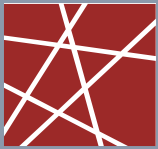




Motivierende Fragen

- ❑ Warum gibt es geschichtete Kommunikationsarchitekturen? Welche Kommunikationsschichten gibt es?
- ❑ Wie lässt sich die Medienzugriffssteuerung bei drahtgebundenen Netzen realisieren?
- ❑ Welche Funktionalität kann man bei Brücken finden?
- ❑ Welche Routingprotokolle gibt es im Internet?
- ❑ Was versteht man unter Round-Trip-Time? Warum ist diese Größe für TCP wichtig?
- ❑ Welche Transparenzprinzipien sollen durch Middleware realisiert werden? Wie lassen sich Web Services charakterisieren?
- ❑ Welche Sicherheitsdienste gibt es? Wie können die Sicherheitsziele sichergestellt werden? Wie sind Zertifikate aufgebaut, und wie werden sie eingesetzt?



Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme

Zusammenfassung

Rückblickender Überblick über Kapitel 1-12

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Technische Universität München
carle@net.in.tum.de
<http://www.net.in.tum.de>





□ **Vorlesung Netzsicherheit - IN2101**

- ECTS 5.0
- Sprache Deutsch
- Vorläufige Termine
 - Mi 14:15 - 16:00 MI 00.08.038 ab 21.10.2009 wöchentlich
 - Do 14:15 - 16:00 MI 00.08.038 ab 22.10.2009 wöchentlich

□ **Vorlesung Masterkurs Rechnernetze - Internet-Protokolle - IN2097**

- ECTS 5.0
- Sprache Englisch / Deutsch
- Vorläufige Termine
 - Mo 16:15 - 17:45 MI HS 2 ab 19.10.2009 wöchentlich
 - Fr 10:15 - 11:45 MI HS 2 ab 23.10.2009 wöchentlich



Ankündigung Internet-Praktikum

□ Internet-Praktikum

- Im Praktikum haben Sie Gelegenheit, vieles von dem, was Sie theoretisch in der Vorlesung kennen gelernt haben, praktisch auszuprobieren.
- Nach Teilnahme am Praktikum sind Sie in der Lage, Ihr eigenes „Internet“ aufzubauen oder wissen umgekehrt, warum vieles funktioniert oder auch nicht funktioniert, da Sie es selbst ausprobiert haben.





- ❑ **Proseminar „Network Hacking“**
Im Wintersemester wöchentlich
Freitags 14:00 - 16:00 Uhr in Raum 03.07.023

- ❑ **Seminar „Innovative Internet-Technologien und Mobilkommunikation“**
Im Wintersemester wöchentlich
Montags 14:00 – 16:00 im Raum 03.07.023

- ❑ **Blockseminar „Future Internet“**
Das Seminar findet am Mo 12. und Di 13. Oktober 2009 statt.



Klausurtermin

- ❑ Klausur: Di 28.07.2009 14:00-16:30 MW2001
- ❑ Nachholtermin: Di 13.10.2009 14:00-16:30 MW2001
- ❑ Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten.
- ❑ Die reguläre Anmeldung zur Klausur sollte erfolgt sein.
- ❑ Studenten, die sich aufgrund ihres Studiengangs nicht anmelden können, schicken bitte eine Mail an rnvs@net.in.tum.de mit folgenden Daten:
 - Matrikelnummer
 - Vorname Nachname
 - Studiengang
 - Geburtsdatum
 - Semester

Zur Klausur zugelassene Materialien

- ❑ Ausdruck der Vorlesungsfolien (Markierungen und Anmerkungen im Rahmen dessen, was in der Vorlesung gesagt wurde, sind erlaubt)
- ❑ Post-Its/Indexstreifen zum schnelleren Auffinden von Kapiteln (Kapitelnummern und -überschriften sind erlaubt)
- ❑ zwei beidseitig und handschriftlich beschriebene A4-Blätter mit Notizen und Formelsammlung
- ❑ Taschenrechner (nicht programmierbar)



- ❑ Der Notenbonus gilt für die Klausur und die Wiederholungsklausur.

Er gilt auch wenn man die Hauptklausur nicht besteht für die Nachklausur.

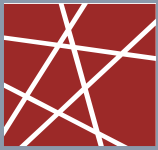
Er gilt also für beide Klausuren, die wir zur Vorlesung dieses Semesters abhalten und verfällt auch nicht bei einmaligem "Einsatzversuch".

- ❑ Er findet allerdings nur Anwendung, wenn man besteht, also besser als 4.0 hat.
- ❑ Er gilt nicht im nächsten Semester.



Hinweise zur Klausur

- ❑ Leistung = Arbeit / Zeit
 - Also: zügige (aber nicht schlampige) Bearbeitung ist wichtig
- ❑ Verständnis ist wichtig
 - Erklären von Sachverhalten üben (was man im Kopf oder im Gespräch mit einem Kommilitonen bereits einmal vorformuliert hat, kann man auch schriftlich in guter Qualität reproduzieren)
- ❑ Charakter der Prüfungsfragen
 - Die Übungsaufgaben sind ein gutes Beispiel dafür, wie die Aufgaben in der Klausur gestellt werden
 - Motivierende Fragen zu Beginn der Vorlesung sollen das Nachdenken anregen, sind aber nicht als Beispiele für Prüfungsaufgaben gedacht
- ❑ Aufgaben lösen können ist wichtig
 - Wer an Übung nicht teilgenommen hat, soll trotzdem Lösen von Aufgaben üben



Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme

**Rückblickender Überblick
über Kapitel 1-12**

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Technische Universität München
carle@net.in.tum.de
<http://www.net.in.tum.de>





Zusammenfassung

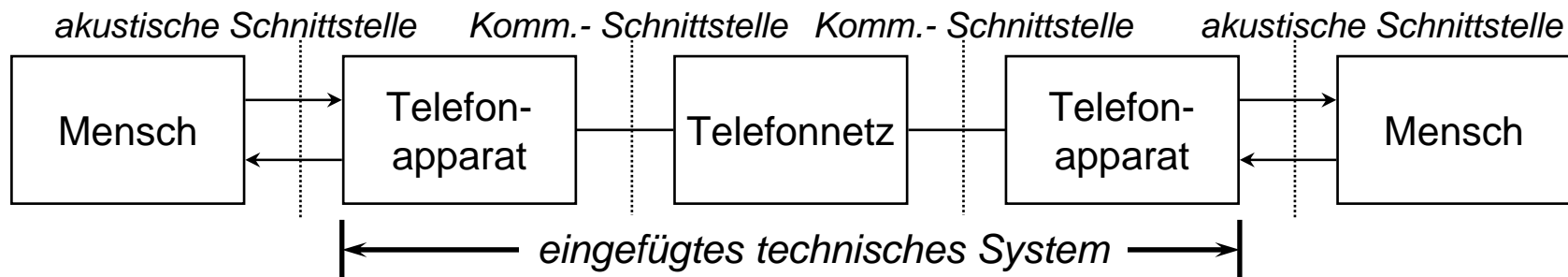
1. Einführung und Motivation
 - Bedeutung, Beispiele
2. Begriffswelt und Standards
 - Dienst, Protokoll, Standardisierung
3. Nachrichtentechnik
 - Daten, Signal, Medien, Physik
4. Bitübertragungsschicht
 - Codierung
 - Modems
5. Direktverbindungsnetze
 - Fehlererkennung, Protokolle
 - Ethernet
6. Vermittlung
 - Vermittlungsprinzipien
 - Wegwahlverfahren
7. Internet-Protokolle
 - IP, ARP, DHCP, ICMP
 - Routing-Protokolle
8. Transportprotokolle
 - UDP, TCP
9. Verkehrssteuerung
 - Kriterien, Mechanismen
 - Verkehrssteuerung im Internet
10. Anwendungsorientierte Protokolle und Mechanismen
 - Netzmanagement
 - DNS, SMTP, HTTP
11. Verteilte Systeme
 - Middleware
 - RPC, RMI
 - Web Services
12. Netzsicherheit
 - Kryptographische Mechanismen und Dienste
 - Protokolle mit sicheren Diensten: IPSec etc.
 - Firewalls, Intrusion Detection



1. Einführung

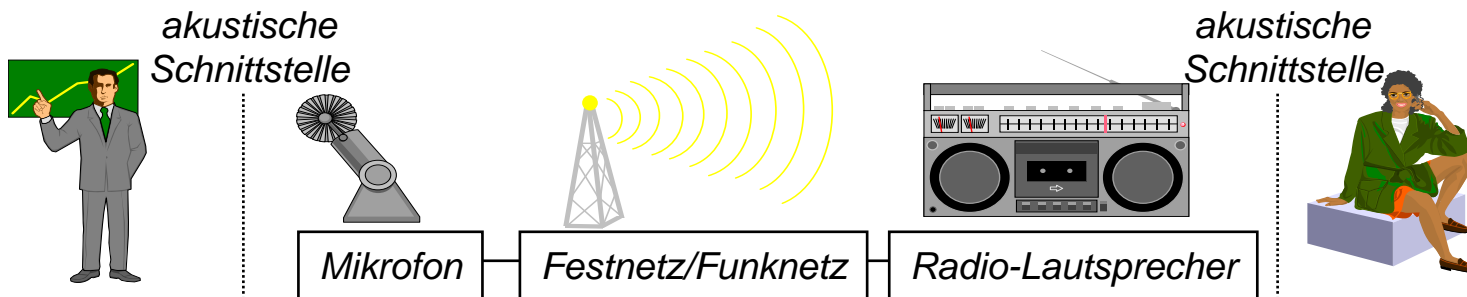
Kommunikation mit technischer Mitteln - Telekommunikation

- Die klassische Nachrichtentechnik / Telekommunikationstechnik ist von der Sprachkommunikation (Telefon) geprägt - technisch und wirtschaftlich
- Menschen als Kommunikationspartner:



Modell einer Telefonkommunikation

- ⇒ Das technische System wird in den - ansonsten weitgehend unveränderten - Kommunikationsablauf eingefügt.



