

Softwarearchitektur verteilter Systeme

9. Fallstudie Telekommunikationssysteme

Vorlesung Wintersemester 2002 / 03

Technische Universität München

Institut für Informatik

Lehrstuhl von Prof. Dr. Manfred Broy

Dr. Klaus Bergner, Prof. Dr. Manfred Broy,

Dr. Andreas Rausch, Dr. Marc Sihling

Inhalt

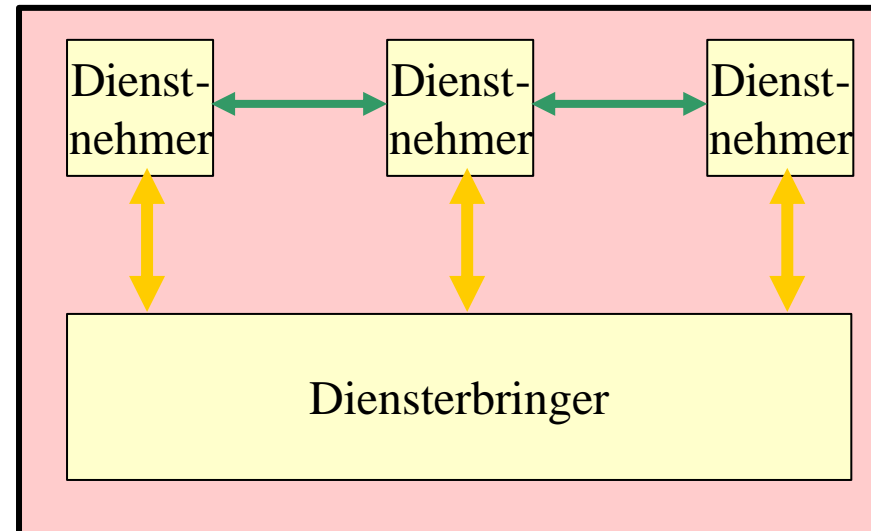
- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

Inhalt

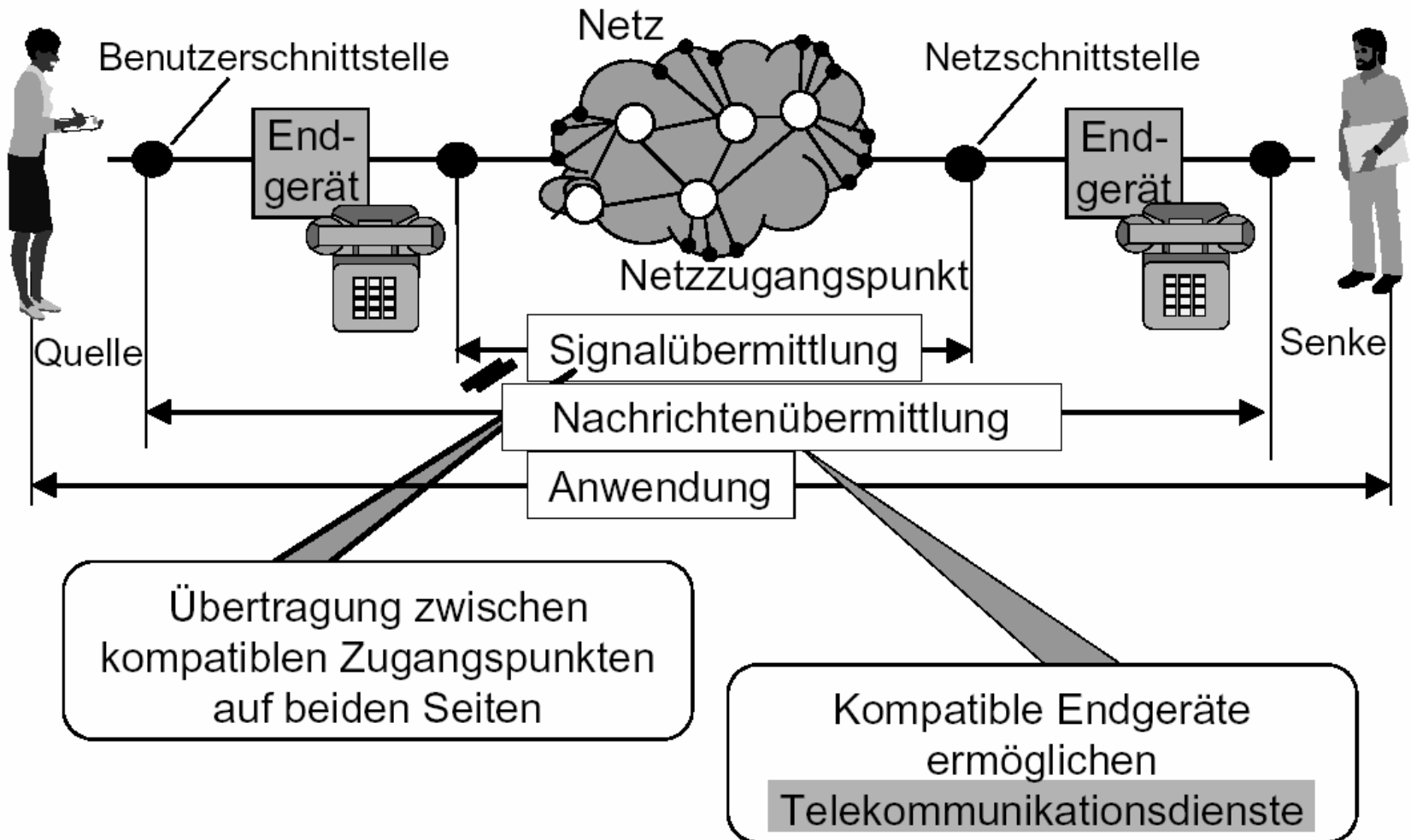
- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

Telekommunikation und Telekommunikationssystem

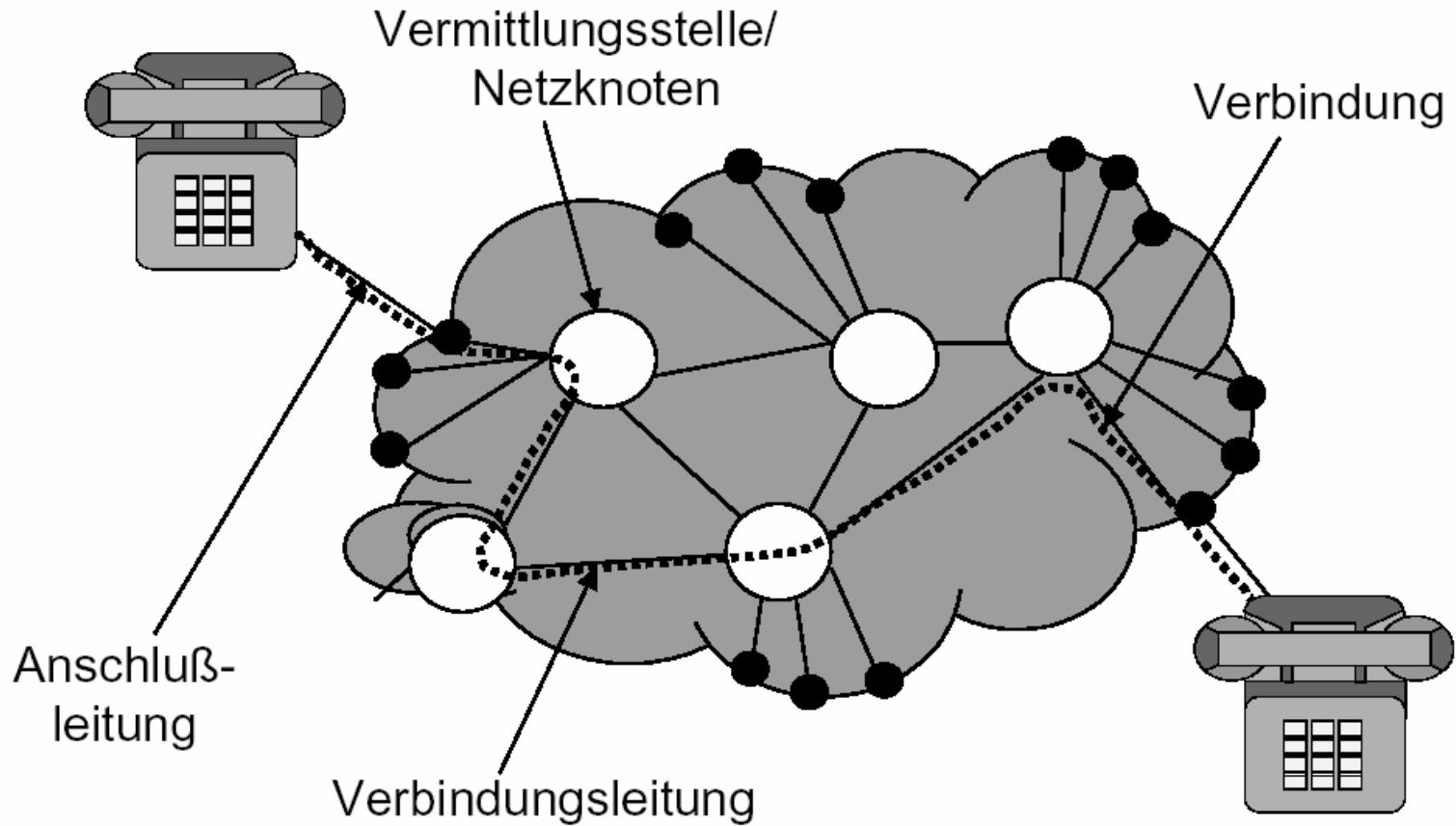
- Griechisch „tele“: fern, weit
 - Telekommunikation bezeichnet den Austausch von Nachrichten jeglicher Art (Text, Grafiken, Bilder, Audio, Video und alle möglichen Kombinationen) in analoger und digitaler Form über größere Entfernungen hinweg mit Hilfe von leitungsgebundene oder ungebundene Netzen.
 - Telekommunikationssystem
 - Nachrichtenaustausch zwischen Dienstnehmern;
- ←→ Horizontale Kommunikation zwischen Dienstnehmern
- Dienstbringer stellen das Telekommunikationssystem zur Verfügung;
- ↑↓ Vertikale Kommunikation für die Abwicklung von Dienstleistungen



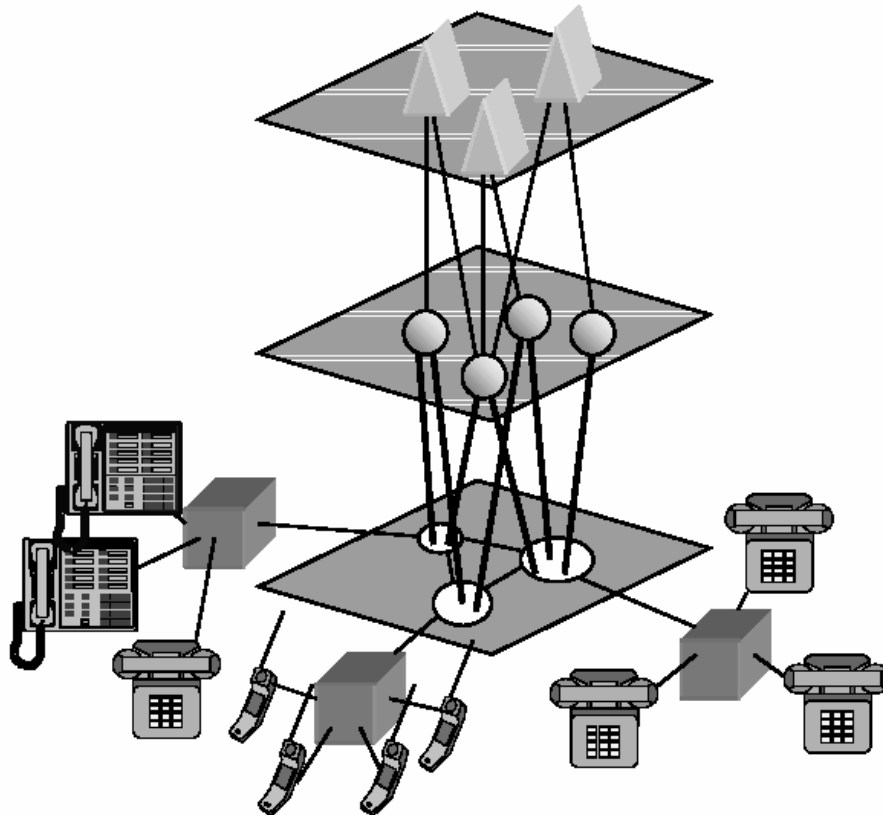
Kommunikationsmodell



Telekommunikationsnetz



Telekommunikationsnetzstruktur



Diensteebene

*Adressen spezifizieren Dienste
z.B. Nummer Notarzt*

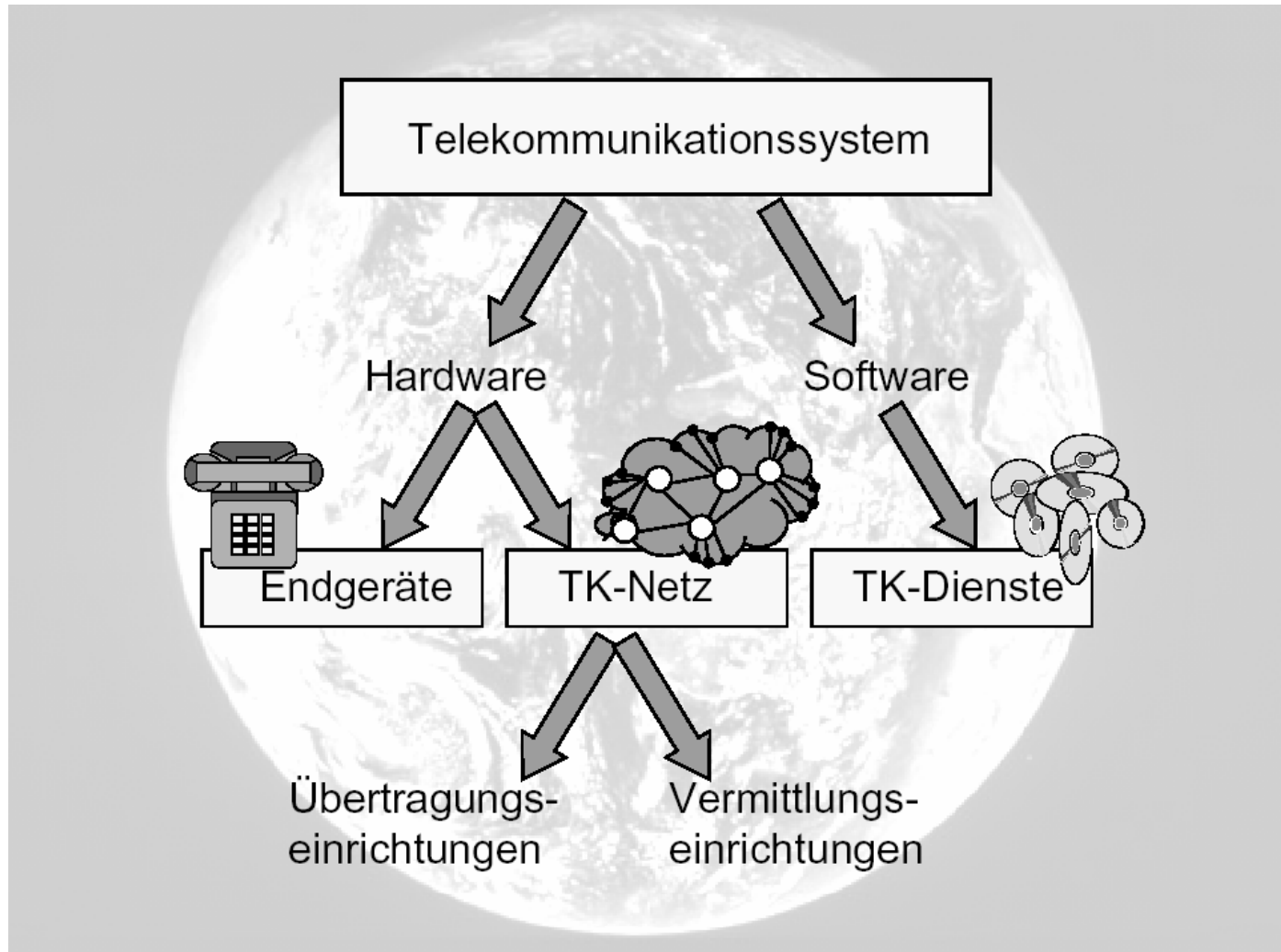
Vermittlungsebene

*Hierarchische Vermittlungsstellen
zum Schalten von Verbindungen*

Übertragungsebene

*Leitungen, Funkzugänge,
Richtfunkstrecken*

Komponenten eines Telekommunikationssystem



Telekommunikation – Telecos und Datacos

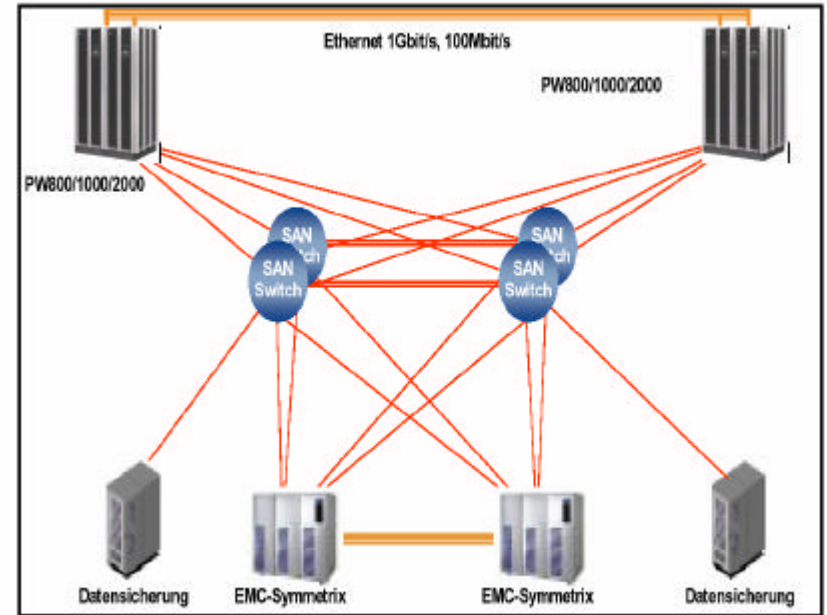
FRÜHER: Agieren auf verschiedenen Märkten		HEUTE: Agieren auf einem Markt
Anbieter Übertragungstechnik Telekommunikation	Anbieter Übertragungstechnik Datenübertragung	Anbieter Übertragungstechnik Sprache, Daten, Bild
Alcatel	3Com	Alcatel
Bosch	Ascend	Cisco Systems
Ericsson	Bay Networks	Lucent Technologies
Lucent Technologies	Cabletron	Northern Telecom (Nortel)/ Bay Networks
Northern Telecom (Nortel)	Cisco Systems	Siemens
Siemens	Newbridge	

