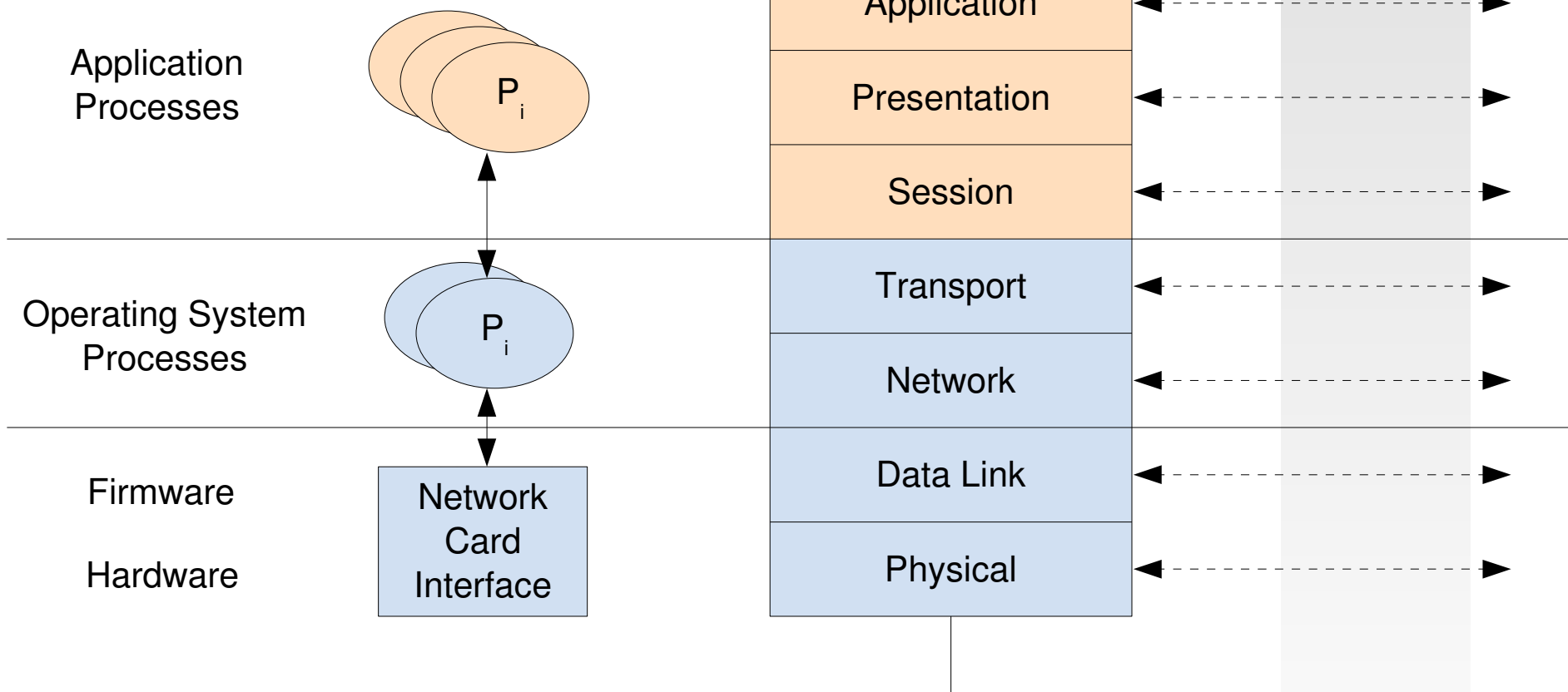
- anwendungsspezifische Protokolle

ISO/OSI-Referenzmodell: Schichten (3)