Modell einer Rundfunkkommunikation



2. Begriffe - Motivierende Fragen

- ❑ Wie kann ein Protokoll eindeutig beschrieben werden?
- ❑ Welche Grundmechanismen können in Protokollen identifiziert werden?
- ❑ Wie können Nachrichten übermittelt werden und mit welchen Problemen muss man rechnen?
- ❑ Welche Schichten gibt es im Kommunikationsmodell?



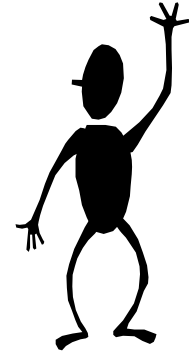
2. Begriffe - Kapitelgliederung

- 2.1. Grundlegende Begriffe
- 2.2. Grundlegende Problemstellungen der Kommunikation
- 2.3. Charakterisierung von Kommunikationsvorgängen/-beziehungen
 - 2.3.1. Menge der beteiligten Kommunikationspartner (KP)
 - 2.3.2. Übertragungsverfahren/Schnittstellen
 - 2.3.3. Nutzungsrichtung
 - 2.3.4. Auslieferungsdisziplin
 - 2.3.5. Qualität
- 2.4. Technischer Hintergrund
- 2.5. Kommunikationsarchitekturen
 - 2.5.1. Netztopologien
 - 2.5.2. Dienste und Protokolle
- 2.6. ISO/OSI-Basisreferenzmodell
 - 2.6.1. OSI-Kommunikationseinheiten
 - 2.6.2. Bezeichnungskonventionen
 - 2.6.3. Charakterisierung der Schichten
- 2.7. Protokollspezifikation mit SDL



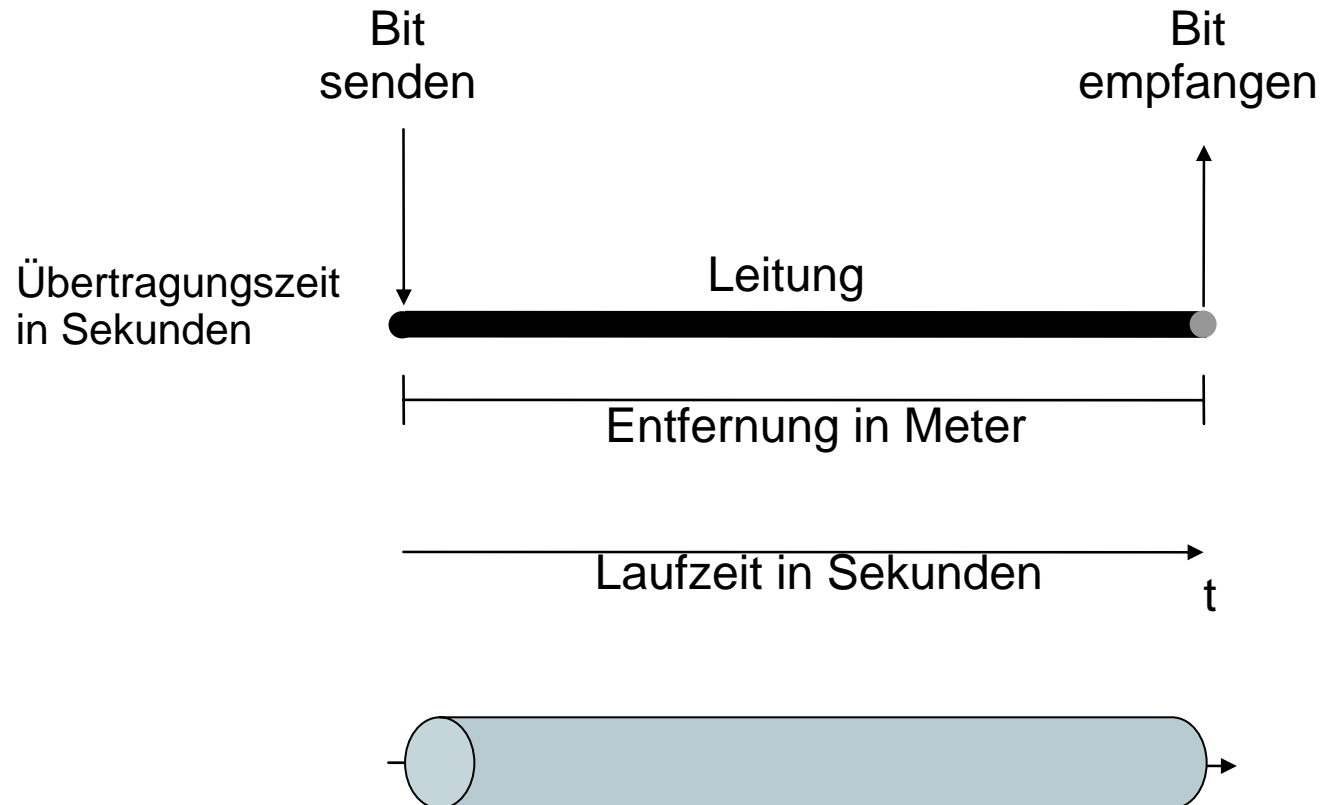
2.2. Grundlegende Problemstellungen der Kommunikation

- ❑ Regelung des Kommunikationsablaufs
→ Protokolle, Protokollschichten
- ❑ Ressourcenverteilung bei mehreren Kommunikationspartnern
→ Vielfachzugriff (Multiple Access)
- ❑ Kommunikation über Zwischenknoten
→ Vermittlung (Switching)
- ❑ Abarbeitung paralleler Kommunikationsvorgänge
→ Scheduling
- ❑ Identifikation von Kommunikationspartnern
→ Namen und Adressen
- ❑ Wahl des besten Kommunikationspfades
→ Routing
- ❑ Umgang mit Übertragungsfehlern
→ Fehlerkontrolle (Error Control)
- ❑ Anpassung der Übertragungsgeschwindigkeit
→ Flusskontrolle (Flow Control)





2.4. Technischer Hintergrund - Technische Leistung



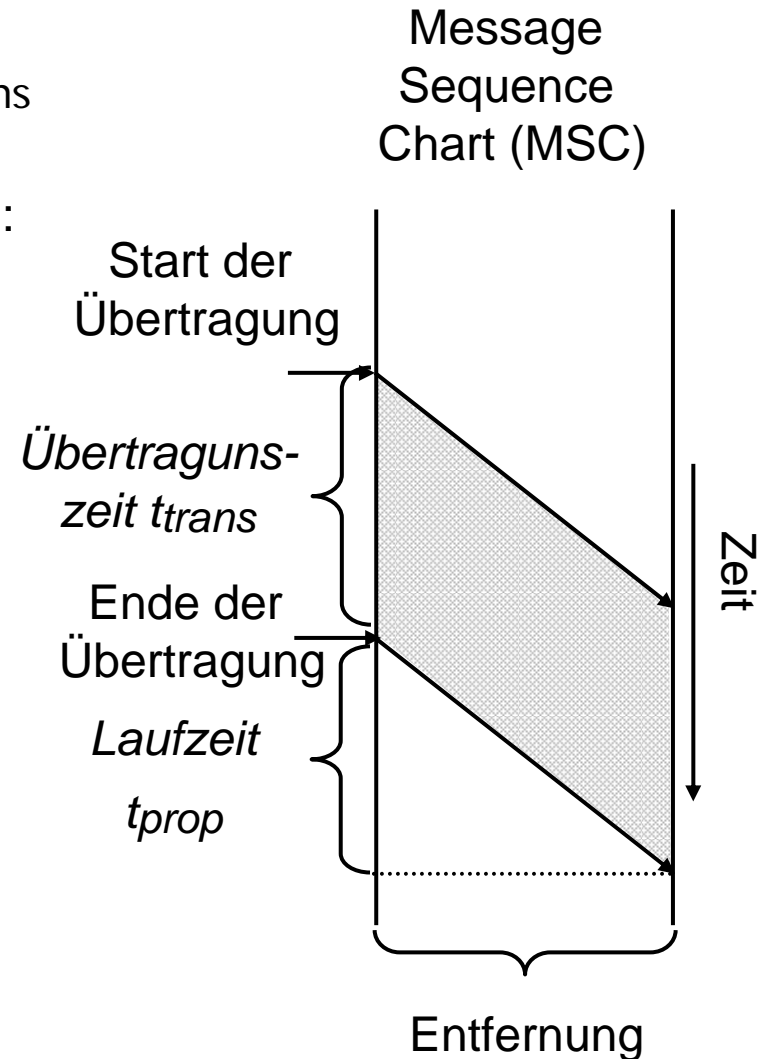
Durchsatz (auch: Datenrate bzw. Bandbreite)
= Anzahl der pro Sekunde übertragenen Bits
[Einheit bit/s]

Bandbreiten-Verzögerungs-Produkt
= Speicherkapazität einer Leitung



Signalausbreitung im Medium, Datenspeicherung

- Senden einer Nachricht benötigt
Übertragungszeit (transmission delay) t_{trans}
 - Übertragungszeit abhängig von Datenrate r and Länge der Nachricht N :
 $t_{trans} = N / r$
- Signale erreichen nach Laufzeit (propagation delay) t_{prop} ihr Ziel
 - Abhängig von Entfernung und Ausbreitungsgeschwindigkeit im Übertragungsmedium
- Über die Laufzeit t_{prop} werden $r \cdot t_{prop}$ bit generiert
 - Gespeichert im Medium
- Gesamtverzögerung:
 $t = t_{trans} + t_{prop} (+ t_{proc} + t_{queue})$
 - t_{proc} : Verarbeitungszeit (processing delay)
 - t_{queue} : Wartezeit (queuing delay)