Beispiele (1)

- Traditionelle Dienste / Erbringer:
 - Kuriere, Briefpost, Fernschreiben, Telefon
 - Plakatsäule, Zeitungen, Hörfunk, Fernsehen
- Moderne Dienste:
 - digitale Datenübermittlung
 - DATEX-P, DATEX-L
 - Modem + Telefonnetz
 - ISDN, DSL
 - ATM
 - Lokale Netze (Ethernet, Token-Ring, Apple-Talk, FDDI, DQDB, ...)
 - durch Rechnereinsatz höherwertig
 - Telefax
 - Internet-Anwendungen (WWW, Email, ...)
 - Flugbuchungssystem (Amadeus)
 - spezieller Typ der Kooperationsbeziehung der Dienstnehmer

Beispiele (2)

PRIMECLUSTER Enterprise Server for mySAP Solutions



3Com® SuperStack® 3 NBX® Networked Telephony Solution

➤ **PRODUKT-INFORMATIONEN
DRUCKEN**

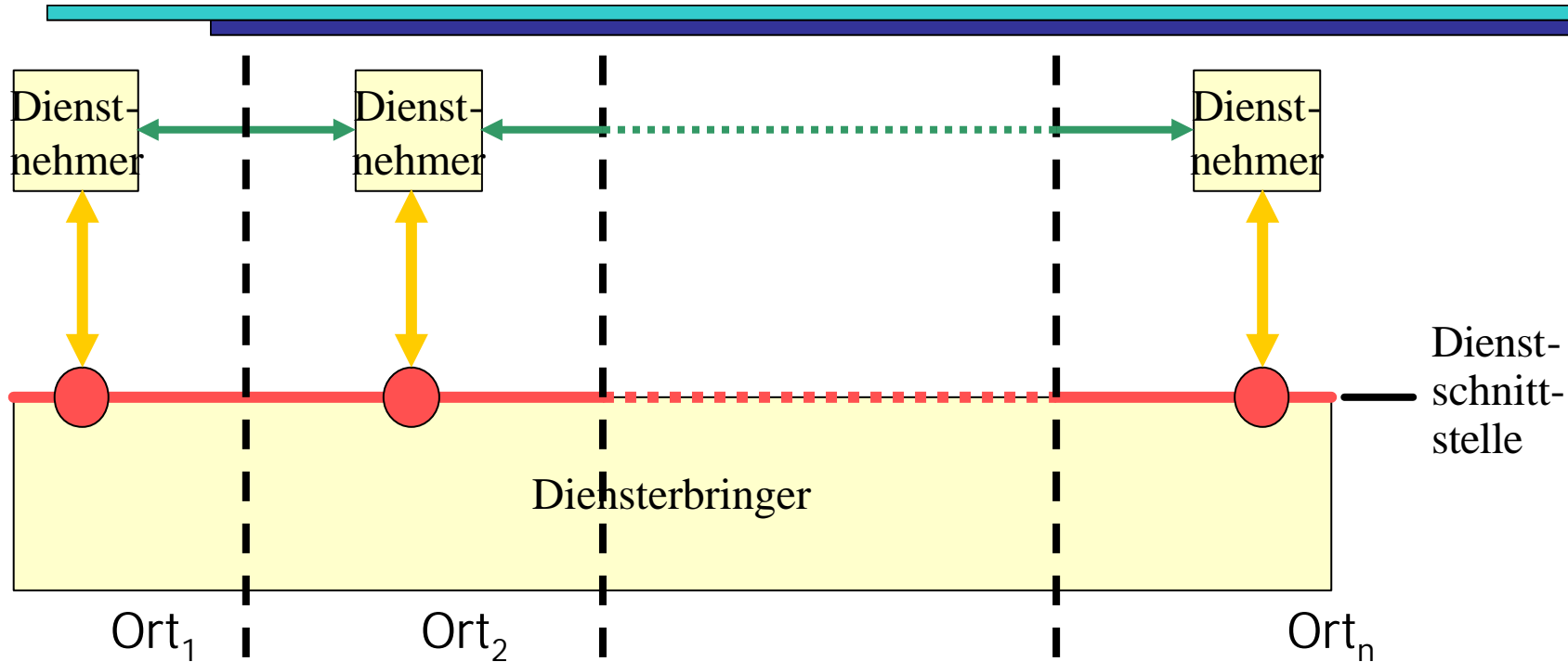
➤ **BEZUGSQUELLEN**



Inhalt

- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

Grundlegende Architektur



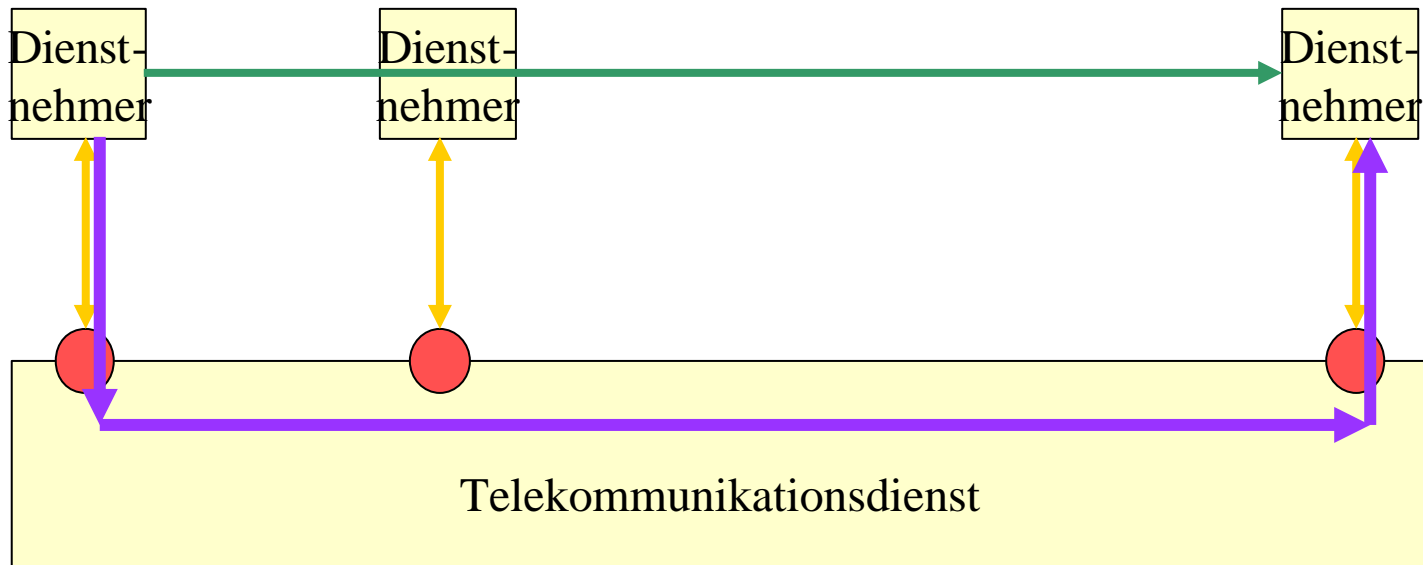
- Dienstnehmer an (verschiedenen Orten)
- Dienstschnittstelle gliedert sich in Dienstzugangspunkte (Service Access Points, SAPs)
- Dienst-erbringer reicht über eine Menge von Orten hinweg

Grundform der Dienstleistung

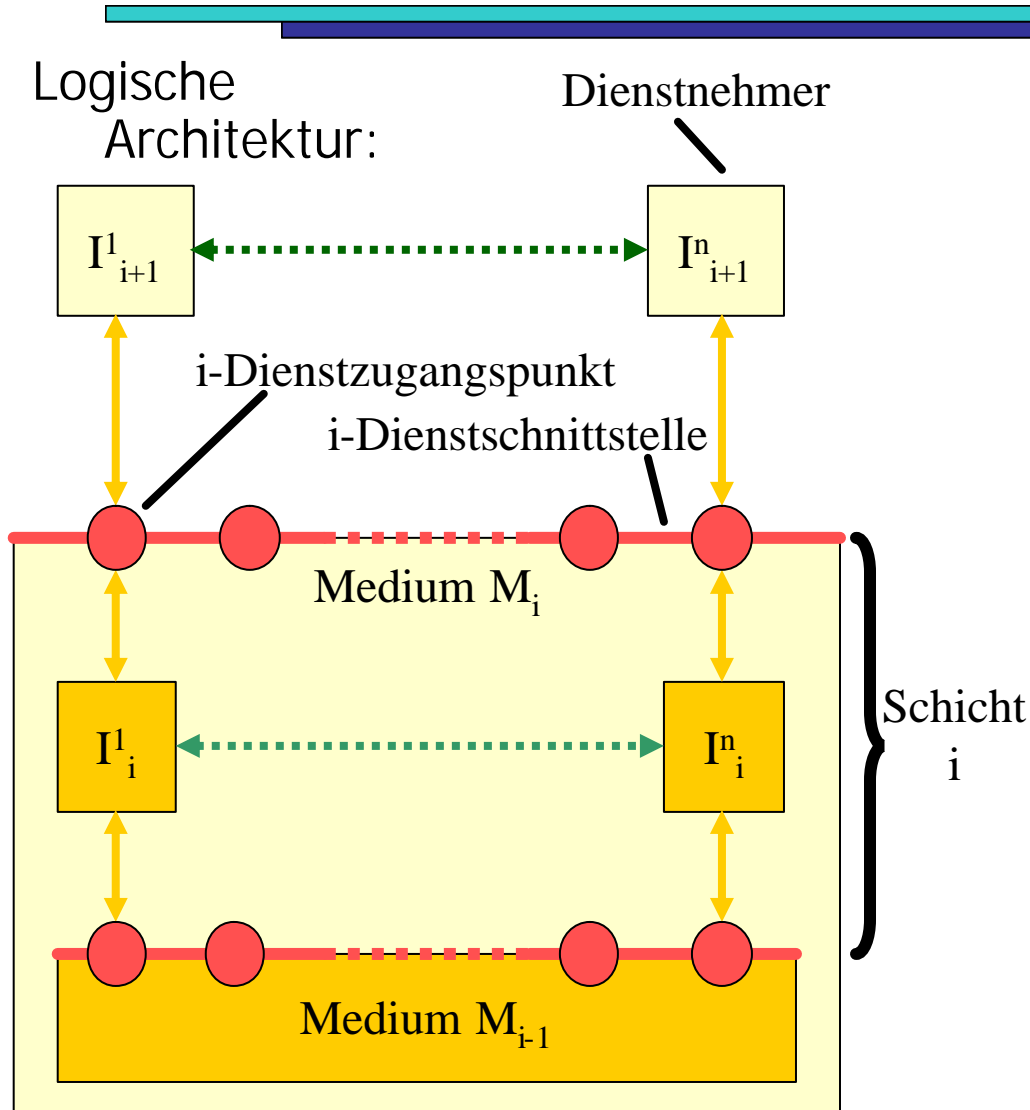
- Grundform einer Dienstleistung
 - „Übertrage Nachricht“



- Daten: dargestellte Information
- Nachricht: Daten zur Übertragung



Logische Architektur



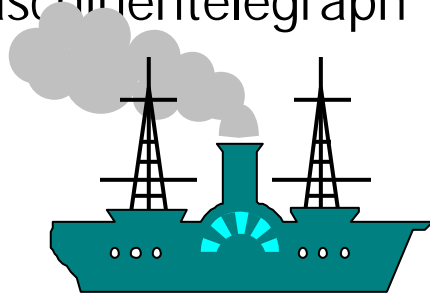
- Dienst / Medium
- Instanz / Protokollinstanz / Dienstnehmer
- Dienst: Dienstleistungen
- Protokoll / Telekommunikationsprotokoll
- horizontale / vertikale Kommunikation
- Kooperationsbeziehungen



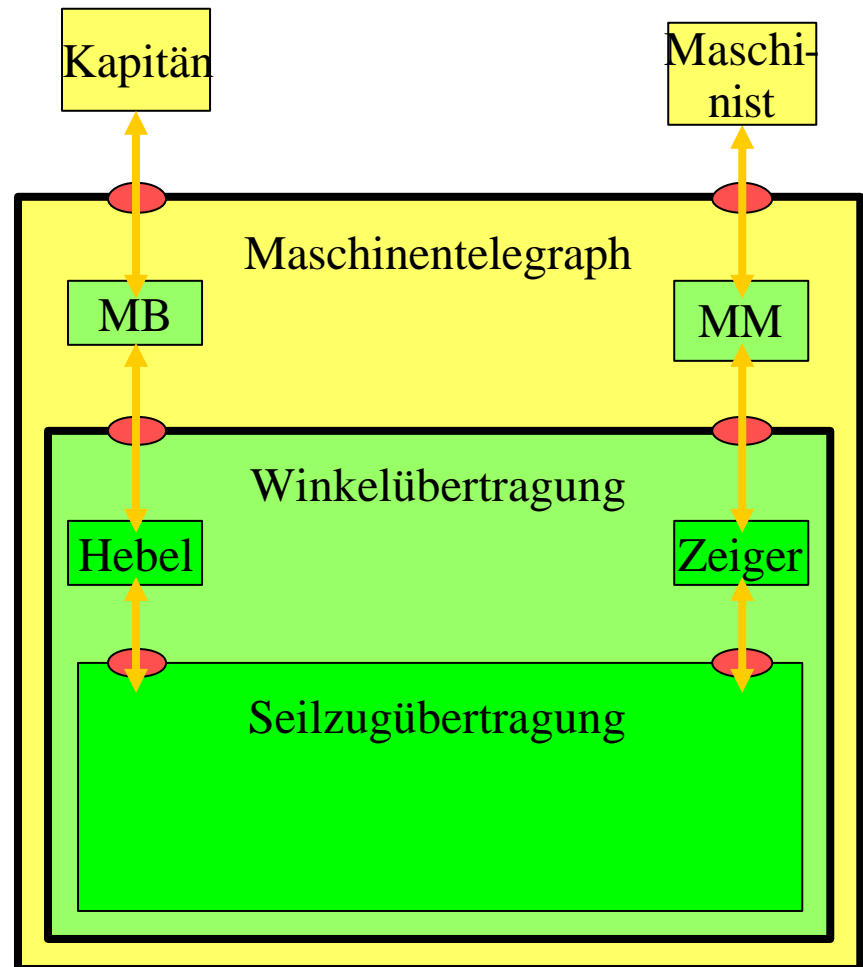
Beispiel Dampfschiff

Beispiel:

- Steuerbefehle in einem Dampfschiff mittels Maschinentelegraph



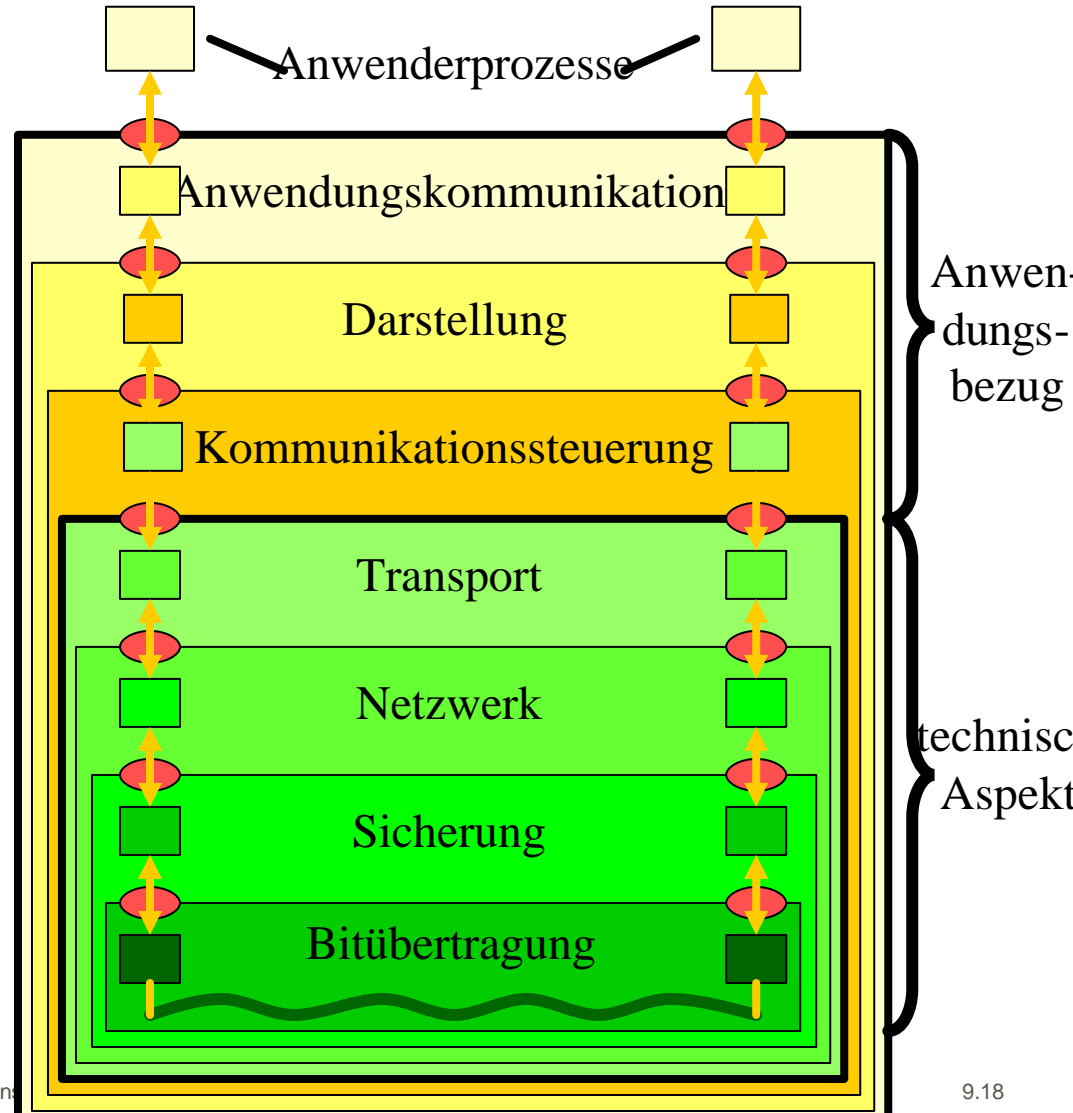
- Konkretes System:
 - Kapitän gibt Fahrtbefehl (z.B. „Halbe Kraft voraus“)
 - Übertragung auf Anzeige im Maschinenraum mittels Seilzügen
 - Maschinist stellt Maschinen auf gewünschte Stärke ein