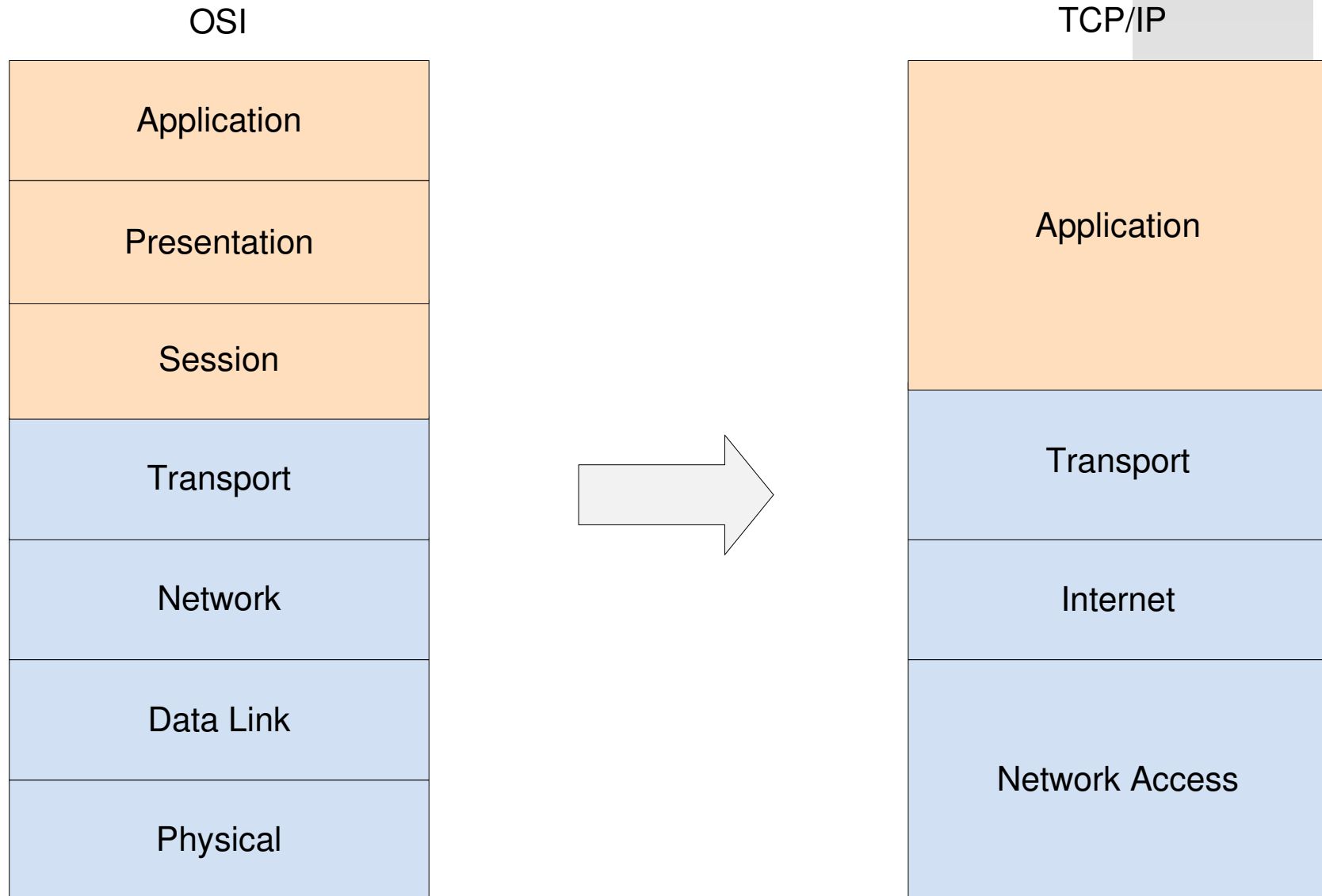


PDU's in Schichtenarchitektur

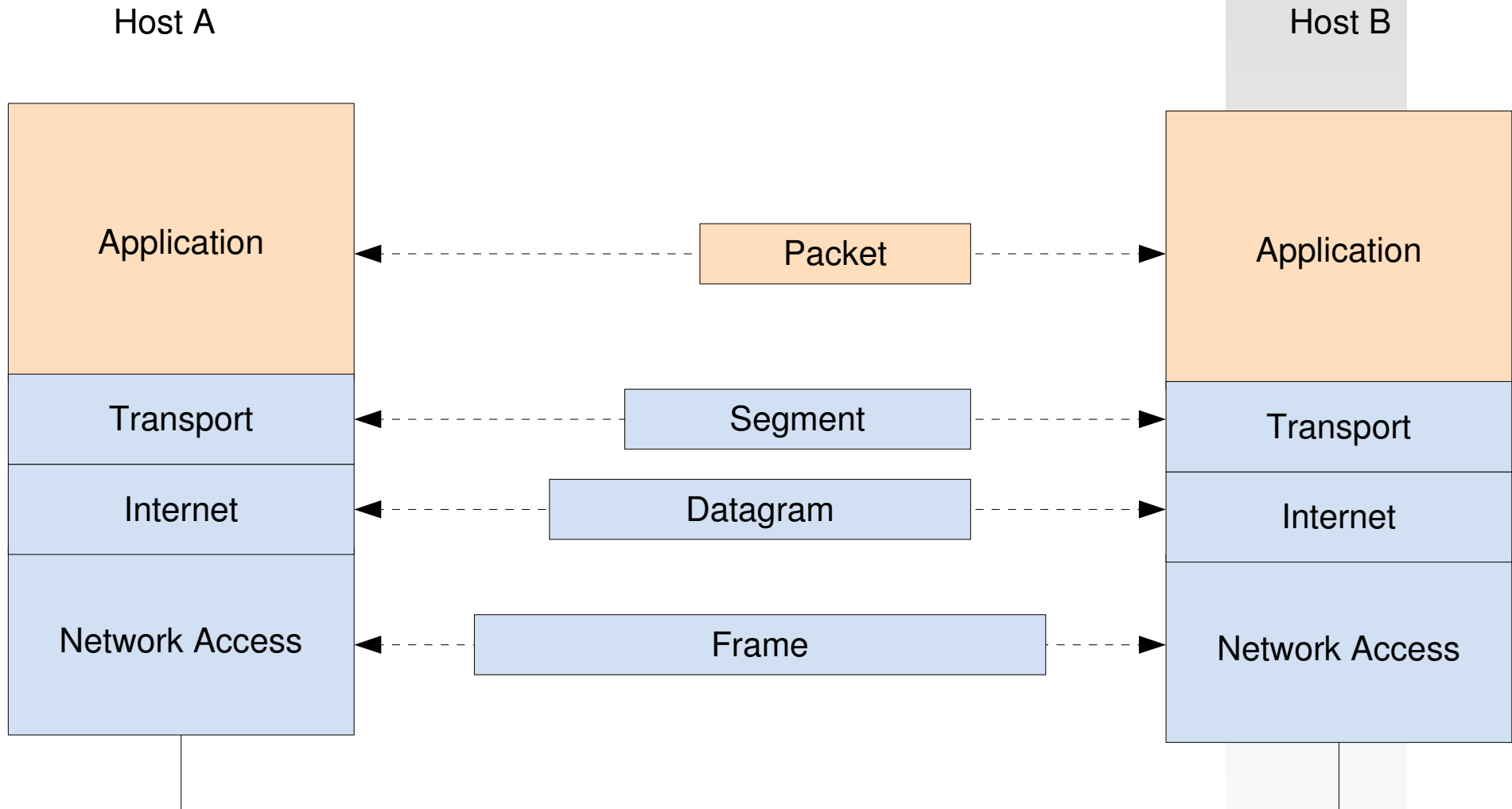
Host A



TCP/IP-Schichtenmodell (1)



TCP/IP-Schichtenmodell (2)



- Topologien
 - unregelmäßig (vermascht)
 - regelmäßig (Bus, Stern, Ring, Baum)

- Kenngrößen von Verbindungen
 - Verzögerungen: Queueing, Transmission, Propagation, Computing
 - Round Trip Time, Durchsatz

- Dienstmodell
 - Funktion und Fähigkeit des Rechnernetzes zur Unterstützung der Kommunikation
 - Diensterbringer/Dienstnutzer kommunizieren über Dienstzugangspunkte (SAP)
 - Dienstprimitiven zur Nutzung eines Dienstes: SERVICE.type (parameter)

- Dienste
 - verbindungsorientiert: gesichert, Reihenfolge, Protokolloverhead (3 Phasen)
 - verbindungslos: ungesichert, geeignet bei geringer Datenmenge

□ Protokoll

- Verhaltenskonvention: festgelegte Syntax und Semantik sowie Abfolge
- Protokollfunktionen: Encapsulation, Adressierung, Nummerierung, ...

□ Schichtenmodelle

- OSI: Prinzip der Schichtung, 7 Schichten
- TCP/IP: Reduktion auf 4 Schichten (OSI-Schichten 5-7 in Anwendungen realisiert)