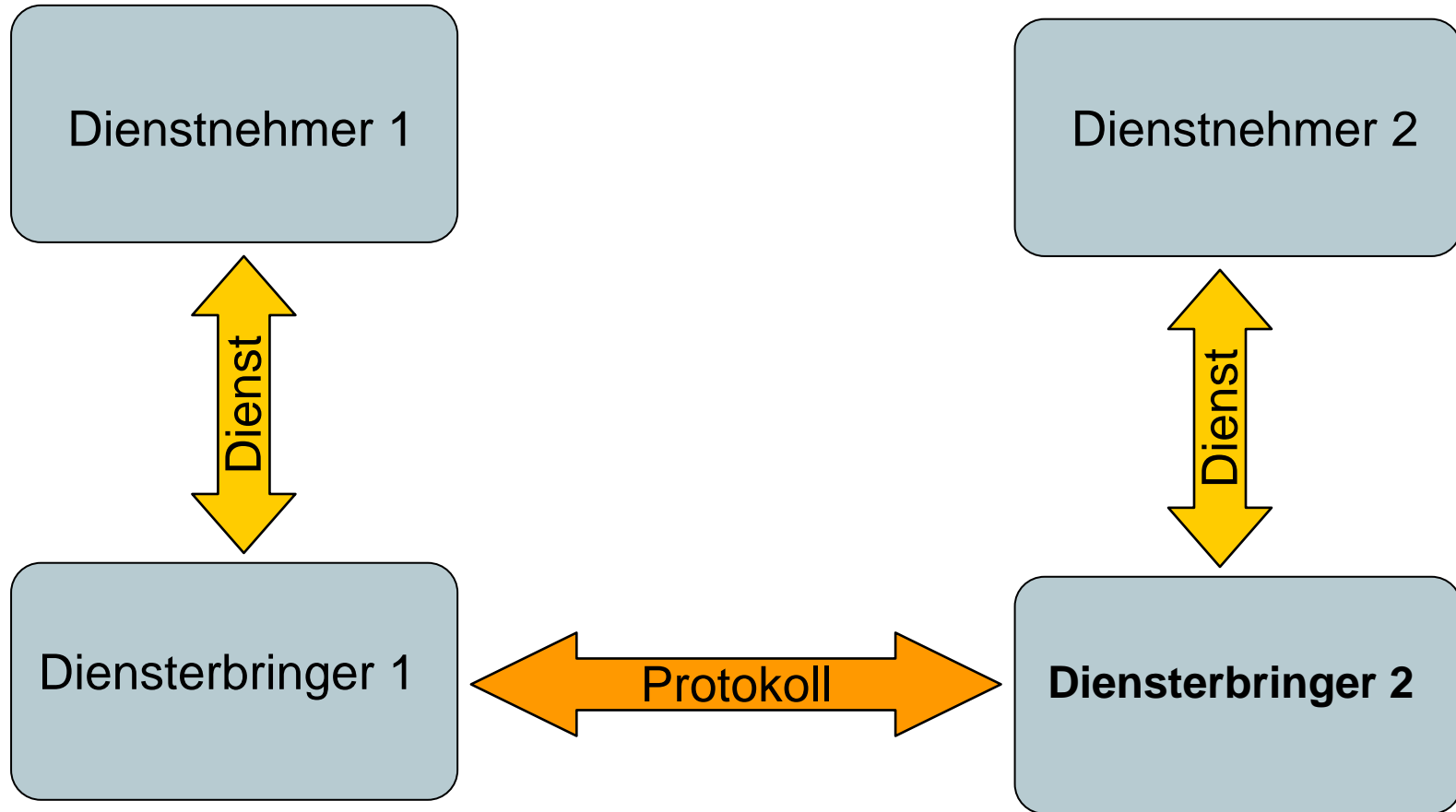




2.5. Kommunikationsarchitekturen

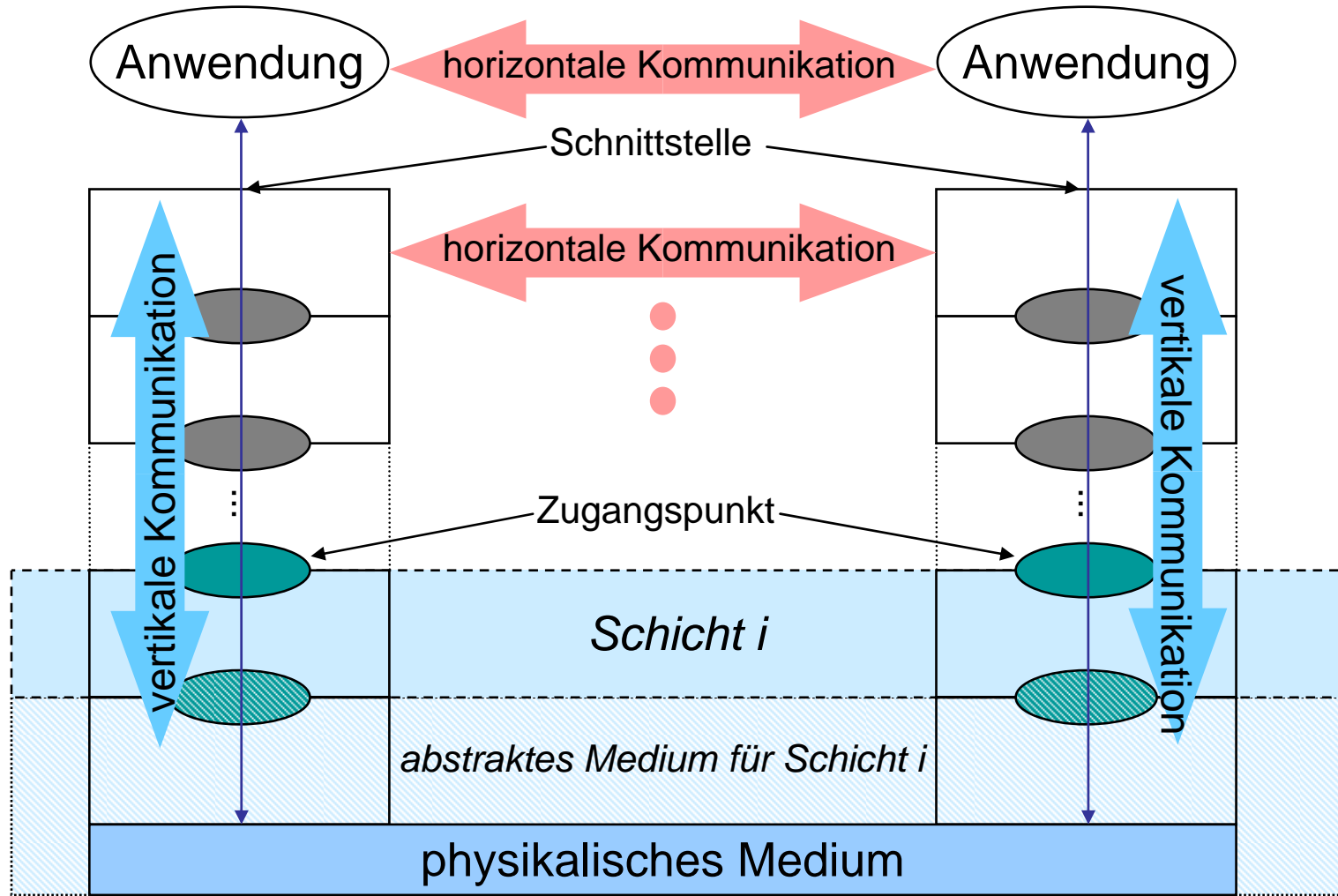
- Zur Realisierung von Kommunikationsvorgängen wird eine Kommunikationsarchitektur benötigt für:
 - physikalische Konnektivität
Verbindung über Kupferkabel, Lichtwellenleiter, Luftschnittstelle, ...
 - Kommunikationsfunktionalität
 - Steuerung des Ablaufs
 - Adressierung der Kommunikationspartner
 - Garantie einer geforderten Qualität
 - Anpassung unterschiedlicher Formate
 - ...
 - Schnittstelle zu den Anwendungen

- Aufgrund der *unterschiedlichen Aufgaben*:
 - Kommunikationsarchitektur mit geschichtetem Aufbau üblich
 - eine Schicht nutzt die Funktionalität der darunter liegenden Schicht, um ihre eigenen Funktionen zu realisieren