Beispiel ISO/OSI

ISO/OSI-Basisreferenzmodell:

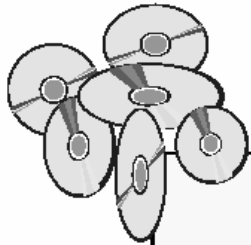
- Anwendungsorientierte Schichten:
 - Steuerung des Ablaufs
 - Informationsdarstellung
 - Anwendungsbezogene Kommunikationsdienstleistungen
- Transportorientierte Schichten:
 - Technische Erbringung von Bitstrom-Übertragungen
 - universelle digitale Nachrichten ohne speziellen Problembezug
 - keine Interpretation der Nachrichten



Inhalt

- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarbeit
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

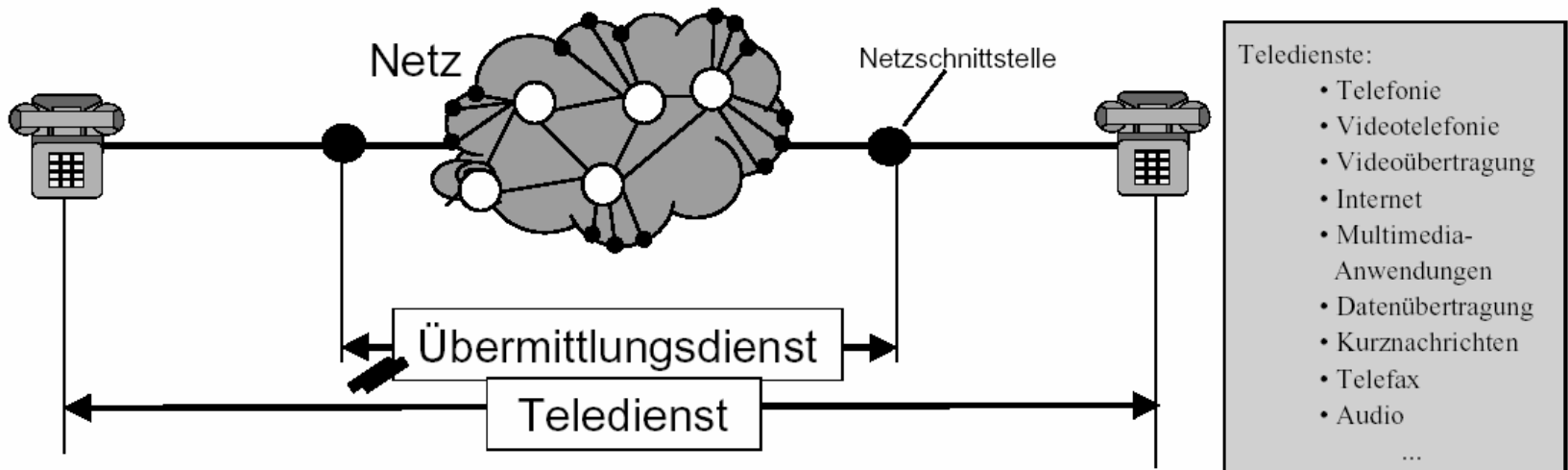
Kommunikationsdienste



Dienst: Funktionalität, die von einem System angeboten wird

Kommunikationsdienste über räumliche Distanzen:
Übertragungsdienste

Informationsdienste über zeitliche Distanzen:
Speicherdienste



Dienstarchitektur (1)

Wichtige Dienstmerkmale

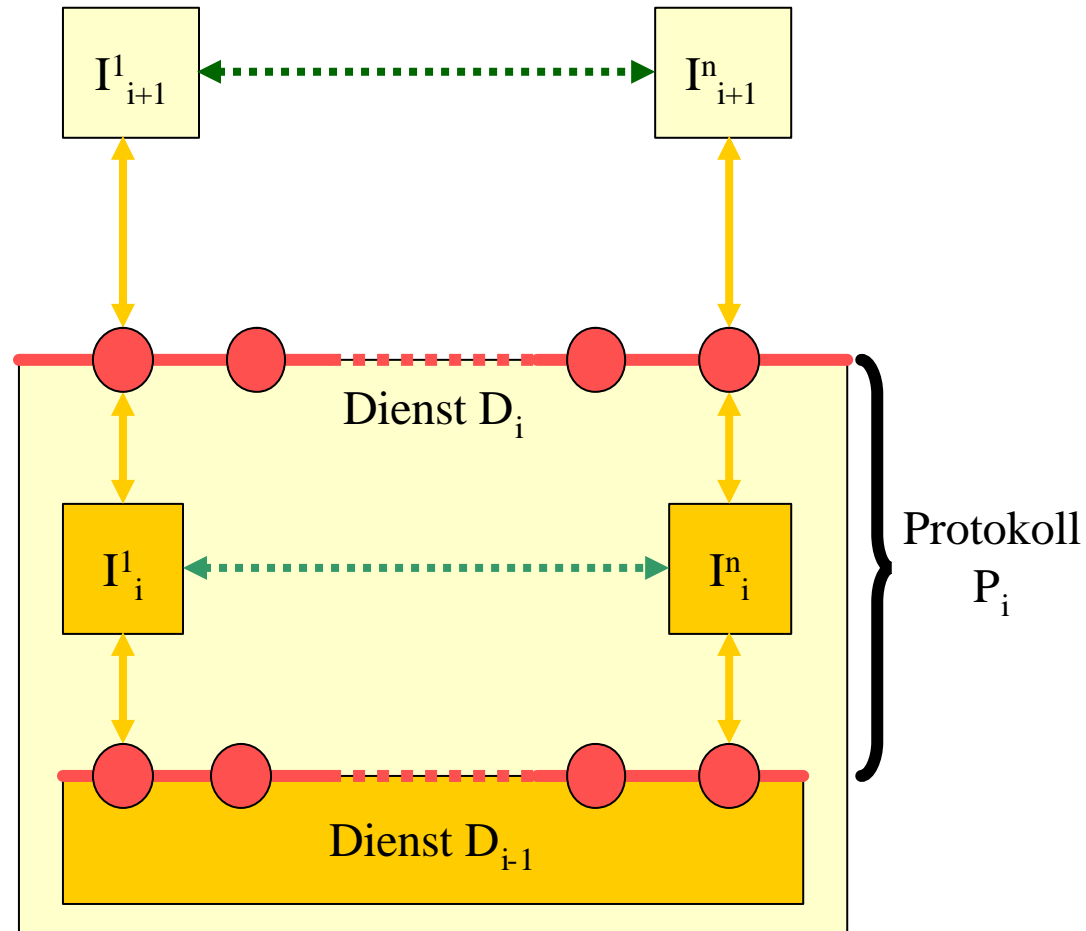
- Funktionalität
- Qualität
 - Leistung
 - Kosten
- Interne Architektur

Schichtenhierarchie

- Dienste
- Protokolle
- Implementierung

Beziehungen

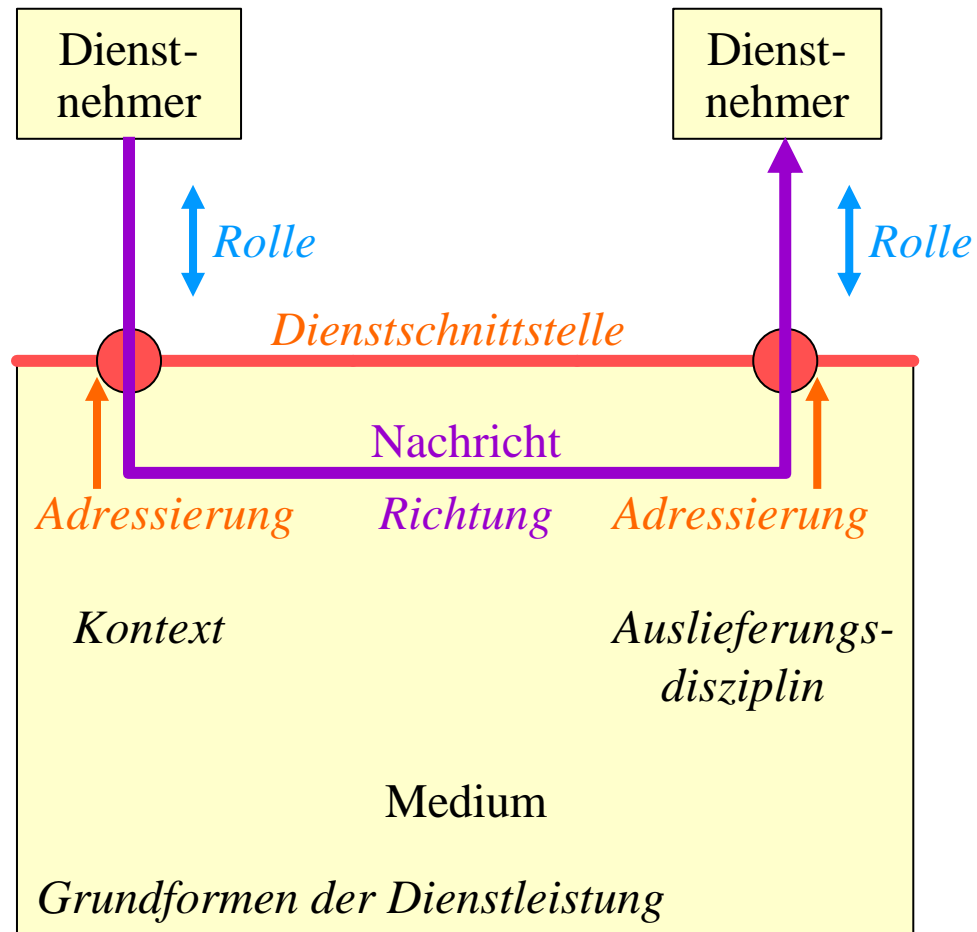
- Protokoll erbringt den Dienst
- Implementierung realisiert Protokoll



Dienstarchitektur (2)

Funktionalität:

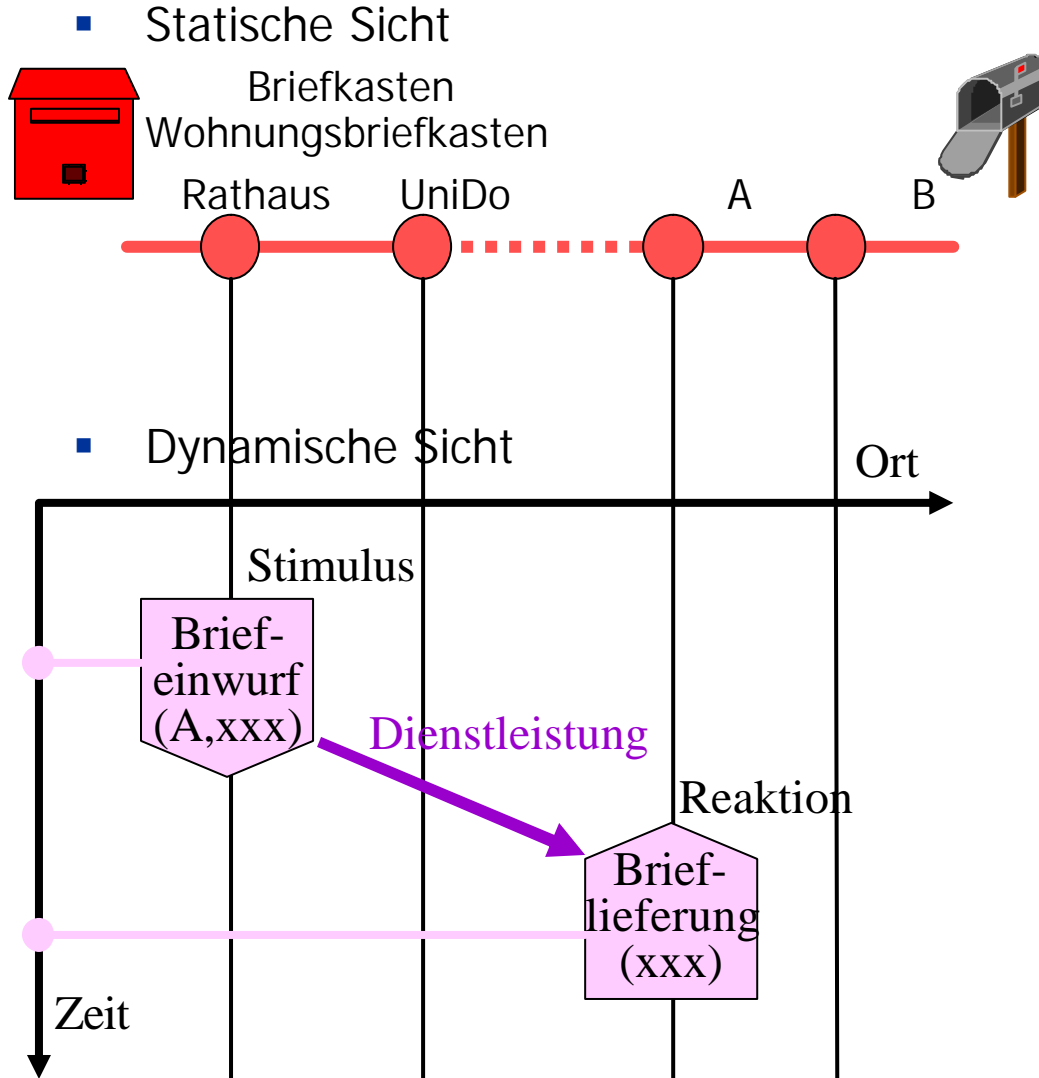
- Abstrakte Sicht einer Dienstschnittstelle
- Dienstnehmer-Rollen
- Dienstleistungsgrundformen
- Verbindungen
- Adressierung
- Nachrichtenaustausch-Richtung



Statische und Dynamische Dienstsicht

Dienstschnittstelle:

- Statisch:
 - Menge adressierbarer Dienstzugangspunkte
- Dynamisch:
 - Folge vertikaler Kommunikationsaktionen (jeweils unteilbar Dienstschnittstellen-Ereignis)
 - Attribute:
 - Ort
 - Zeitpunkt
 - Datenparameter: Nutz-, Kontrollinformation
 - Richtung: Stimulus, Reaktion

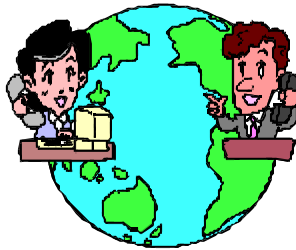


Grundform von Diensten

- Dienstnehmer-Rollen:

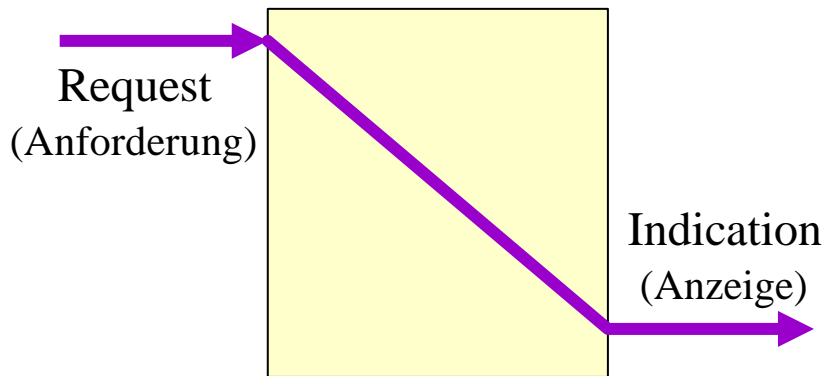


Initiator

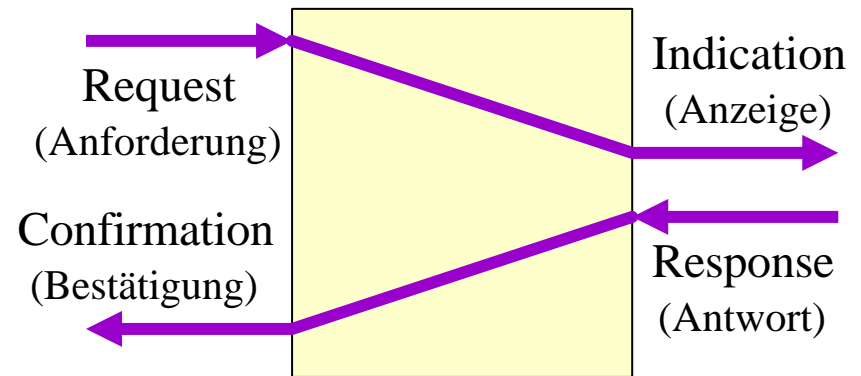


Beantworter (Responder)

- Grundformen von Dienstleistungen:



Unbestätigte Dienstleistung
Bsp.: Briefübermittlung

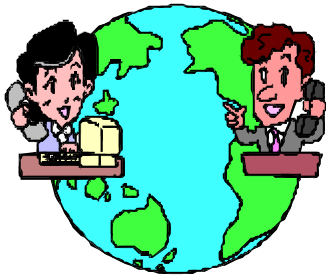


Bestätigte Dienstleistung
Bsp.: Buchung

Dienstarten

- Zahl der Dienstnehmer:

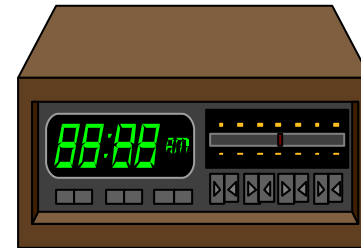
2-Partner



Gruppen (Multicast)



Rundruf (Broadcast)



- Verwendete Grundformen:

- bestätigt
- unbestätigt

- Aktuell:

- 2-Partner-Dienste
- n-Partner-Dienste bei LAN üblich, bei WAN noch weniger verbreitet

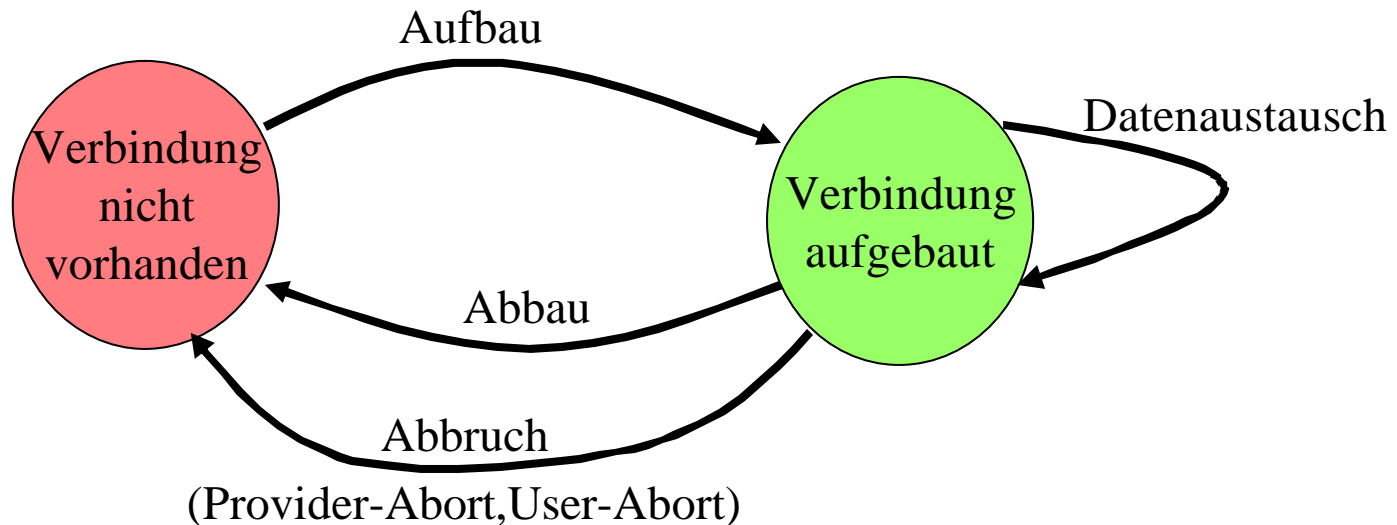
Dienstleistungskontext

Datagramm

- ohne Kontext
- jede Dienstleistung steht für sich allein
- alle Kontrollparameter (Adresse, ...) der Dienstleistung werden mit der Anforderung übergeben
- Beispiele: Brief, Telegramm, UDP-Datagramm, IP-Messages
- Verbindung
 - mit Kontext
 - Dienstleistungen
 - Verbindungsaufbau
 - Transfer über Verbindung
 - Verbindungsabbau, -abbruch
 - in der Verbindung
 - Reihenfolge
 - Richtungsbetrieb
 - Beispiele: Telefon, TCP-Messages

Diensterbringungsphasen (1)

- Betriebsphasen (klassisch):
 - Verbindungsaufbau
 - Datentransfer
 - (geordneter) Verbindungsabbau
 - Verbindungsabbruch
- Zusätzlich bei modernen Protokollen
 - Wechsel der Dienstqualität



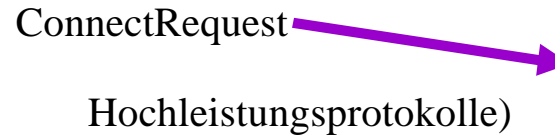
Diensterbringungsphasen (2)

◆ Verbindungsaufbau:

– bestätigt:



– unbestätigt:
(moderne
ConnectIndication



◆ Datentransfer:

– normal:

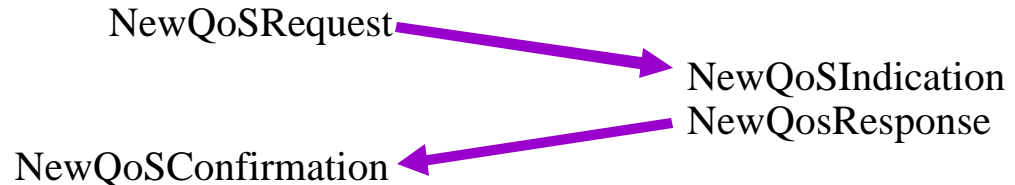


– Vorrangdaten:



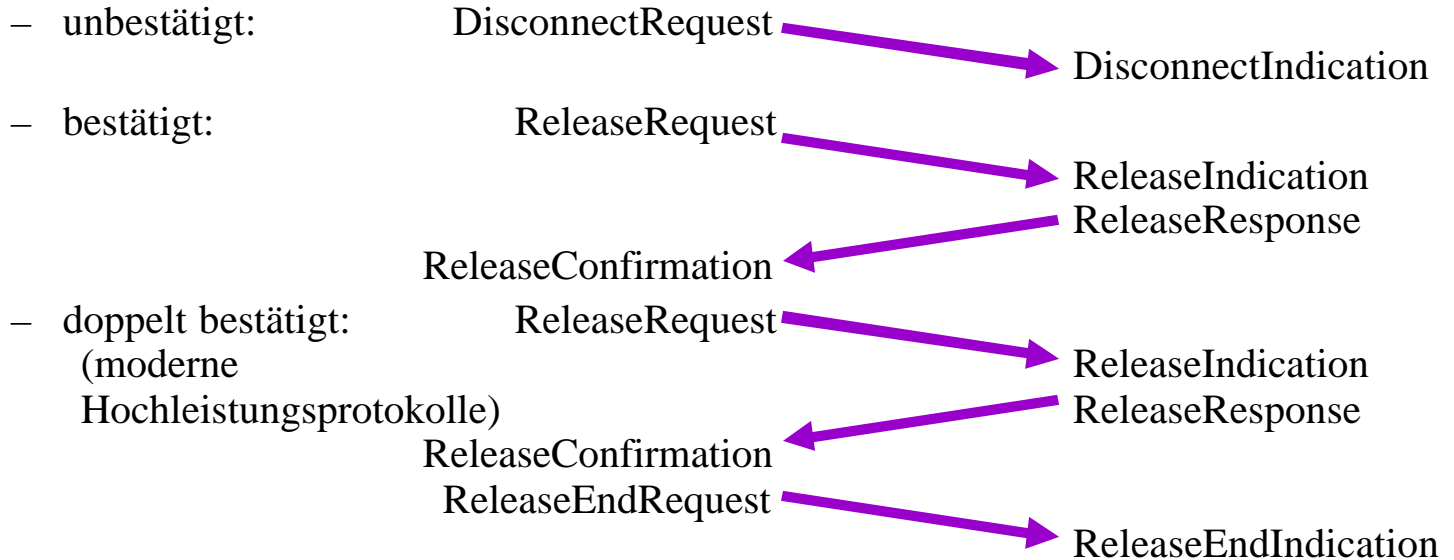
◆ Aushandeln einer neuen Dienstqualität:

– bestätigt:

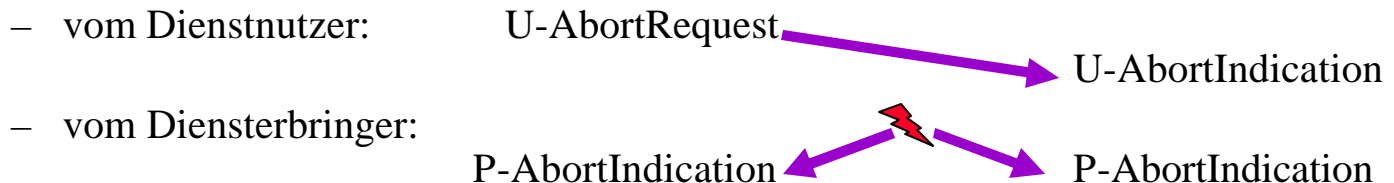


Diensterbringungsphasen (3)

◆ Geordneter Verbindungsabbau:

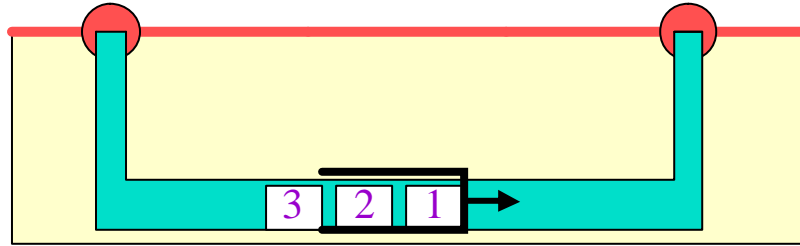


◆ Verbindungsabbruch:

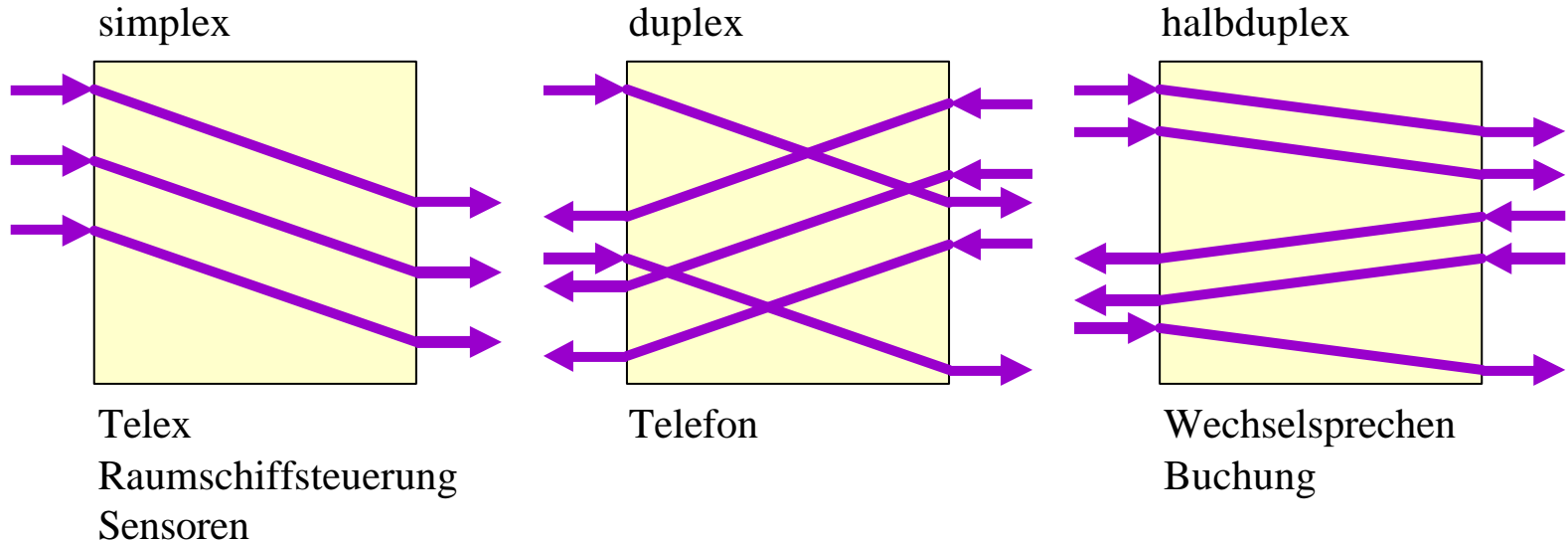


Nachrichtenaustausch

- ◆ Auslieferungsdisziplin:
 - treu zur Eingabereihenfolge (FIFO)
 - zufällig
 - FIFO und priorisiert



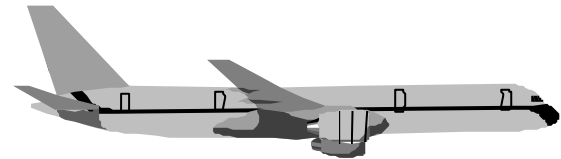
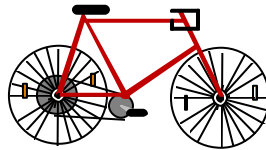
- ◆ Richtungsbetrieb:



Qualität von Dienstleistungen (Quality of Service)

- Leistung:

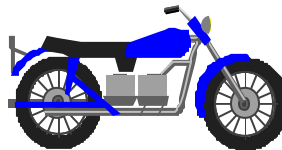
- Nachrichtenlaufzeit



- Überbrückte Entfernung



- Durchsatz / Bitrate



- Kosten:

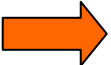
- Gebühren

- Investitionen

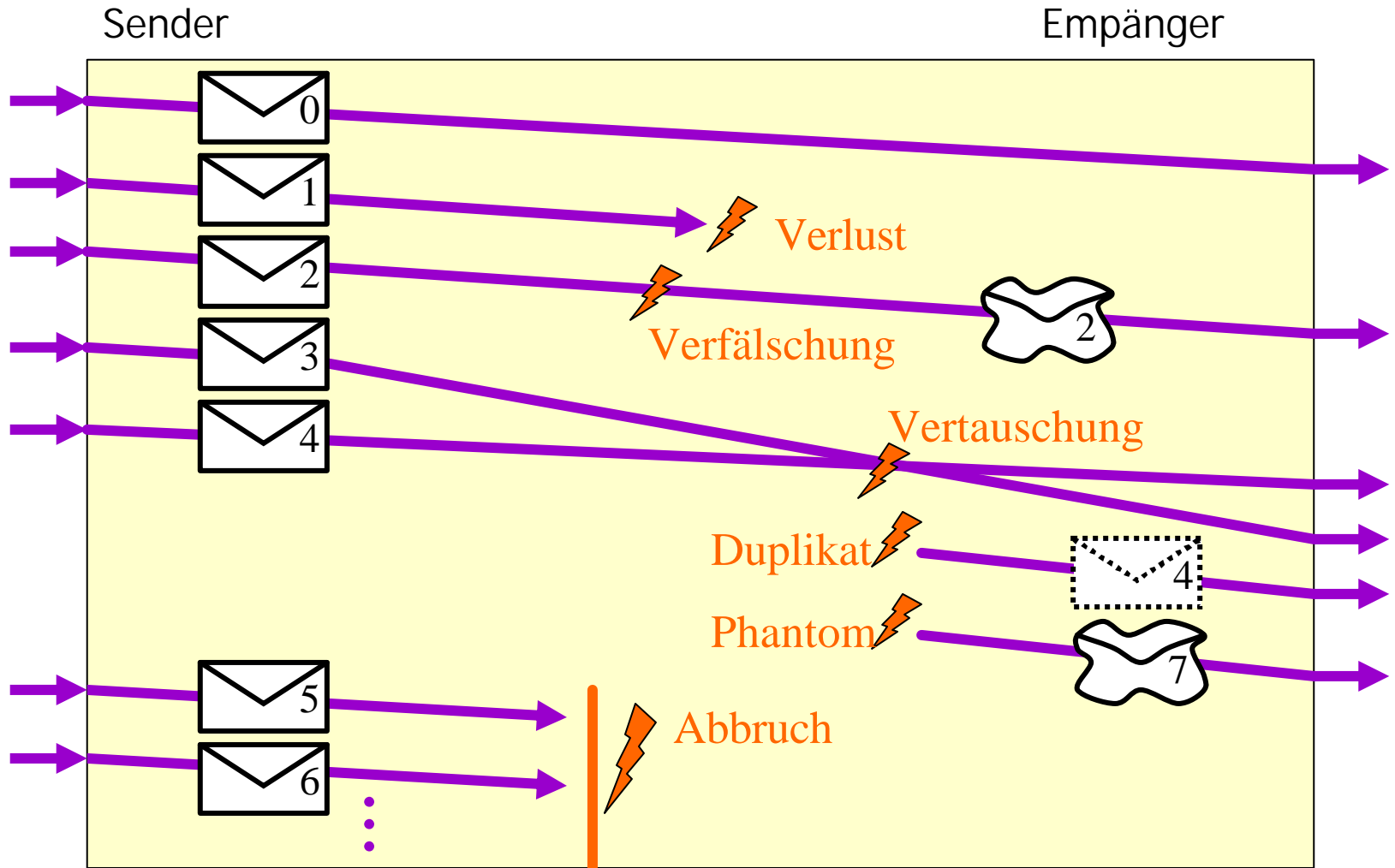
- Wartung



Störungen (1)

- Störungsarten:
 - Ausfall und Fehlfunktionen von Geräten und Verbindungseinrichtungen
 - Einkopplung von Fremdsignalen in Übertragungswege
- In Relation zur Betriebszeitdauer hohe Störwahrscheinlichkeit:
 Störungen dürfen **nicht** vernachlässigt werden!
- Je Dienstleistungstyp vorsehen:
 - „Normaler“ Ablauf ohne Störungseinwirkung
 - Ablauf unter Störungseinwirkung
- Auswirkungen von Störungen auf eine Folge von Nachrichtenübertragungen:
 - Abbruch der Verbindung
 - Verlust einzelner Nachrichten
 - Phantomnachrichten
 - Nachrichtenduplikate
 - Reihenfolgevertauschungen
 - Verfälschung von Nachrichten

Störungen (2)



Störungen (3)