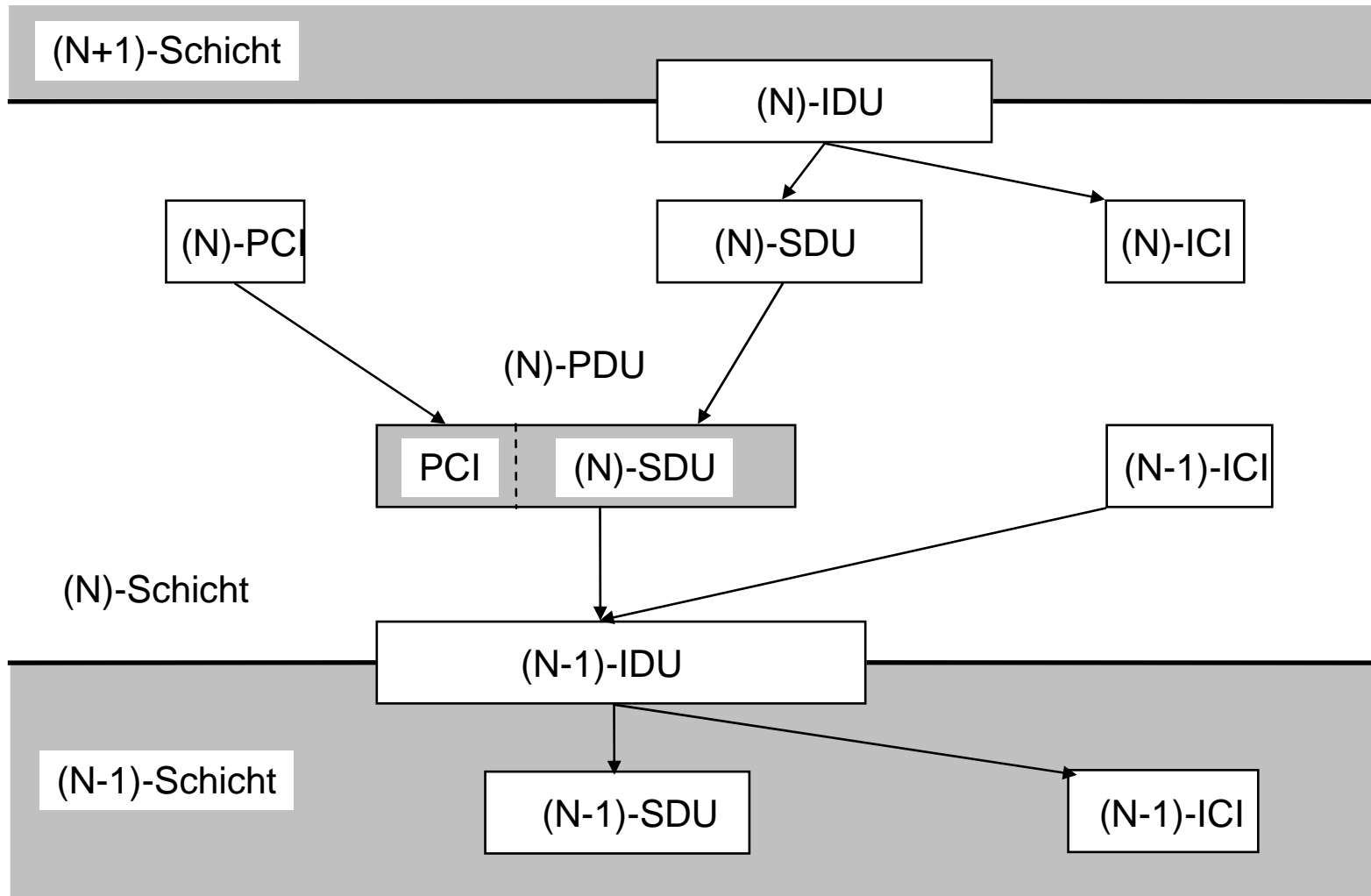


Geschichtetes Kommunikationssystem



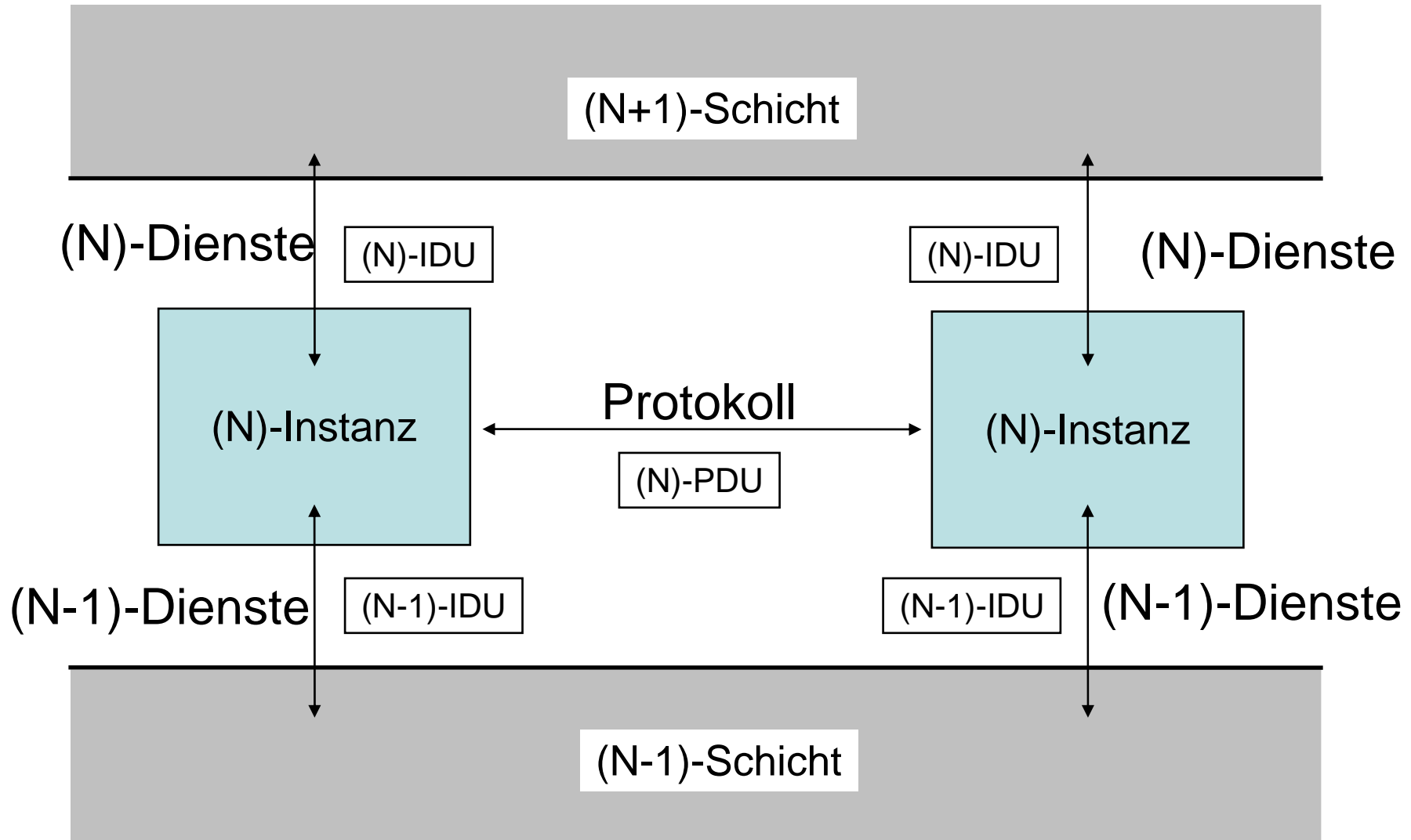


Generische OSI-Kommunikationseinheiten





Kommunikation innerhalb und zwischen OSI-Systemen





Protokollmechanismen

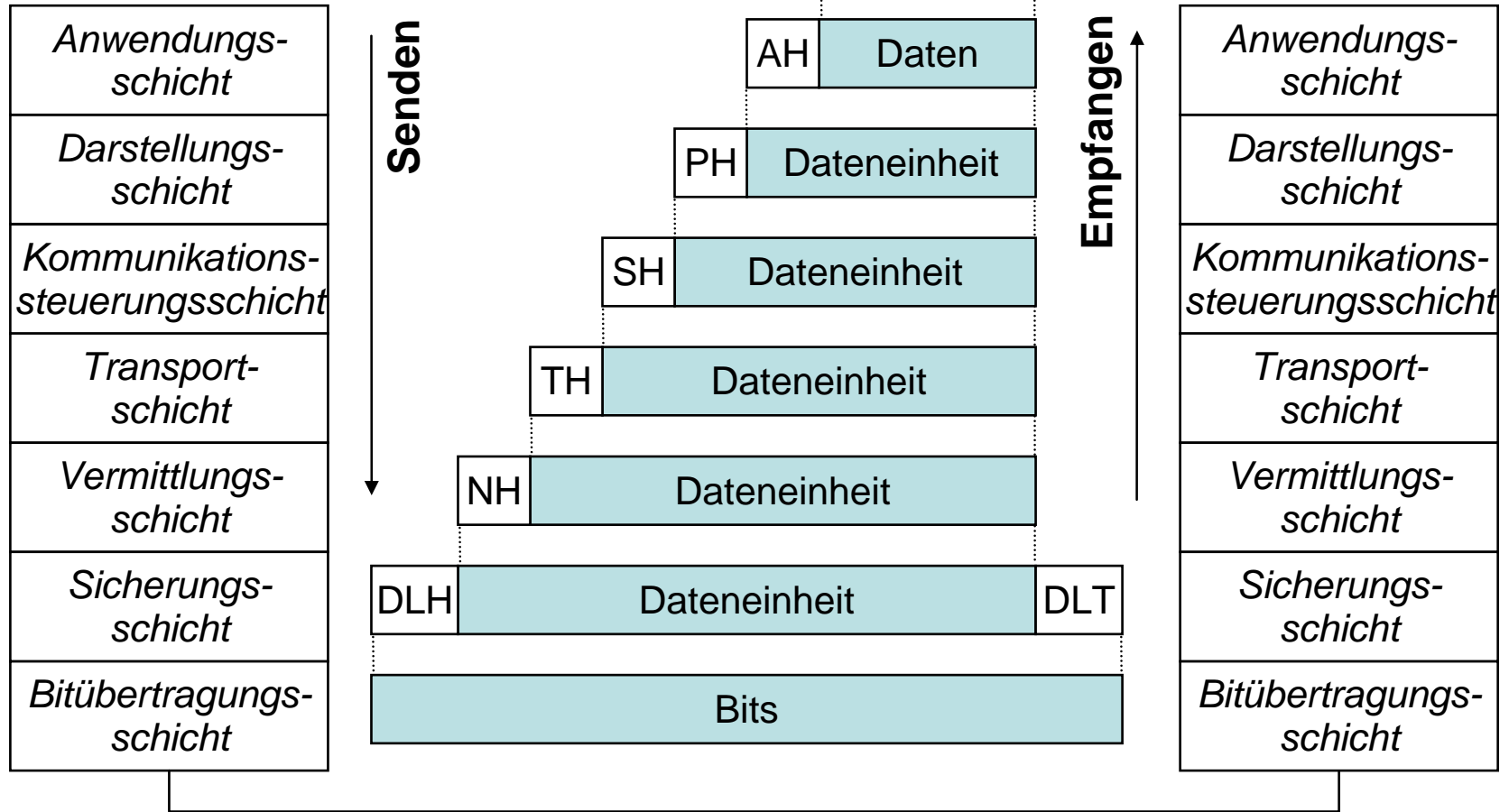
- Ein Protokollmechanismus ist ein Verfahren, welches abgeschlossene Teilfunktion innerhalb des Protokollablaufs beschreibt: generischer Charakter (ähnlich 'Systemfunktion').
- In verschiedenen Kommunikationsarchitekturen verwendet.
- Oft in mehreren Protokollen/Schichten einer Kommunikationsarchitektur anzutreffen.