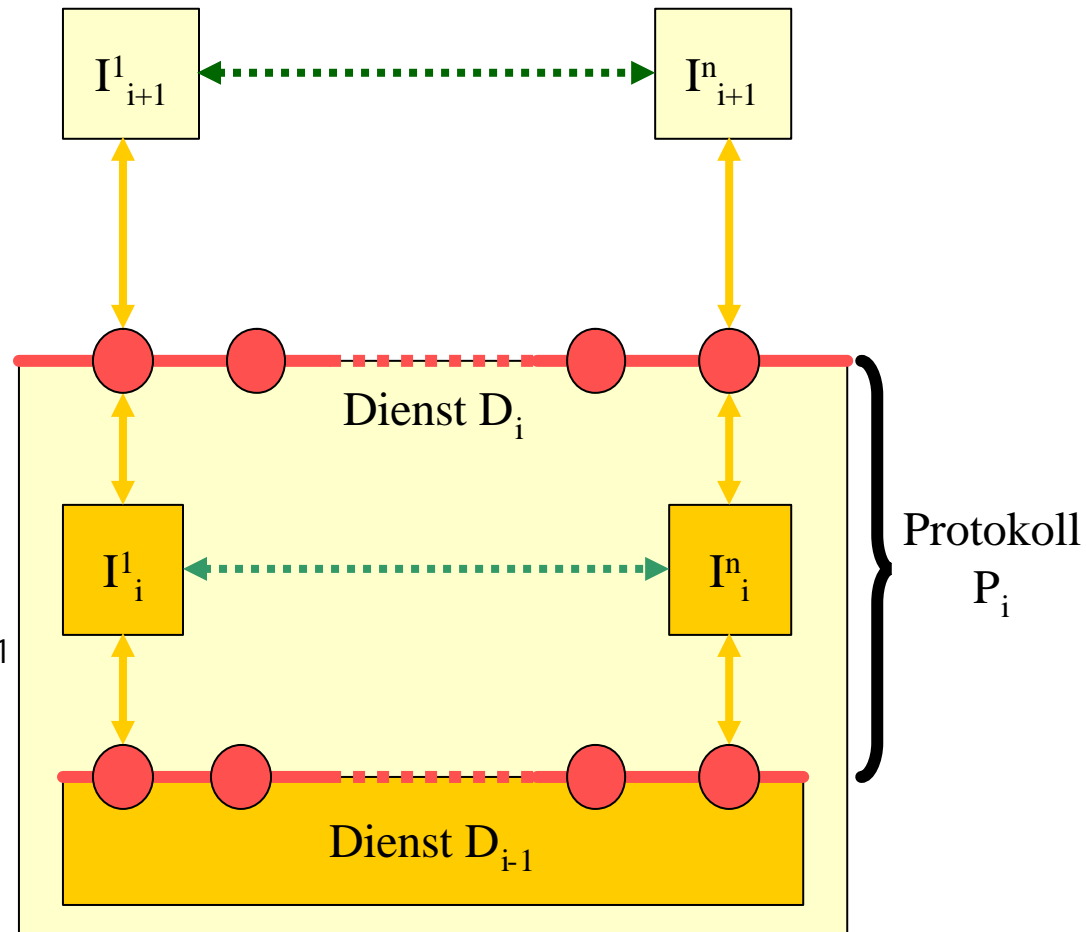
- Störungen resultieren aus physikalischen Gegebenheiten
 - physikalisches Medium
 - Stationen
- Störungen können durch Protokollmaßnahmen gegenüber dem Nutzer zum Teil verdeckt werden
 - in ihrer Häufigkeit
 - in ihrem funktionellen Erscheinungsbild
 - **aber** prinzipiell ist es unmöglich, alle Fehler mit der Wahrscheinlichkeit 1 zu beheben!
- ➔ realistischer Telekommunikationsdienst weist Besonderheiten auf, die als indeterministische alternative Ablaufmöglichkeiten von Anwendern berücksichtigt werden müssen.
- Deshalb von besonderem Interesse
 - qualitativer Aspekt der Störungen quantitativ bewertet
 - Wahrscheinlichkeit, garantierte Eckwerte
 - Wahrscheinlichkeitsverteilung (stochastischer Fehlerprozeß)

Störungen (4)

- Gezielte Fremdeinflüsse:
 - über reguläre Dienstschnittstelle
 - über „Seitenwege“ in interne Organisation des Mediums
- Auswirkungen:
 - Verletzung der Vertraulichkeit:
 - Mithören von Nachrichten
 - Mithören von Kontrollparametern
 - Verletzung der Integrität:
 - Verfälschen von Nachrichten
 - Unterschieben von Nachrichten
 - Verletzung der Verfügbarkeit:
 - Funktionsstörung
 - Leistungsstörung
 - Abfangen von Nachrichten

Protokolle zur Implementierung von Diensten (2)

- Verteilter Algorithmus, wobei Dienste D_{i-1} das Zusammenwirken der I^k_i -Instanzen besorgen
 - Berücksichtigung der Auswirkungen von Störungen in Diensten D_{i-1}
 - Wenn die Störungen nicht voll kompensiert werden können, werden sie nach oben weitergereicht
- Unterschiede zwischen D_{i-1} und D_i :
 - Funktionalität
 - Qualität



Protokolle zur Implementierung von Diensten (4)

Zusammenwirken:

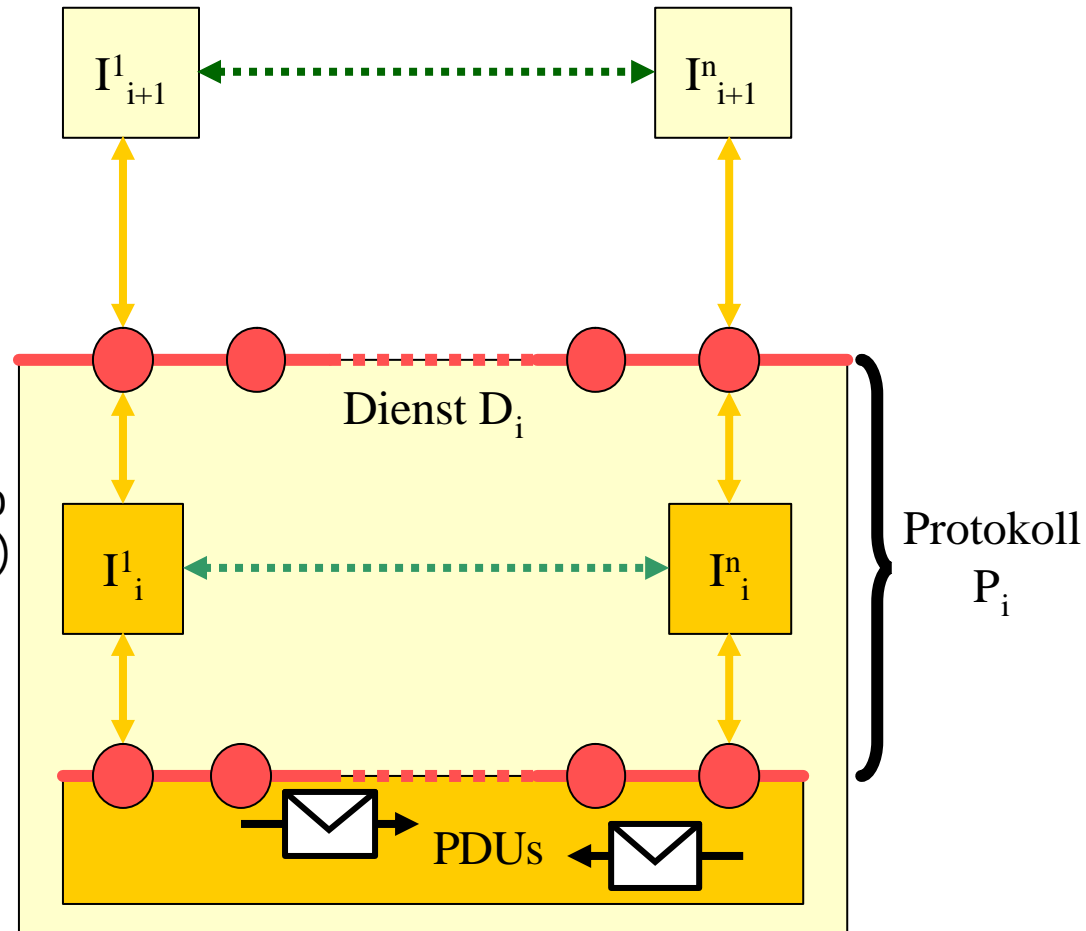
- Nutzdaten an der D_{i-1} -Schnittstelle = Nutzdaten an der D_i -Schnittstelle + I_i^k - Kontrollparameter (= Protokolldateneinheiten)

Protokolldateneinheiten (PDU):

- Protokollsteuerinformation (I_i^k -Kontrollparameter)
- Nutzdaten

PDU-Format:

- PDU-Typ
- Abstrakter Aufbau
- Konkrete Darstellung



Inhalt

- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

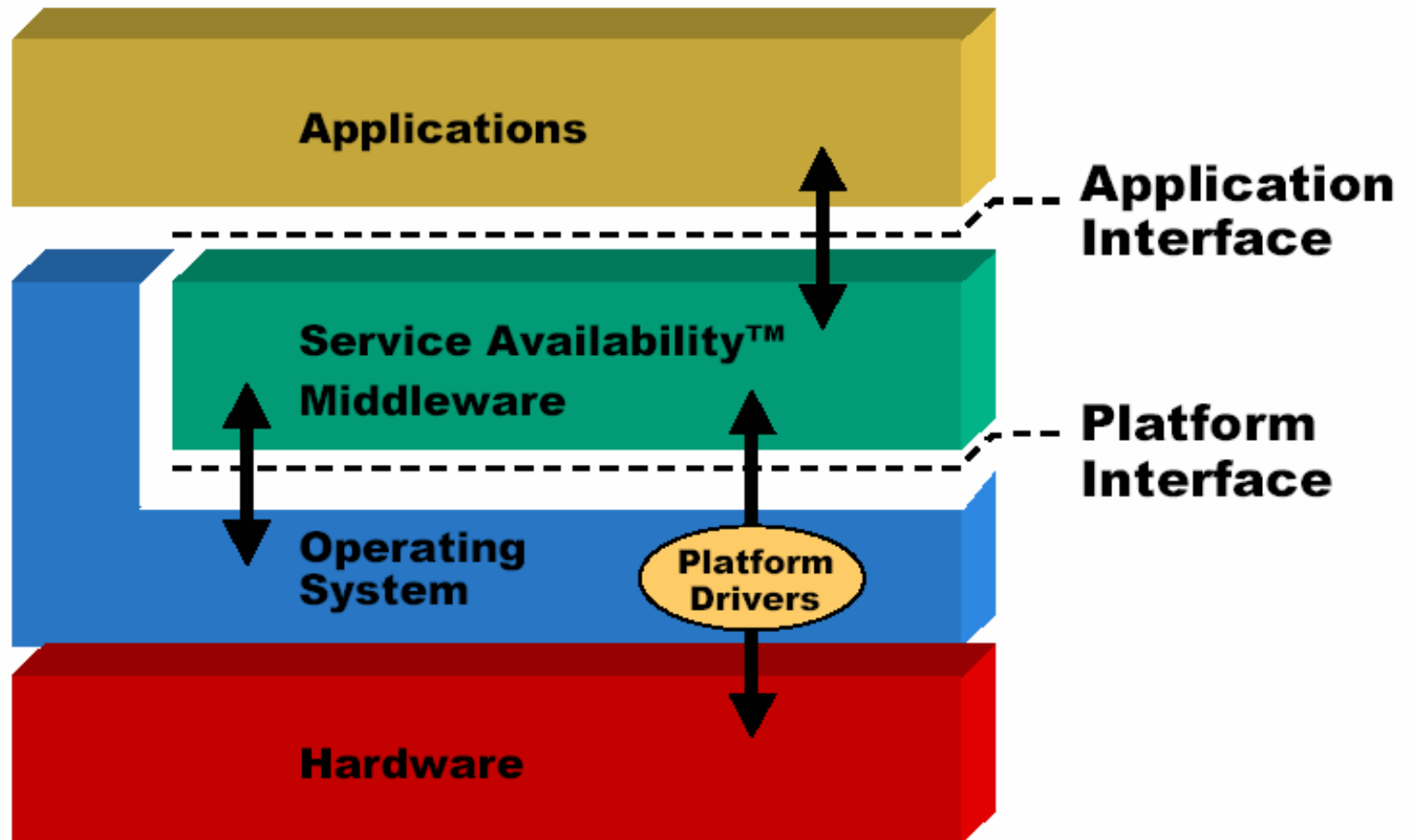
Typische Randbedingungen

- Zu jeder Zeit müssen Verbindungen zwischen Dienstnehmern möglich sein
 - > Kurze Reaktionszeit und schnelle Verarbeitungszeit
- Es muss eine hinreichende Kapazität für viele gleichzeitige Verbindungen zur Verfügung stellen
 - > Hohe Verarbeitungszeit und großer Durchsatz
- Das System muss immer verfügbar sein
 - > Hohe Verfügbarkeit und Fehlertoleranz
- Das System muss beliebig erweiterbar sein
 - > Hohe Skalierbarkeit und Offenheit

Inhalt

- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

Grundlegende technische Architektur

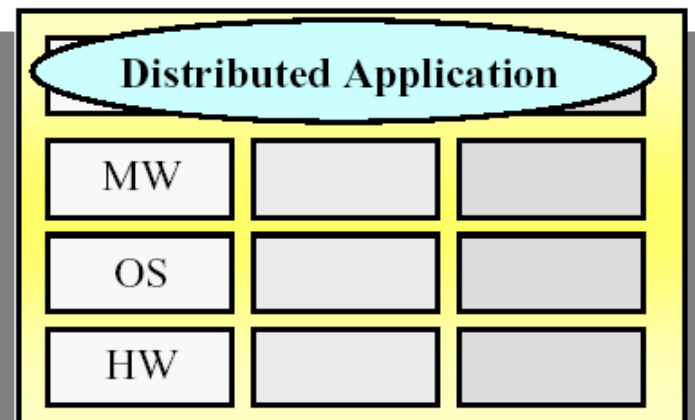
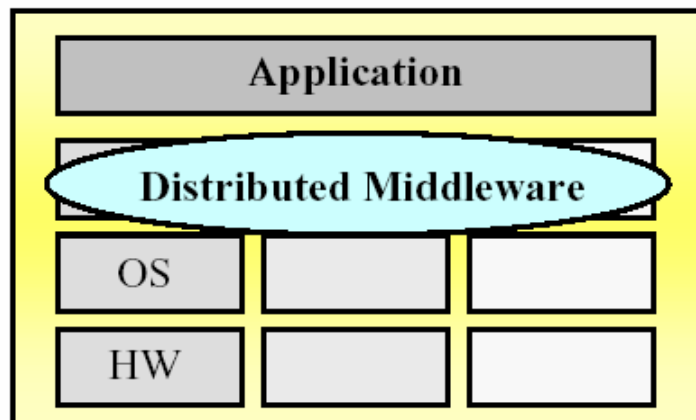
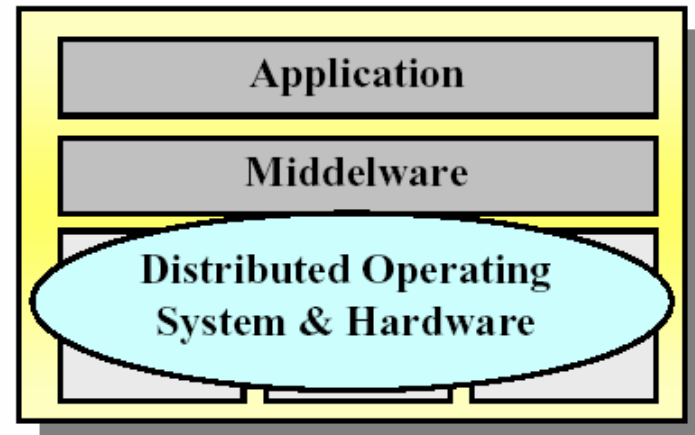
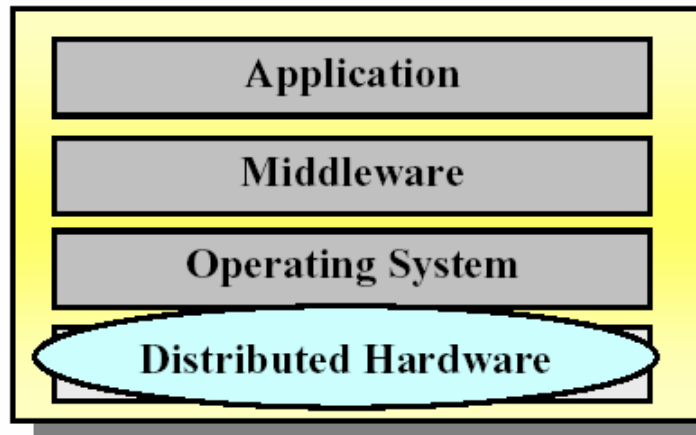


Anforderungen an die technische Architektur

- Hohe Verfügbarkeit
 - >99,99% (1 Stunde Ausfall pro Jahr) bis zu > 99,999% (5 Minuten Ausfall pro Jahr)
- Nahezu beliebige Skalierbarkeit
 - 1.000 Benutzer bis zu einer Ausbaustufe von mehreren Millionen Benutzern
- Offenheit und Standards
 - Integration und Kooperation mit anderen Systemen
 - Langlebigkeit der Systeme und somit Erweiterbarkeit und Änderbarkeit
- Kostengünstig
 - Verwendung von Standardprodukten
- ➡ Redundante Lösungen basierend auf Standardprodukten

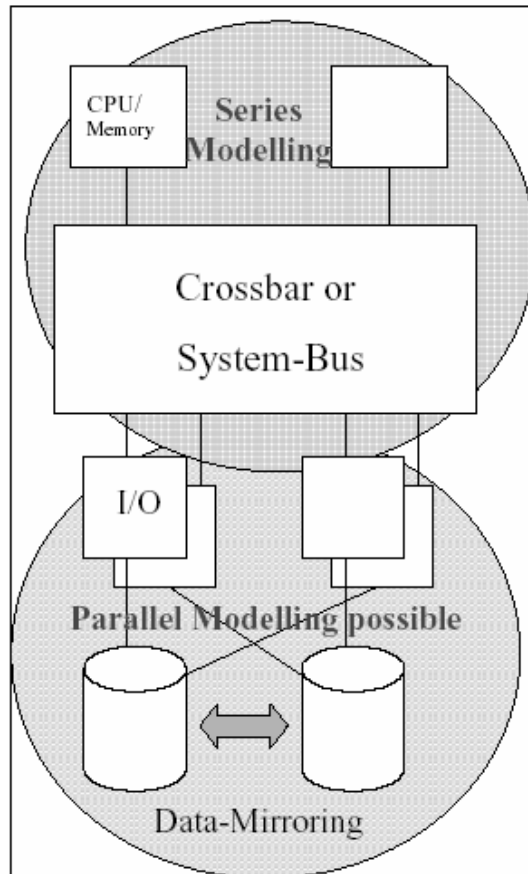
Redundant ausgelegte technische Architektur