- Multiplexen / Demultiplexen
- Teilung / Vereinigung
- Segmentieren / Reassemblieren
- Blocken / Entblocken
- Verkettung / Trennung
- (Mehrfach-)Kapselung
- Fehlerbehandlung
- Sicherung (ggf. fehlererkennend)
- Sequenzüberwachung
- Quittierung (Acknowledgement)
- Zeitüberwachung (Timeout)
- Wiederholen; Rücksetzen
- Flusskontrolle (Sliding window)
- Routing (Wegewahl, Weiterleiten)
- Medienzuteilung für geteilte Medien
- Synchronisation
- Adressierung
- Verbindungsverwaltung
- Datentransfer



Einkapselung von Daten

AH Application Header NH Network Header
PH Presentation Header DLH Data Link Header
SH Session Header DLT Data Link Trailer
TH Transport Header





2.7. Protokollspezifikation mit SDL

- ❑ Prozess als Grundelement
 - erweiterter endlicher Automat (Extended Finite State Machine - EFSM)
 - kommuniziert mit anderen Prozessen durch den Austausch von Nachrichten (Signalen) über Verbindungswege (Kanäle)
 - mehrere Prozesse arbeiten parallel und existieren gleichberechtigt nebeneinander

- ❑ Vordefinierte und benutzerdefinierte Datentypen

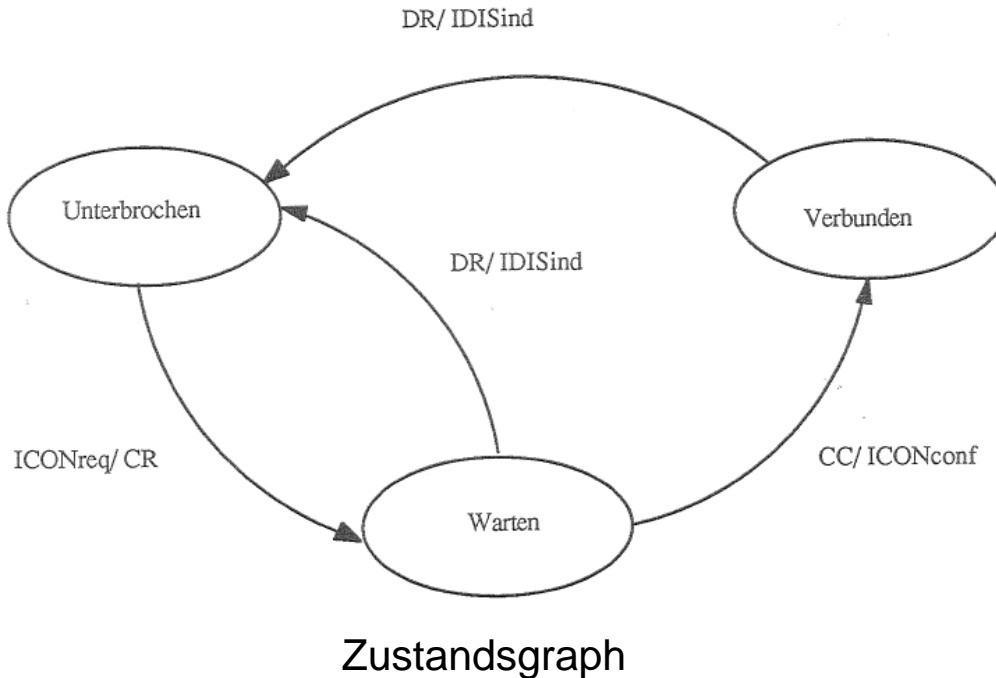
- ❑ Zwei äquivalente Darstellungsformen:
 - SDL/GR (Graphical Representation)
 - SDL/PR (Phrase Representation)

- ❑ Vorteile einer formalen Sprache
 - Exakte Spezifizierung
 - Möglichkeit von Werkzeugen - Editoren, Simulatoren, Prototyp-Generatoren, Testfall-Generatoren, Werkzeuge zur formalen Verifikation
 - Generatoren (Compiler) zur direkten Übersetzung von SDL in ausführbare Programme oder Programmgerüste



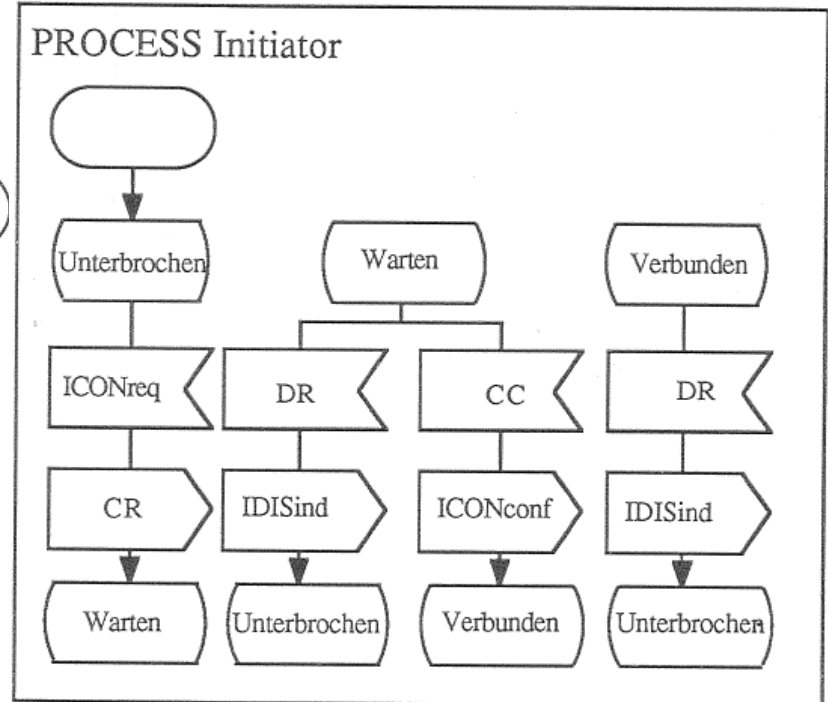
Übersetzbarkeit von Automaten in SDL-Graphen

Beispiel \Rightarrow InRes-Protokoll (InRes= Initiator-Responder), c.f. Folie 81



Zustandsgraph

↓
→ Prozess in SDL/GR



Signale von/zu Dienstnehmer

- ICONreq: InRes-Connection-Request
 - ICONconf: InRes-Connection-Confirm
 - IDISreq: InRes-Disconnection-Request
 - IDISind: InRes-Disconnection-Indication
- Signale von/zu entfernter Instanz
- CC, DR, ...

aus: Hogrefe, „ESTELLE, LOTOS und SDL“, Springer Compass, 1989, S.121ff



11. Nachrichtentechnik - Motivierende Fragen

- ❑ Welche Arten von Signalen gibt es?
- ❑ Wie werden Signale übertragen?
- ❑ Welche Übertragungsmedien existieren?
- ❑ Was versteht man unter Pulse-Code-Modulations-Technik (PCM)?
- ❑ Welche Signalkonversionen gibt es?



11. Nachrichtentechnik - Kapitelgliederung

11.1. Typen von Signalen

11.1.1. Einteilung von Signalen

11.1.2. Beschreibung von Signalen

11.2. Übertragungssysteme

11.3. Übertragungsmedien

11.3.1. leitungsgebundene Medien (u.a. Koaxialkabel, Glasfaser)

11.3.2. nicht leitungsgebundene Medien (u.a. Richt-Funk, Satelliten-Rundfunk)

11.4. Übertragungsverfahren

11.4.1. Digitale Signalübertragung

11.4.2. Basisbandübertragungsverfahren

11.4.3. Mehrfachnutzung von Übertragungswegen

11.4.4. Digitale Übertragung analoger Daten

11.5. Pulse-Code-Modulations-Technik (PCM)

11.6. Zusammenfassung der Signalkonversionen



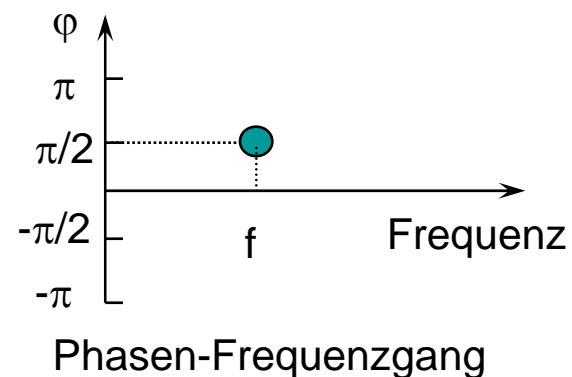
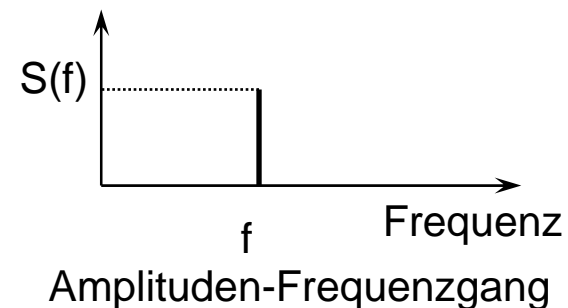
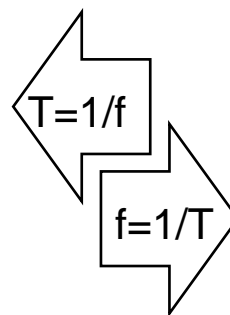
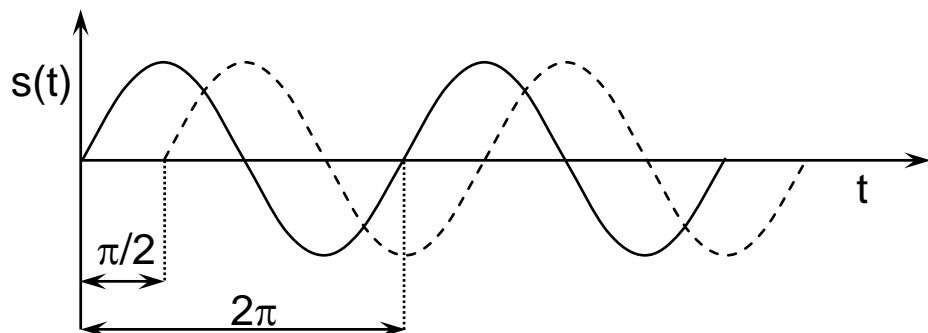
11.1.2. Beschreibung von Signalen Zeitdarstellung/Frequenzdarstellung

□ Zeitfunktion (Zeitdarstellung):

- Die Zeitfunktion ist eine Zuordnung von Signalwert und Zeit.