- Vier Möglichkeiten

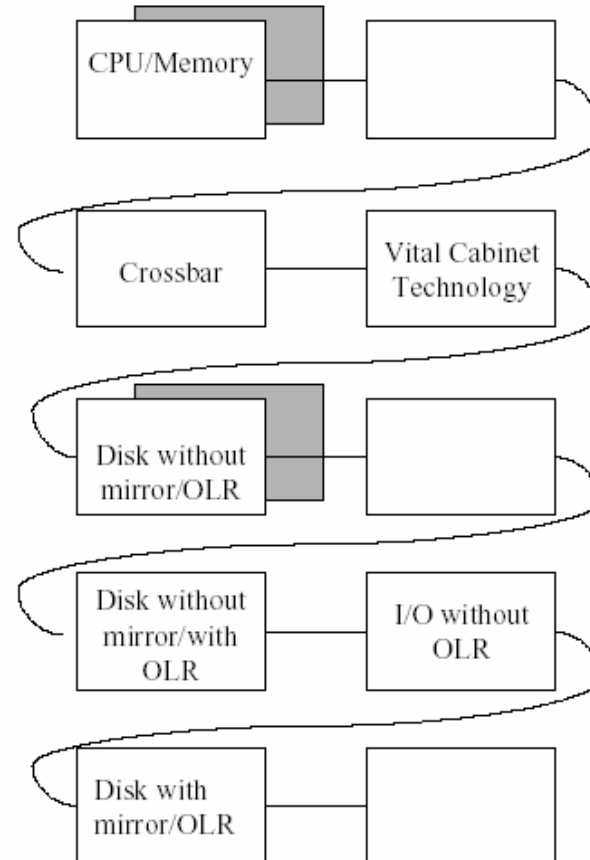


Redundante Hardware

Hardware model



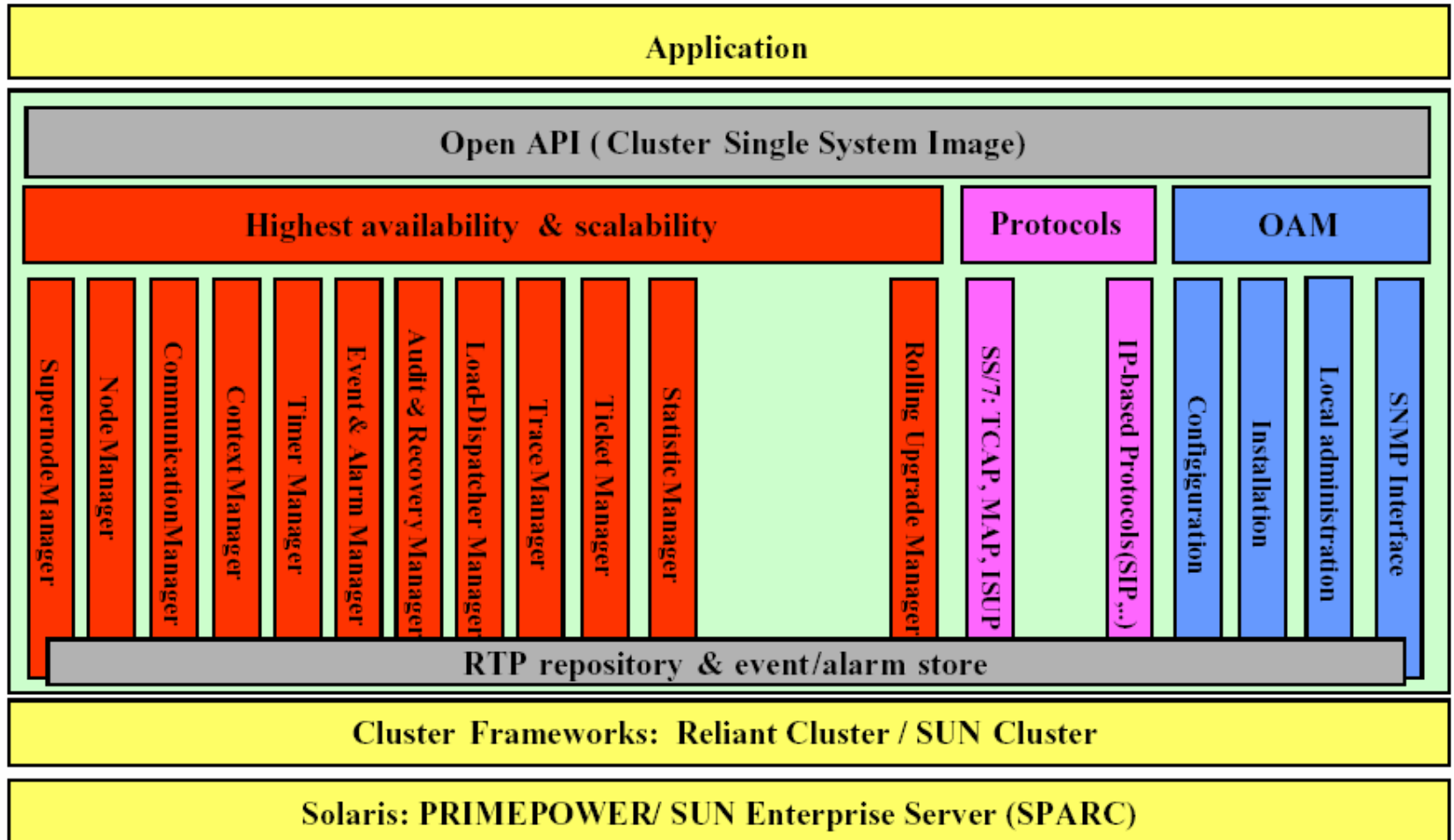
Availability model



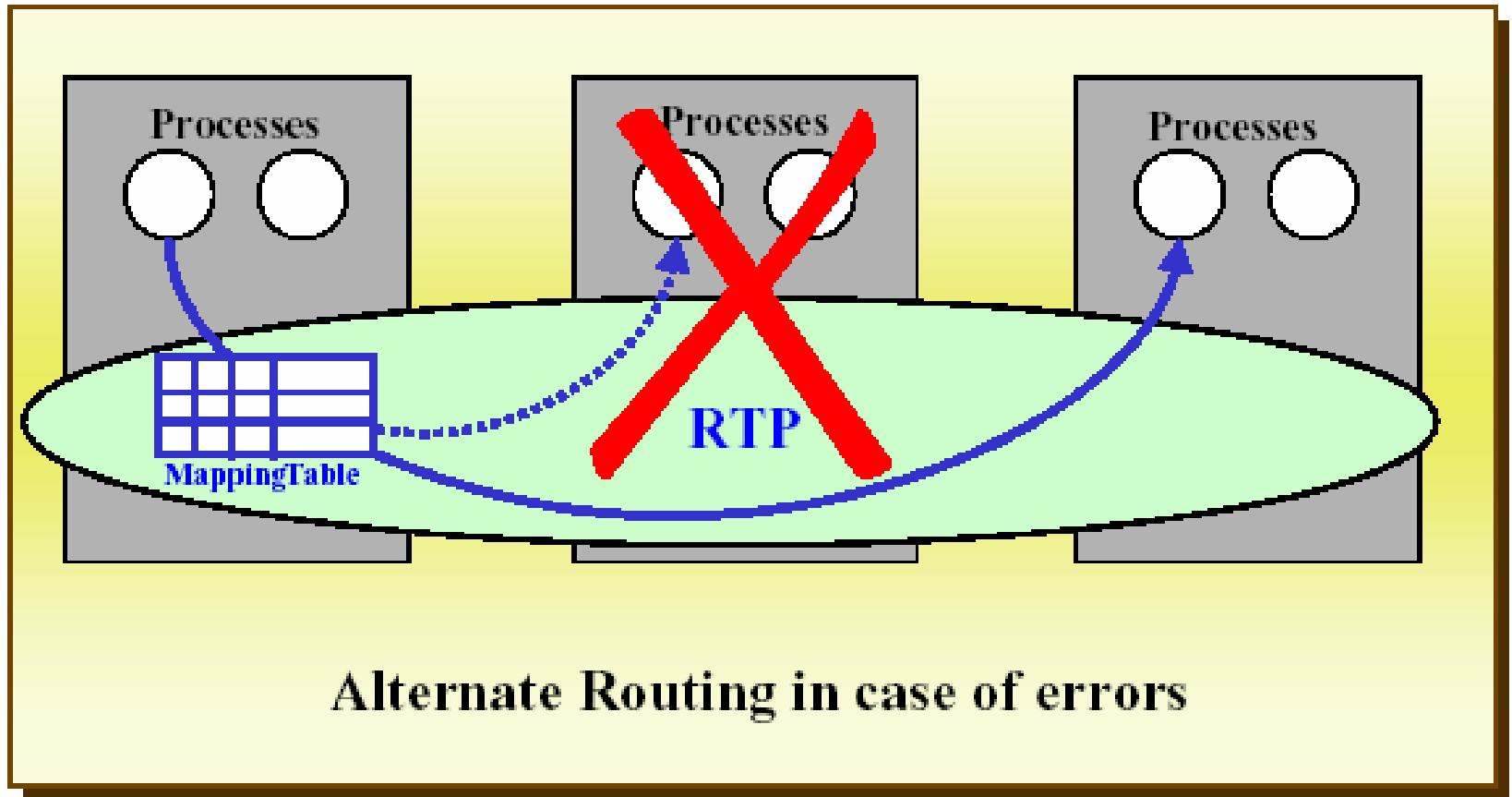
Verteiltes Betriebssystem und verteilte Middleware

- **Verteiltes Betriebssystem**
 - Massive Parallel Processing Systems (MPP) mit einer hohen Anzahl an Prozessoren und jede I/O Komponente hat mindestens zwei Zugriffspfade mit jeweils unterschiedlichen Prozessoren (primäre und sekundär).
 - Spezielles Betriebssystem und Programmierumgebung
 - Beispiel: Hosts und Superrechner, Deep Blue, RS/6000, etc.
- **Verteilte Middleware**
 - Idee: Verwende ein Cluster von Symmetric Multiprocessor Systems (SMP) (System mit 128 Prozessoren und einer shared memory) und lege eine verteilte Middleware drüber, die ein verteiltes Betriebssystem simuliert.
 - Vorteil: Standardhardware kann verwendet werden
 - Beispiel: Sun's Sun Server Family und Fujitsu Siemens Computers PRIMEPOWER jeweils mit Resilient Telco Platform als verteilte Middleware

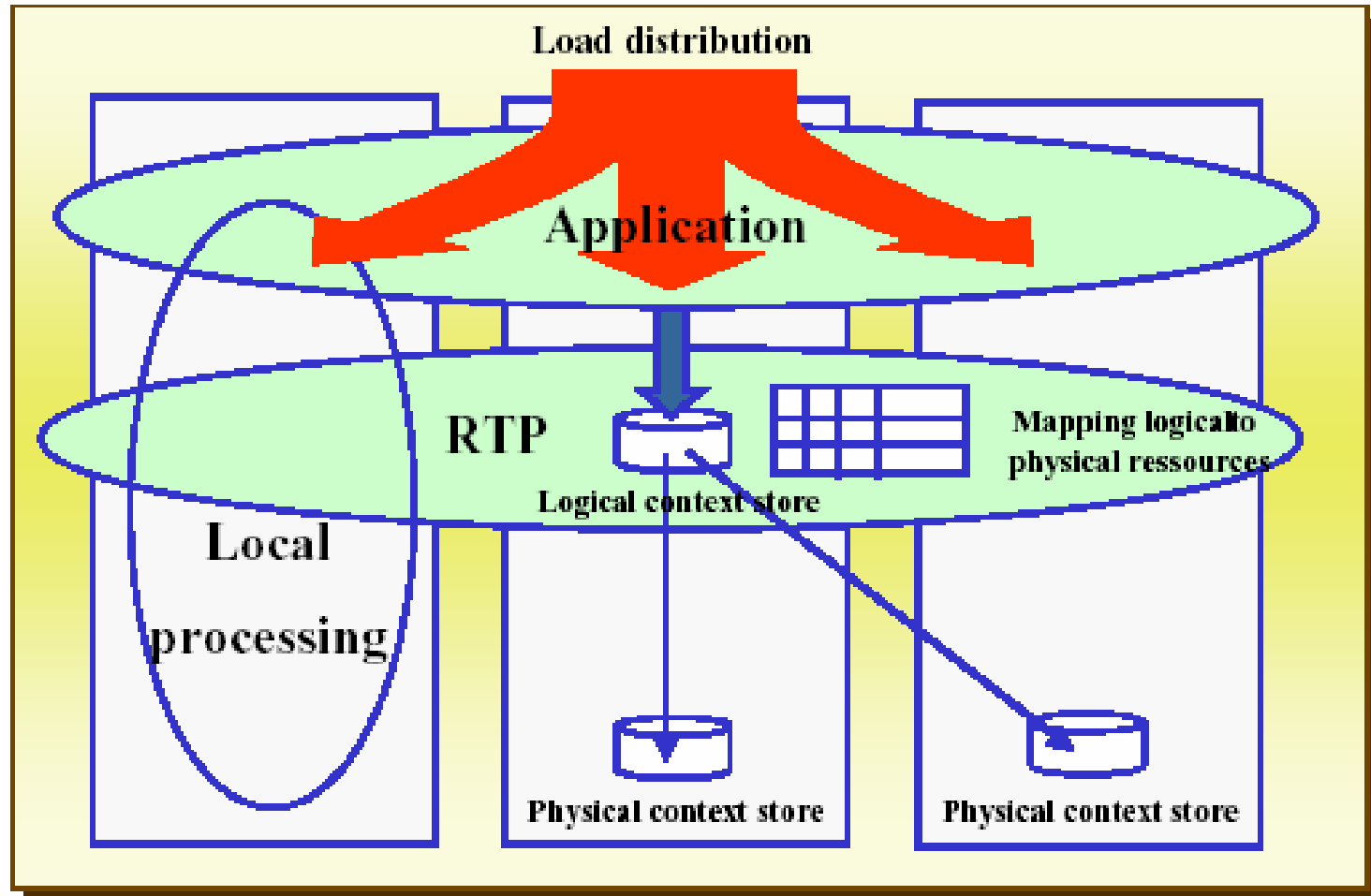
Beispiel: Resilient Telco Platform



Beispiel: Resilient Telco Platform – Kommunikationsmanager



Beispiel: Resilient Telco Platform – Lastverteilungsmanager



Inhalt

- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- **Anwendungsframework**
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

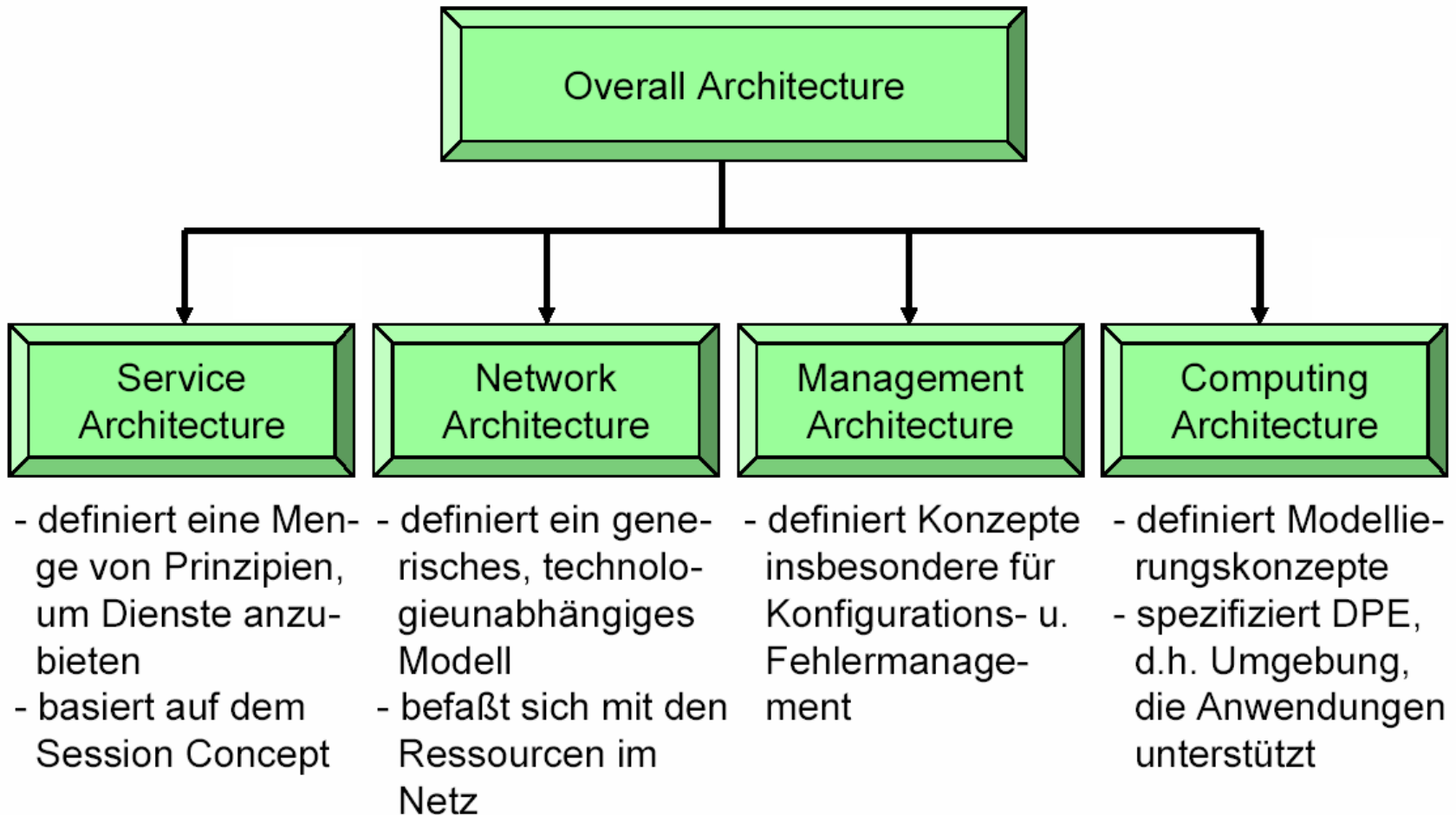
Anforderungen und Ziele eines Anwendungsframeworks