□ Frequenzfunktion (Frequenzgang, Spektrum):

- Die Frequenzfunktion ist eine Zuordnung von Werten sinusförmiger Signale und der Frequenz.



Übergang zwischen Zeit- und Frequenzfunktion



Schritt- versus Übertragungsgeschwindigkeit

- **Schrittgeschwindigkeit** v_s (**symbol rate**, modulation rate, digit rate)
 - Gibt - anschaulich - die Zahl der ggf. nur potenziellen Signalparameter-Zustandswechsel an (Schrittschläge).
 - Für isochrone Digitalsignale gilt: $v_s = 1/T$ (T: Schrittdauer)
 - **Einheit: 1/s = baud** (Abk. bd)

- **Übertragungsgeschwindigkeit** Φ (**Einheit: bit/s**)
 - Für zweiwertige Signale (binäre Signale):
Jeder Schrittschlag codiert ein Bit. Deshalb gilt in diesem Fall:
$$v_s \text{ (in baud)} = \Phi \text{ (in bit/s)}$$

Die Übertragungsgeschwindigkeit wird in diesem Fall als *Bitrate (bit rate)* bezeichnet.
 - Für mehrstufige Signale (mit n möglichen Wertestufen):
Übertragungsgeschwindigkeit Φ (in bit/s): $\Phi = v_s * \log_2(n)$
Bei DIBIT-Codierung: 1 baud = 2 bit/s (quaternäres Signal)
Bei TRIBIT-Codierung: 1 baud = 3 bit/s (oktonäres Signal)



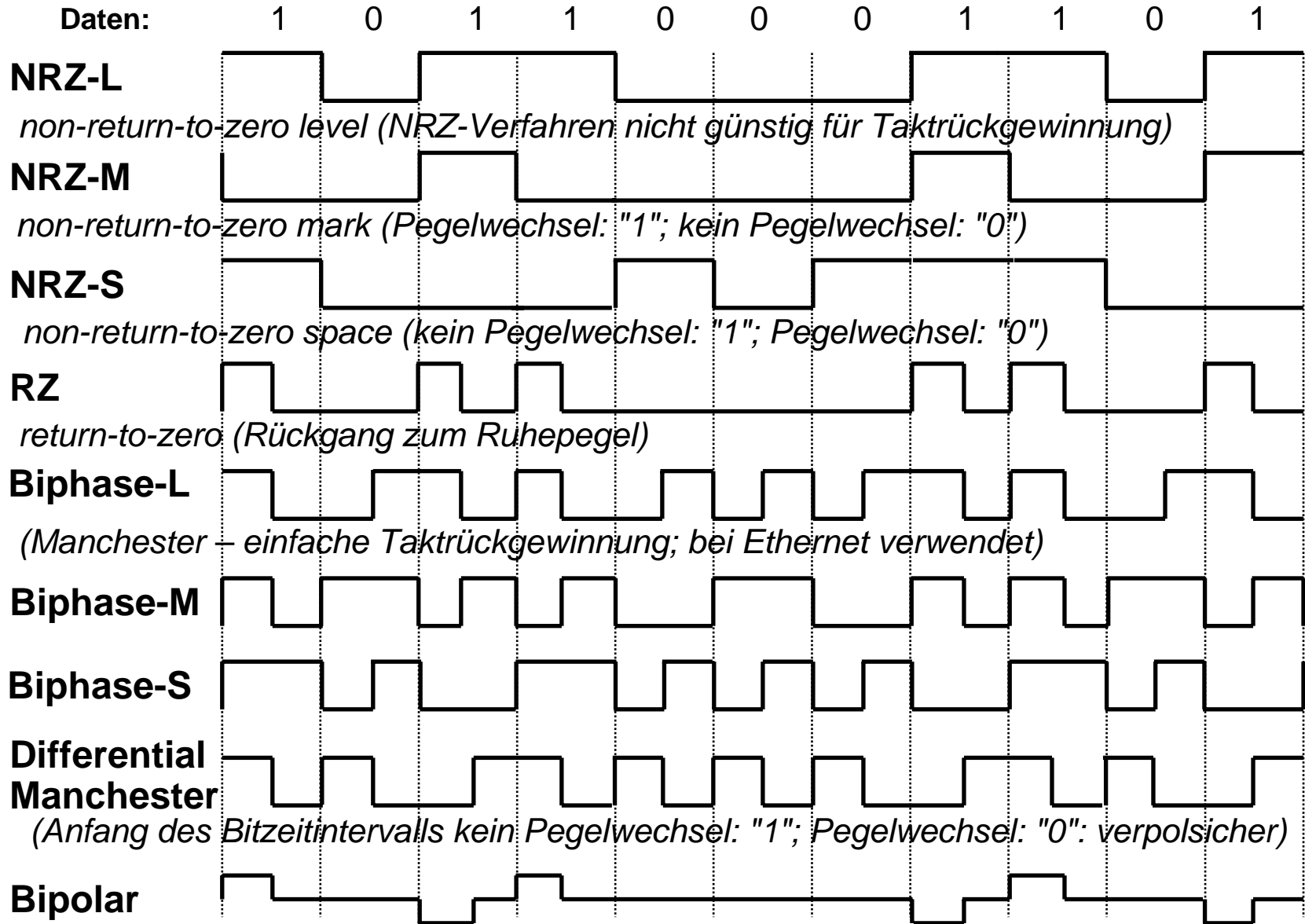
Nyquist-Kriterium und Shannon-Kanalkapazität

- 1924, H. Nyquist:
Maximale Schrittgeschwindigkeit v_s
für einen **Kanal mit eingeschränkter Bandbreite**:
$$v_s = 2 B$$
mit $B =$ Bandbreite des Kanals
 - Daraus ergibt sich eine maximale Datenrate für einen **rauschfreien** Kanal:
max. Datenrate = $v_s \log_2(n)$
$$= 2 B \log_2(n) \quad [\text{bit/s}]$$
mit $n =$ Anzahl diskreter Signalstufen
 - Bsp.: Kanal mit 3.000 Hz Bandbreite, binäres Signal
→ max. Datenrate: 6.000 bit/s
 - 1948, C. Shannon:
(auch bekannt als *Shannon-Hartley-Gesetz*)
Kanalkapazität = informationstheoretische obere Grenze für die Information (in Bit), die in einem Schritt **fehlerfrei** über einen Kanal mit **weißem Rauschen** übertragen werden kann
 - Daraus ergibt sich eine maximale Datenrate, die mit einer hypothetischen optimalen Kanalkodierung erreichbar ist:
max. Datenrate = $B \log_2(1+S/N)$ [bit/s]
mit $S/N =$ Signal-Rauschverhältnis
 - Bsp.: Kanal mit 3.000 Hz Bandbreite, $S/N = 1000 = 30\text{dB}$ ¹⁾
→ max. Datenrate: 30.000 bit/s
Durch Verwendung von fehlererkennenden bzw. -korrigierenden Codes (Redundanz!) wird aber mit höherer Rate gesendet!
- ¹⁾ Signal-Rauschverh. in dB = $10 \log_{10}(S/N)$ [dB]

Achtung: Da für einen Kanal stets beide Sätze gelten, ergibt sich die fehlerfrei erreichbare maximale Datenrate aus dem *Minimum* der beiden Ergebnisse!