- Telekommunikationsanwendungen sollen auf Basis des Anwendungsframeworks leichter entwickelt werden
- Der Anwendungsentwickler muss die technischen Randbedingungen, wie zum Beispiel Verteilung, nicht mehr berücksichtigen
- Einzelne Module können von unterschiedlichen Herstellern integriert werden; Koexistenz und Interoperabilität der verschiedenen Anwendungen
- Unabhängigkeit von der Hardware, Betriebssystem und der Middleware

Beispiel: TINA – Anwendungsframework

- Offene, objektorientierte Architektur für verteilte Telekommunikationsanwendungen
- Beschreibt WIE etwas implementiert werden soll, nicht WAS implementiert werden soll
- Durch ein TINA-Konsortium spezifiziert: TINA-C
- Ziel: Offener Telekommunikations- und Informationsmarkt
- Dazu: integrierter Ansatz, der Telekommunikations- und Informationstechnologien nutzt mittels
 - Techniken der Objektorientierung und verteilten Verarbeitung
 - Schichtenarchitektur
 - Integration von Kontrolle und Management

Architektur von TINA

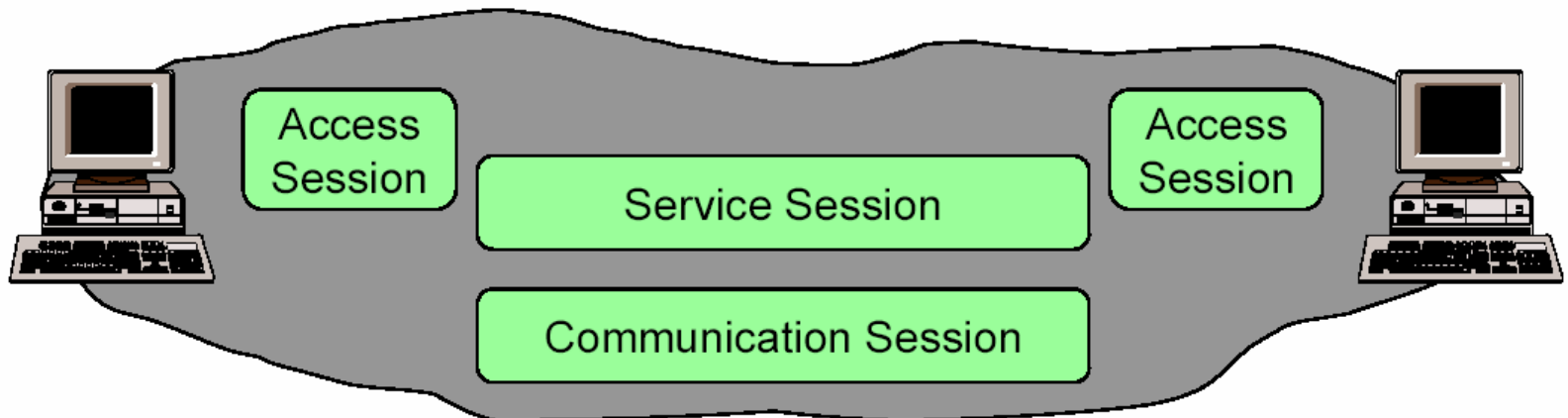


Service Architektur von TINA

Session (Sitzung): Temporäre Beziehung zwischen einer Menge von Objekten zwecks kollektiver Ausführung von Aktivitäten („session“ soll das traditionelle Konzept des „call's“ ersetzen und damit auch komplexe Multimedia-TK-Dienste ermöglichen)

Eine Session hat einen Zustand, der sich während des Bestehens dieser Session ändern kann.

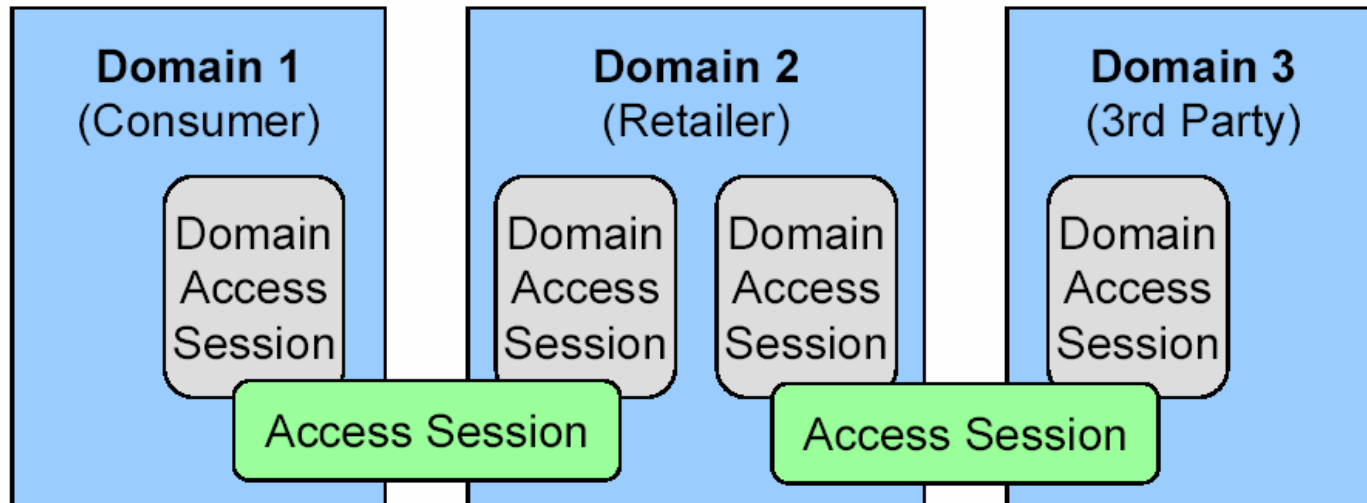
Es werden 3 grundlegende Arten von Sessions unterschieden - gemäß Splittung der Referenzpunkte in Access und Usage Part, wobei letzterer noch verfeinert wird:



Access Session in TINA

- stellt einem Nutzer einen Kontext bereit, um einen TINA Dienst zu nutzen, der von einem Provider angeboten wird
- schafft eine sichere, abrechenbare, managebare Beziehung zwischen dem Nutzer und Provider im TINA-System

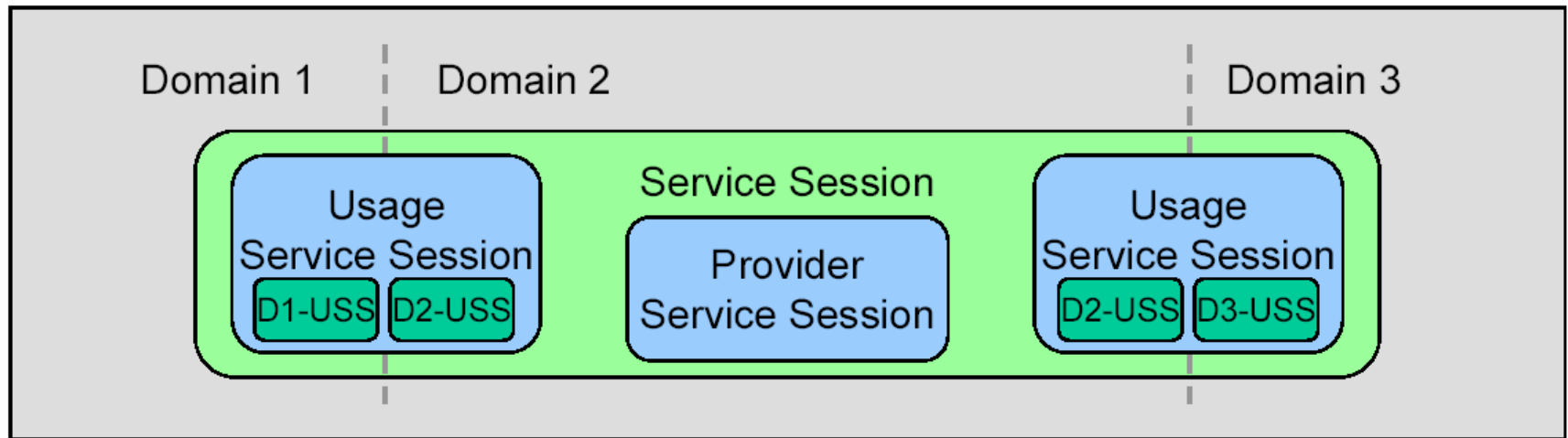
Eine Access Session (AS) entsteht, wenn zwei Domain Access Sessions (D_AS) ein Binding eingehen. Die AS kann dann von jedem Domain terminiert werden.



Service Session in TINA

Aus einer Access Session können eine oder mehrere Service Sessions aufgerufen werden - die Service Session ist dann (nur) solange aktiv, wie die Access Session.

Die Service Session unterteilt sich dann noch einmal in Usage Service Session und Provider Service Session:



Provider Service Session: repräsentiert grundlegende Dienstlogik und -kontrolle für die Domains, die am Dienst beteiligt sind

Usage Service Session: repräsentiert andere Domains in der Service Session

Communication Session in TINA

Die Communication Session kann mehrere Verbindungen mit mehreren Endpunkten zur Multimedia-Übertragung handhaben.

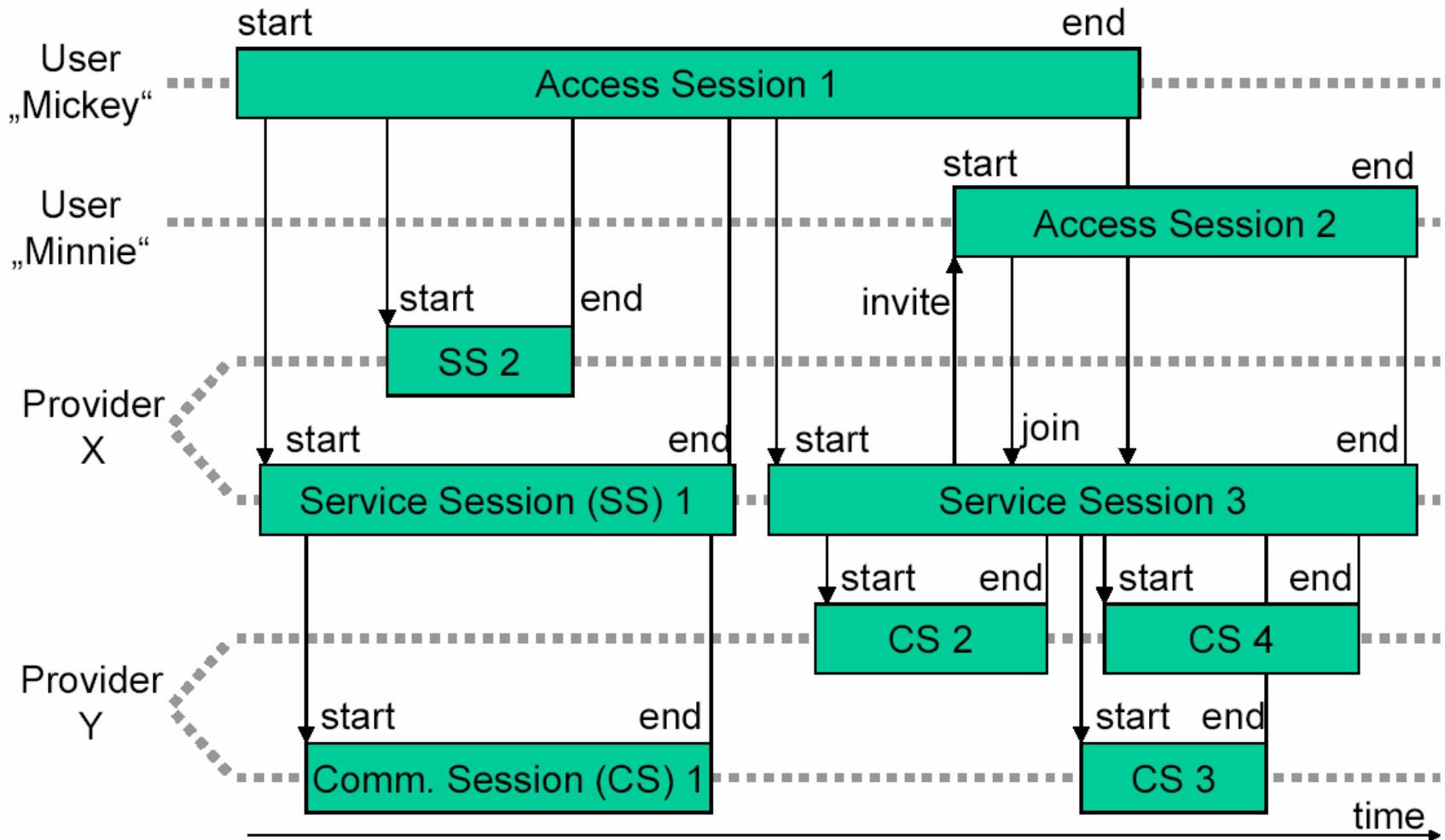
Aber: Zu jedem Zeitpunkt kann nur eine Service Session einer Communication Session zugeordnet sein.

Sie kann mit dem Connectivity Provider interagieren, um Interaktionen für die Service Session bereitzustellen.

Generell gilt:

- eine Service Session kann ohne eine entsprechende Access Session nicht existieren
- eine Access Session kann mehrere Service Sessions umgeben
- eine Communication Session kann nicht ohne eine Service Session existieren
- eine Communication Session kann durch lediglich eine einzelne Service Session kontrolliert werden, um Konflikte zu vermeiden

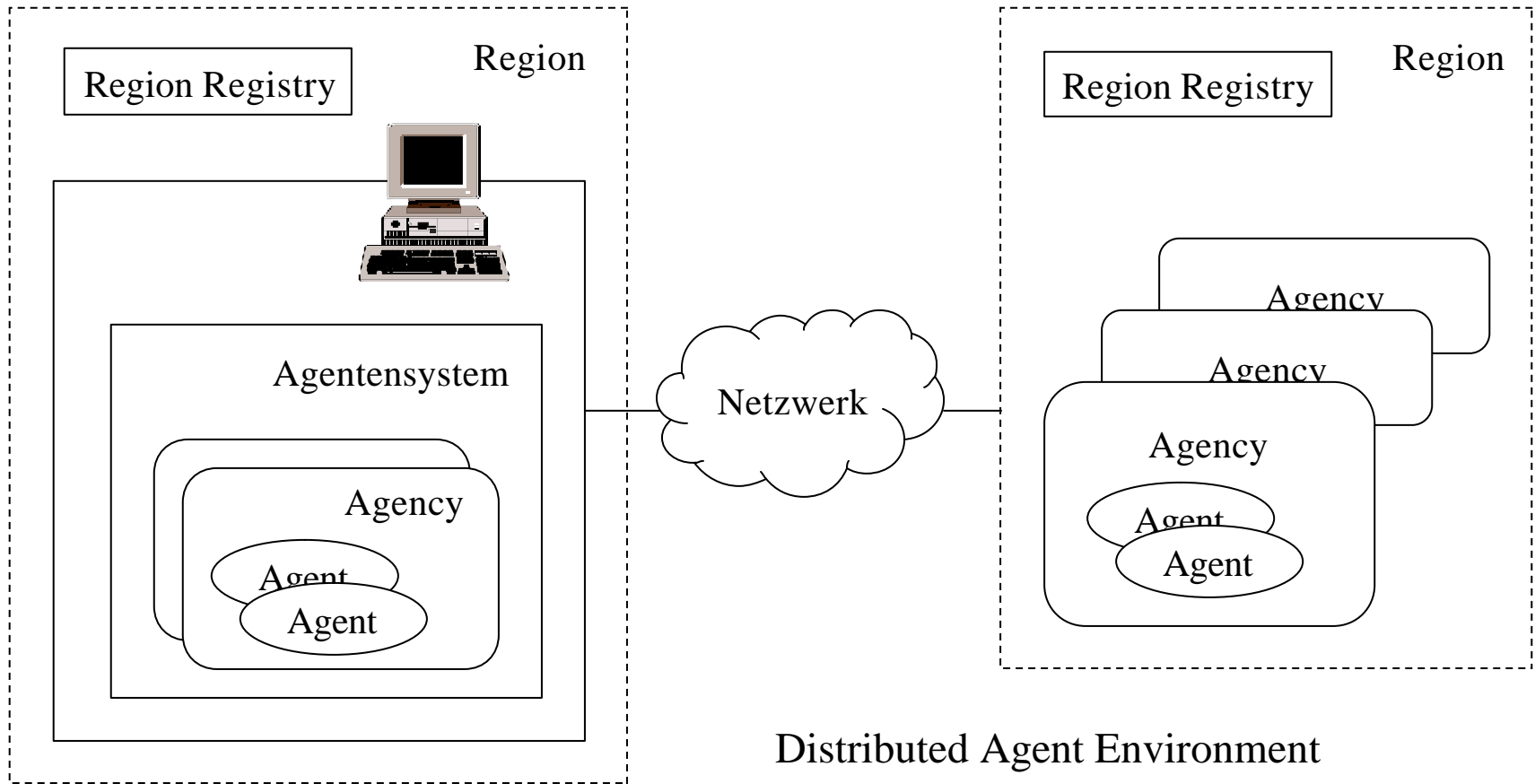
Beispiel für die Sessions in TINA



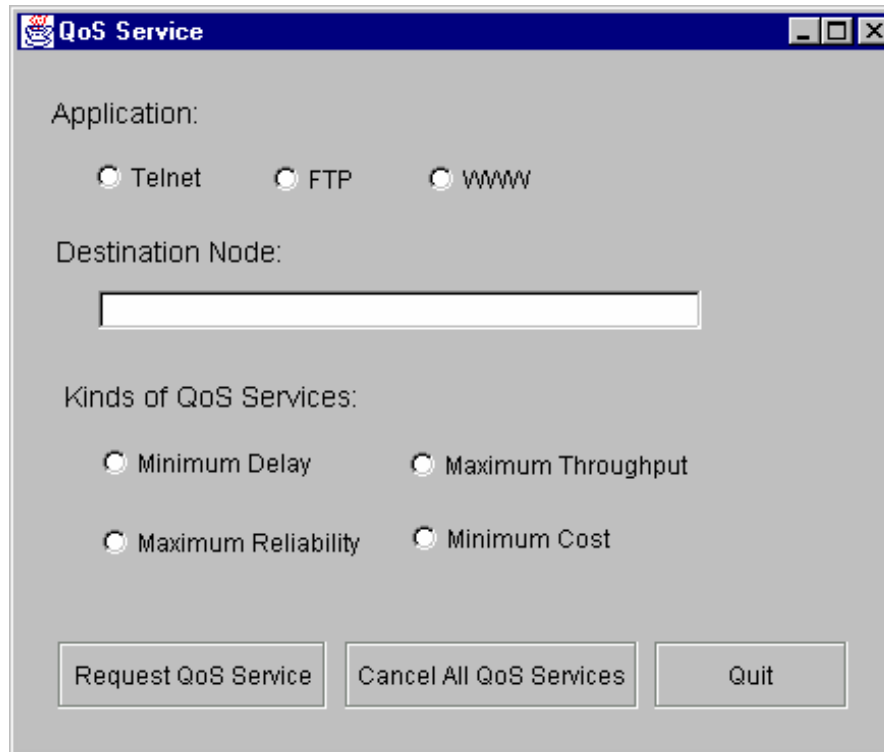
Inhalt

- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- **Anwendung mobiler Agenten**
- Zusammenfassung
- Literatur