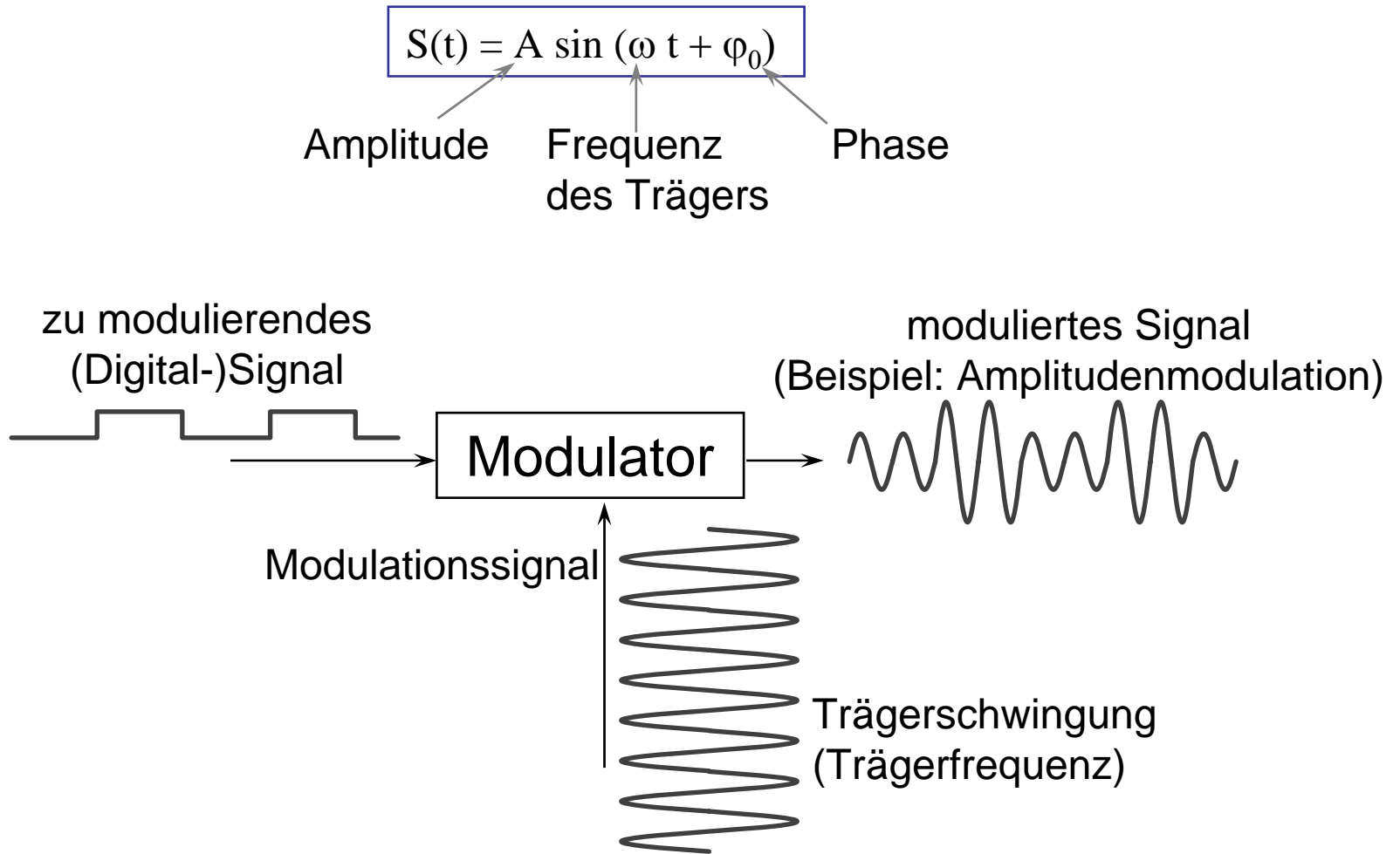


Moderne Basisbandverfahren - Beispiele





Prinzip der Schwingungsmodulation



Schwingungsmodulation: analoger Signalträger ist Sinusschwingung



11.4.3. Mehrfachnutzung von Übertragungswegen

- Zusammenfassung von Übertragungskanälen auf einem Übertragungsweg: Bündelung oder Multiplex
 - Richtungsmultiplex
 - Raummultiplex
 - Frequenzmultiplex
 - Zeitmultiplex
 - Codemultiplex



11.5 PCM-Technik

- ❑ Abtasttheorem von Shannon und Raabe (1939)
Abtasttheorem: Eine Signalfunktion, die nur Frequenzen im Frequenzband B (bandbegrenztetes Signal) enthält, wobei B gleichzeitig die höchste Signalfrequenz ist, wird durch ihre diskreten Amplitudenwerte im Zeitabstand $t_0 = 1/(2B)$ vollständig bestimmt.
- ❑ Abtastung des PCM-Fernsprechkanal: Frequenz, Periode
- ❑ Quantisierung
- ❑ Codierung
- ❑ Segment-Kompressorkennlinie

Abtasttheorem von Shannon und Raabe (1939):

- Zur fehlerfreien Rekonstruktion des Signalverlaufs der abgetasteten Analogsignale ist eine Mindestabtasthäufigkeit (Abtastfrequenz f_A) erforderlich (bei periodischem Abtastzyklus).
- **Abtasttheorem:** Eine Signalfunktion, die nur Frequenzen im Frequenzband B (bandbegrenztetes Signal) enthält, wobei B gleichzeitig die höchste Signalfrequenz ist, wird durch ihre diskreten Amplitudenwerte im Zeitabstand $t_0 = 1/(2B)$ vollständig bestimmt.
- Andere Formulierung: Die Abtastfrequenz f_A muss mindestens doppelt so hoch sein wie die höchste im abzutastenden Signal vorkommende Frequenz f_S .



12. Bitübertragungsschicht - Motivierende Fragen

- ❑ Was versteht man unter der Bitübertragungs- und Sicherungsschicht ?
- ❑ Welche Bedeutung haben die einzelnen Schnittstellen ?
- ❑ Was verbirgt sich hinter einem Modem ?
- ❑ Was versteht man unter einem Breitbandkabelnetz ?
- ❑ Wie funktioniert die Datenübertragung über die Telefonleitung (xDSL) ?



12. Bitübertragungsschicht - Kapitelgliederung

12.1. Wiederholung – OSI, Bitübertragungsschicht & Sicherungsschicht

12.2. Modems

12.3. Breitbandkabelnetze

12.3.1. Konventionelles Netz: Kabelfernsehen

12.3.2. Modernes Breitbandkabelnetz

12.4. Datenübertragung über Telefonleitung: xDSL

12.4.1. xDSL: Szenario

12.4.2. xDSL: Protokolle

12.4.3. xDSL: Realisierung

12.4.4. xDSL: Technologien



□ **Kabelmodems:**

Datenübertragung über das Breitbandkabel („Kabelfernsehen“) der Kabelnetzbetreiber,

- Erweiterung des Frequenzbandes im Kabel auf bis zu 860 MHz
- Datenraten (je nach Technik) theoretisch bis zu 2 Gbit/s, aber (mit anderen Benutzern) geteiltes Medium!

□ **Powerline-Communications (PLC) Modems:**

Datenübertragung über das Energieverteilnetz („Stromnetz“)

- Einkopplung hochfrequenter Träger (16-148 kHz sowie 1-30 MHz)
- Datenraten bis zu 1 Mbit/s, aber ebenfalls geteiltes Medium
- Anwendbar für öffentliche Datennetze, Datenverteilung im Haus, sowie Telematik-Anwendungen der Energieversorger (z.B. Stromzähler auslesen)

□ **DSL-Modems:**

Höhere Datenraten über herkömmliches Telefonkabel

- Telefonkabel bleibt gleichzeitig für Telefonie nutzbar
- Typische Datenraten bei 6-8 Mbit/s



3. Direktverbindungsnetze - Motivierende Fragen

- ❑ Wie werden Daten und Signale übermittelt ?
- ❑ Welche Fehler können auftreten ?
- ❑ Welche Fehlerbehandlungen existieren ?
- ❑ Welche Zugriffsverfahren gibt es ?
- ❑ Welche Protokolle gibt es in der Sicherungsschicht ?
- ❑ Was versteht man unter Fast-Ethernet-Standard ?



3. Direktverbindungsnetze - Kapitelgliederung

3.1. Daten und Signale

- 3.1.1. Data Link Control-Protokolle (DLC)
- 3.1.2. Konzepte der Übermittlungsabschnittes
- 3.1.3. Einkapselung von Daten
- 3.1.4. DLC

3.2. Synchrone Übertragung und Codetransparenz

- 3.2.1. Fehlerursachen, Fehlertypen
- 3.2.2. Fehlerbehandlung
- 3.2.3. Vorwärtsfehlerkorrektur

3.3. Sicherungsschicht mit Fehlerbehandlung

- 3.3.1. Alternating-Bit-Protokol
- 3.3.2. Sliding Window

3.4. Zugriffsverfahren

3.5. Protokolle der Sicherungsschicht

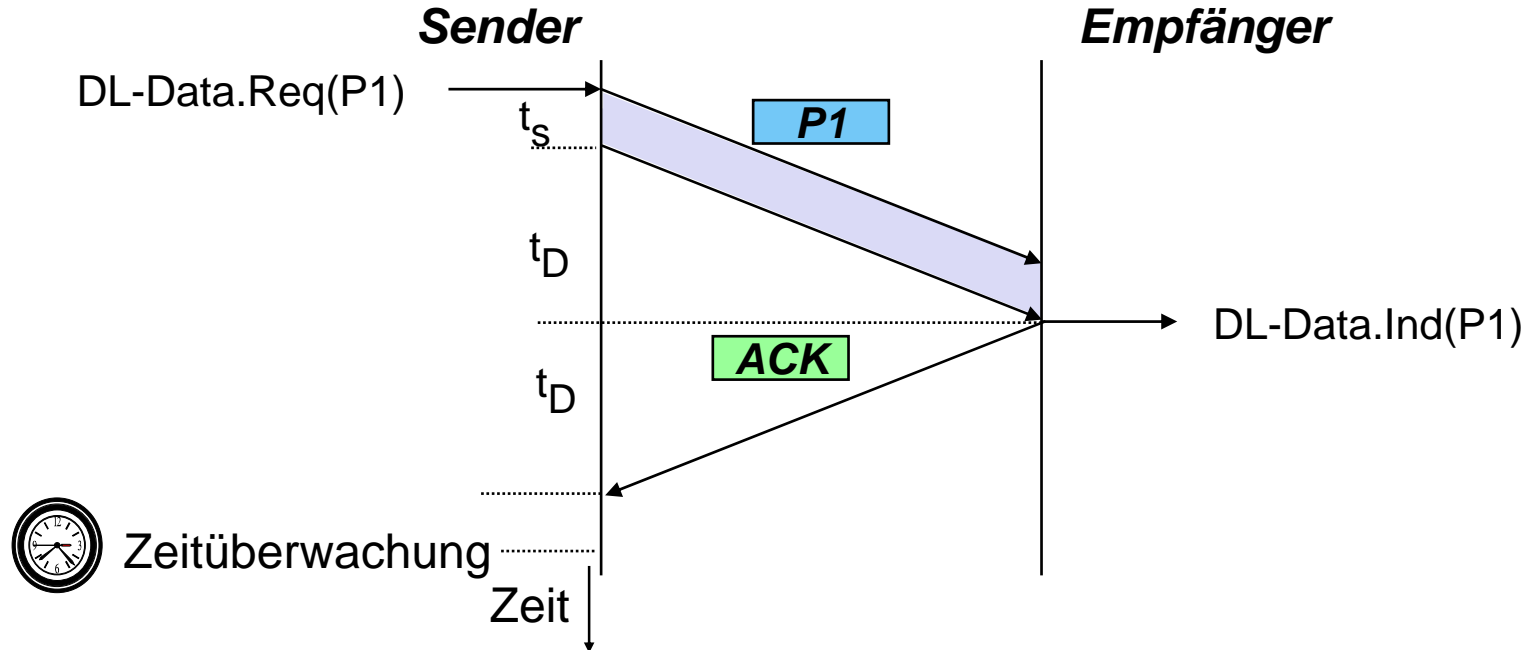
- 3.5.1. HDLC
- 3.5.2. PPP
- 3.5.3. CSMA/CD

3.6. Fast-Ethernet-Standard



Leistungsbetrachtung

- Die unterschiedlichen Protokolle können je nach Kanal zu großen Leistungsunterschieden führen