Architektur von Plattformen für mobile Agenten



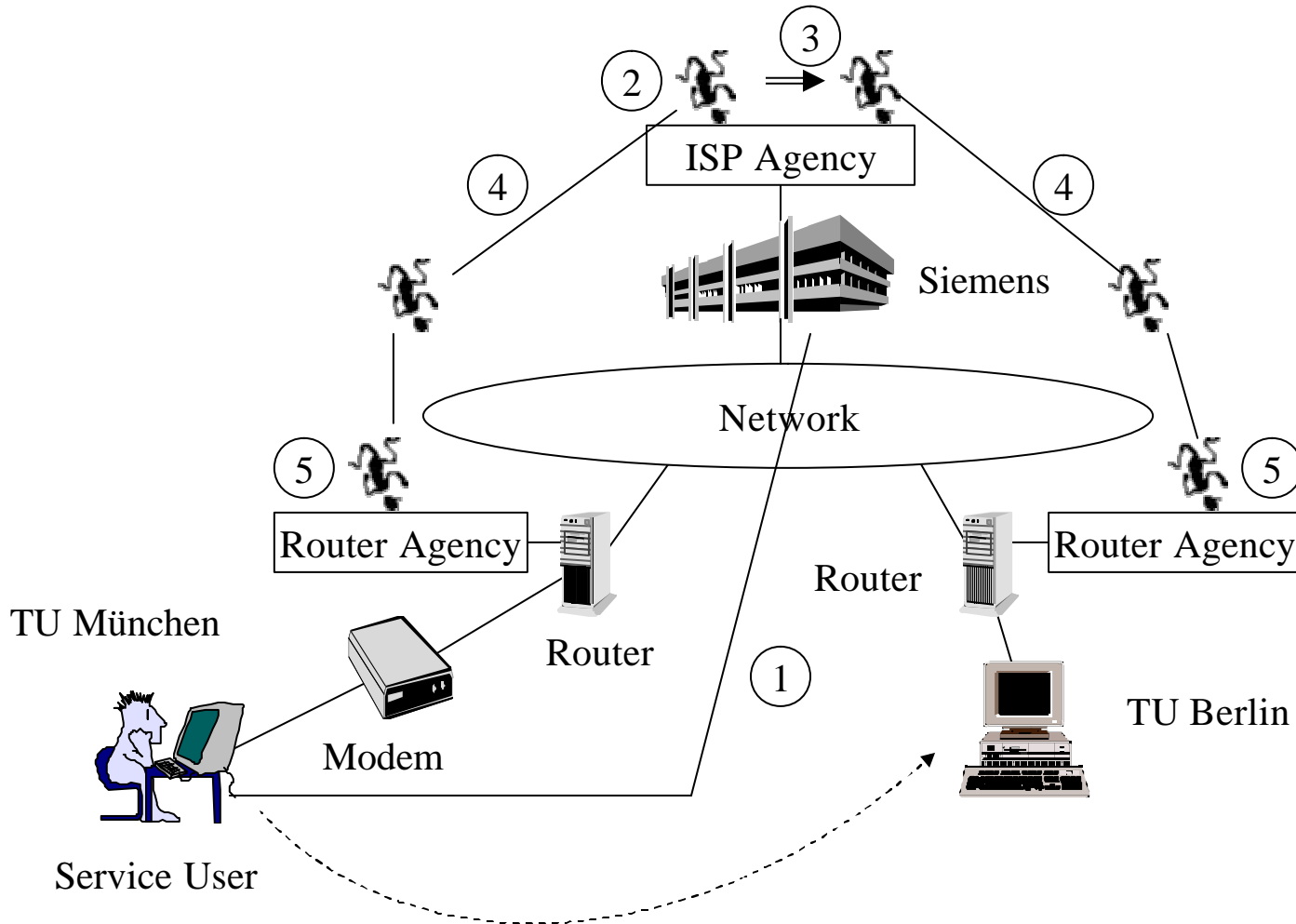
Beispielanwendung: Quality of Service (1)



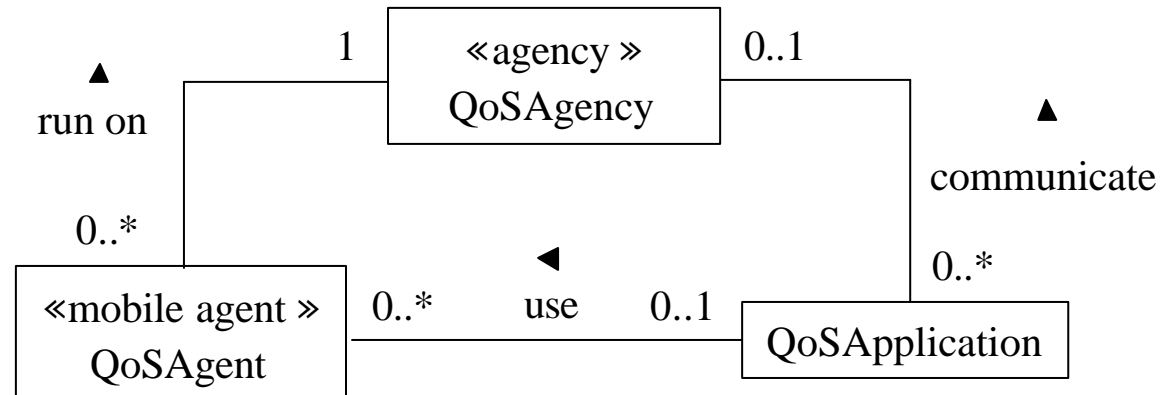
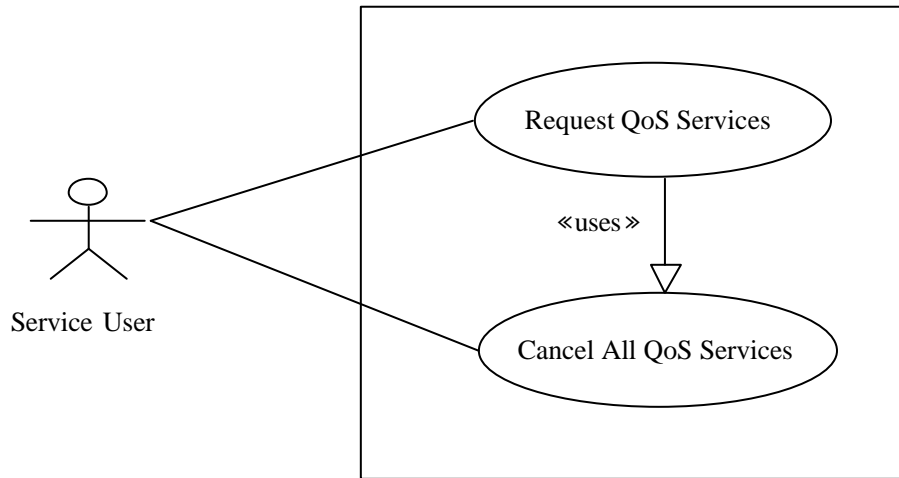
The screenshot shows a window titled "QoS Service" with a standard Windows-style title bar. The window contains the following elements:

- Application:** Three radio buttons for "Telnet", "FTP", and "WWW".
- Destination Node:** A text input field.
- Kinds of QoS Services:** Four radio buttons: "Minimum Delay", "Maximum Throughput", "Maximum Reliability", and "Minimum Cost".
- Buttons:** Three buttons at the bottom: "Request QoS Service", "Cancel All QoS Services", and "Quit".

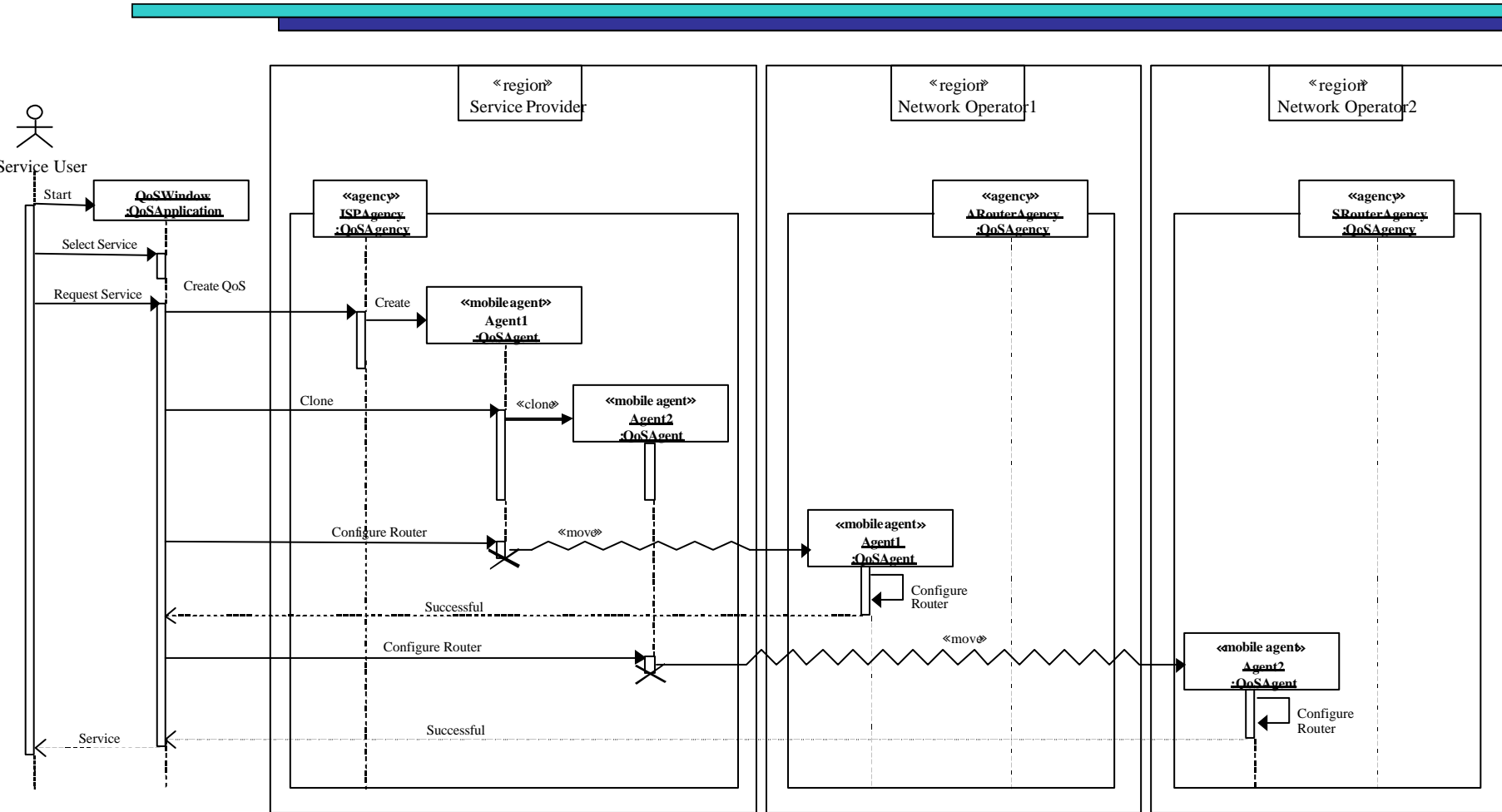
Beispielanwendung: Quality of Service (2)



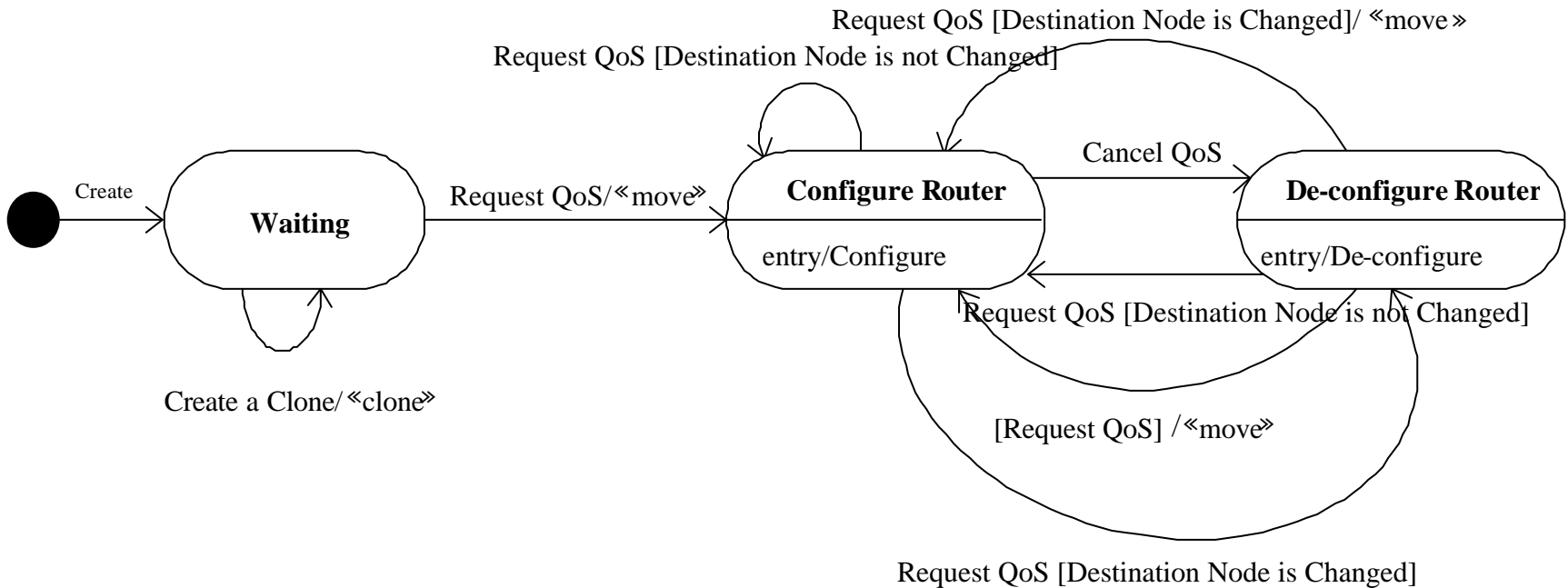
Analysemodell der Beispielanwendung



Designmodell der Beispielanwendung (1)



Designmodell der Beispielanwendung (2)



Inhalt

- Überblick über Telekommunikationssysteme
- Fachliche Architektur
 - Logische Architektur
 - Dienstarchitektur
 - Typische Randbedingungen
- Technische Architektur
- Anwendungsframework
- Anwendung mobiler Agenten
- Zusammenfassung
- Literatur

Zusammenfassung

- Telekommunikationssysteme sind von der Funktionalität und somit auch von der Anwendungsarchitektur sehr ähnlich zu betrieblichen Informationssystemen (Service-basierte Schichtenarchitektur).
- Telekommunikationssysteme sind von den technischen Randbedingungen und somit auch von der technischen Architektur ähnlich zu eingebetteten Systemen (spezifische Hardware, hohe Verfügbarkeit, etc.).
- Standardisierte Modellierungstechniken könnte man verwenden, werden aber im Moment noch nicht verbreitet eingesetzt.
- Standardisierte Realisierungstechniken setzten sich durch den Kostendruck verstärkt durch.
- In der Praxis gibt es meist einen Methodenbruch zwischen fachlicher Architektur und technischer Architektur (oder schlimmer: eine fachliche Architektur wird überhaupt nicht erstellt).
- Um ein System realisieren zu können, muss der Entwickler heutzutage in fast allen Fällen über ein umfassendes und detailliertes Verständnis der technischen Infrastruktur (inklusive der Hardware) verfügen.

Literaturhinweise

- [Fr99] R. L. Freeman. Fundamentals of Telecommunications; Wiley Interscience. 1999.
- [FS03] Fujitsu Siemens Computers. Resilient Telco Platform; White Paper; <http://www.fujitsu-siemens.com/rl/products/software/rtp4.html>. 2003.
- [Gö01] Jürgen Göbel. Kommunikationstechnik; Grundlagen und Anwendungen. 2001.
- [PK02] Axel Pink, Heinz KOBmann, Manfred Broy, Edeltraud Kargl, Michael Lagally, Thomas Schimper. Software-Entwicklung für Kommunikationsnetze. 2002.
- [Ta97] A. S. Tanenbaum. Computer Networks, 3rd Edition, Prentice Hall. 1997.