Bsp:

I_R Rahmenlänge [bit]

\ddot{U} Übertragungskapazität [bit/s]

t_s Sendezeit [s]

t_D Übertragungsverzögerung [s]

η Kanalausnutzung (Effizienz)

⇒ Effizienzsteigerung durch Schiebefensterprotokolle

$I_R = 1000$ bit

$\ddot{U} = 500$ kbit/s

$t_s = I_R / \ddot{U} = 2$ ms

$t_D = 240$ ms

$\eta = t_s / (t_s + 2 t_D) \approx 0,4\%$

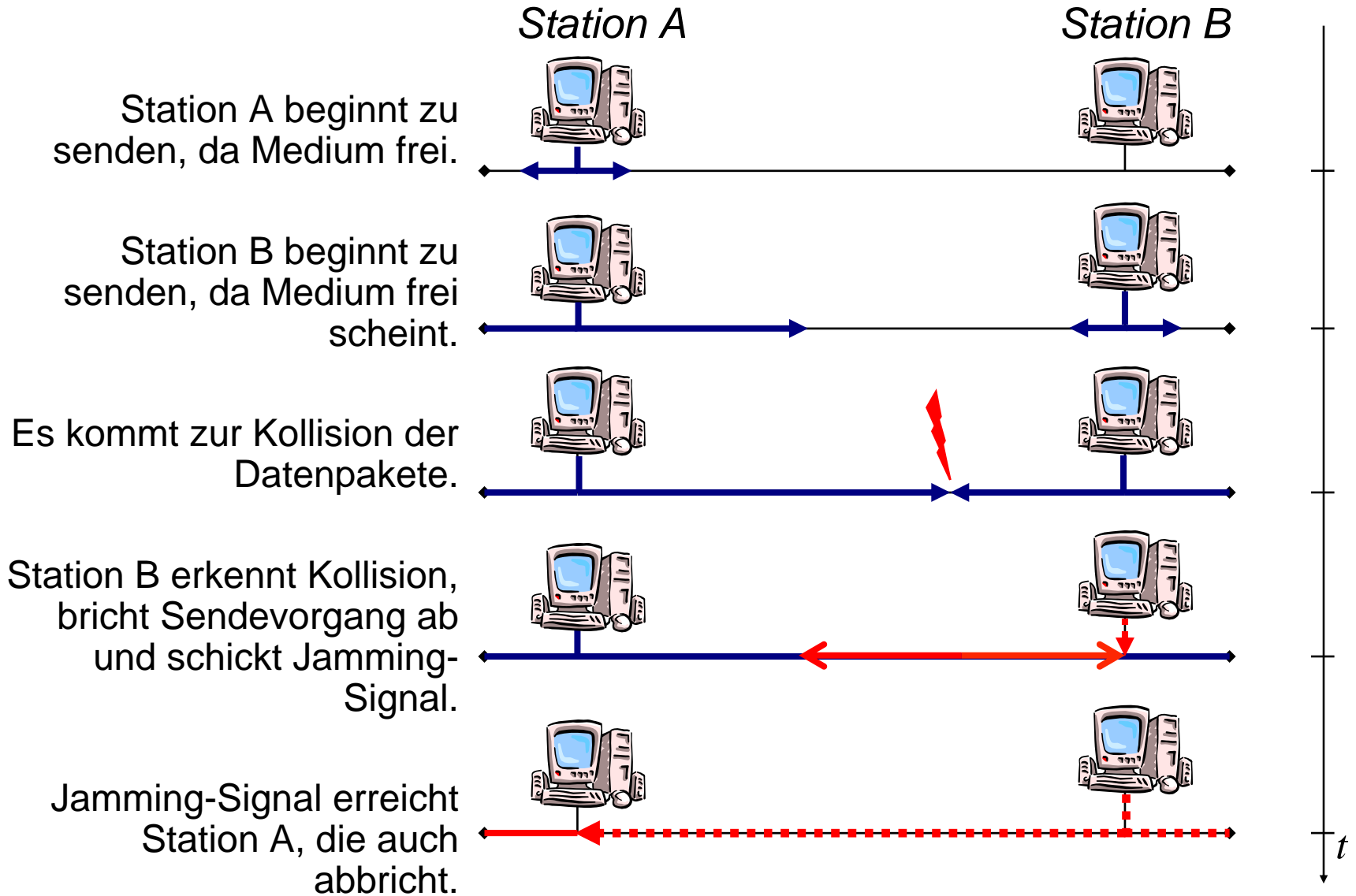


Schicht-2-Protokolle: Konkrete Aufgabenstellung

- ❑ Datenblockformate: Festlegung und Erkennung
- ❑ Zeichenorientierten Protokolle: Vereinbarung Übermittlungsalphabet
- ❑ Übermittlungsprotokolle: Übermittlungssteuerungsverfahren
- ❑ Codetransparenz:
- ❑ Fehlererkennung und Fehlerbehebung:
 - Bitprüffolge mit CRC
 - Vorwärtsfehlerkorrektur
 - Go-back-N
 - Selektive Wiederholung
- ❑ Datenflusskontrolle:
 - Stop-and-Wait
 - Sliding Window
- ❑ Zugriffsregelung:
 - u.a. TDMA mit konkurrierendem Zugriff (Aloha vs. CSMA/CD)



Ablaufbeispiel CSMA/CD





4. Vermittlung - Motivierende Fragen

- ❑ Was versteht man unter Repeater und Brücken ?
- ❑ Wie funktioniert ein LAN ?
- ❑ Was versteht man unter einer strukturierten Verkabelung ?
- ❑ Welche Arten von Vermittlungen in globalen Netzen gibt es ?
- ❑ Was ist ein Router und wie funktioniert er ?



4. Vermittlung - Kapitelgliederung

4.1. Netzwerkkopplung

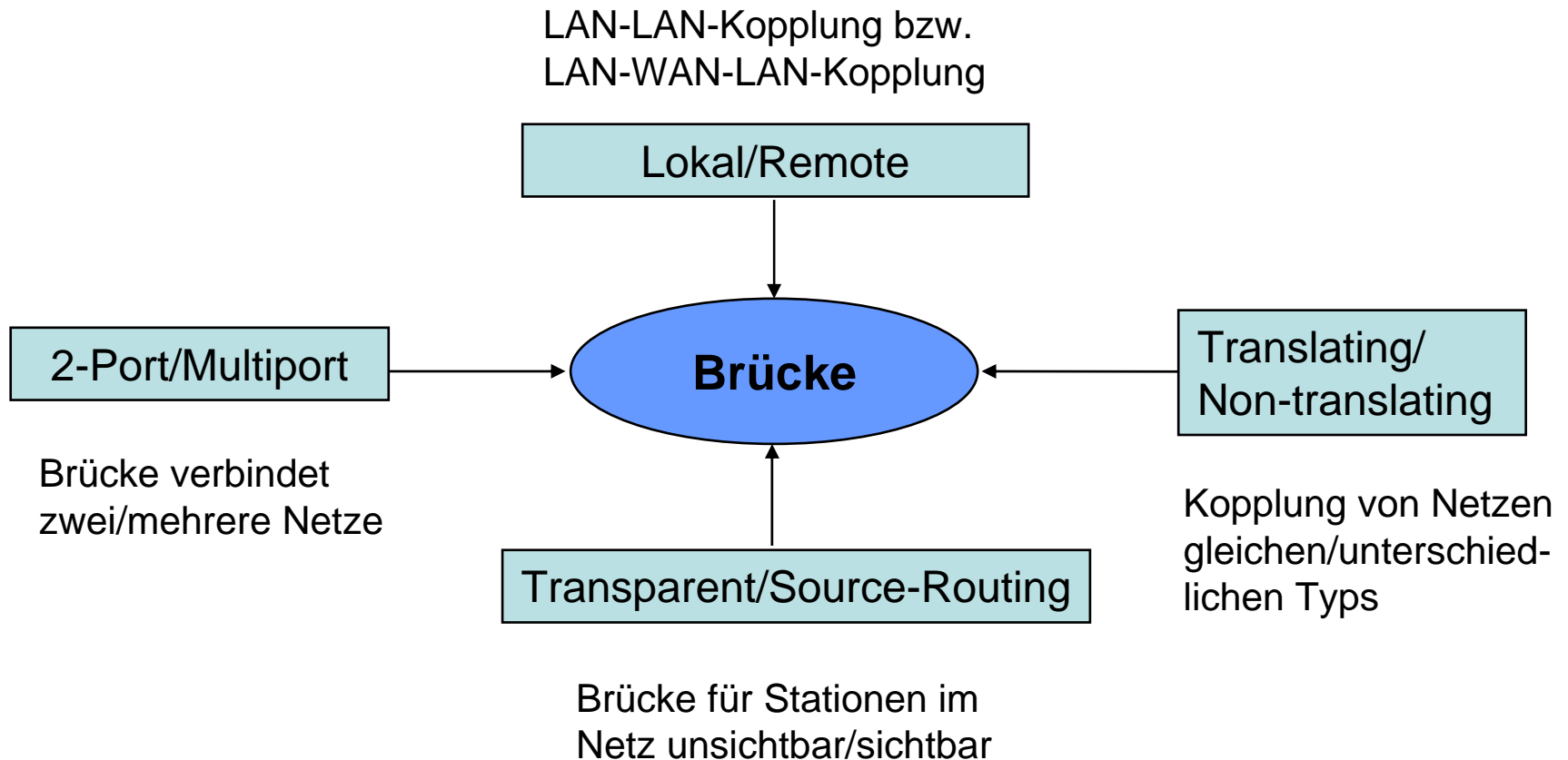
- 4.1.1. Repeater
- 4.1.2. Hub
- 4.1.3. Brücke (Bridge)
- 4.1.4. Spanning-Tree-Algorithmus
- 4.1.5. Remote-Brücke
- 4.1.6. Switched LAN
- 4.1.7. Virtuelle LANs
- 4.1.8. Leitbeispiel: Strukturierte Verkabelung

4.2. Vermittlungsprinzipien für globale Netze

- 4.2.1. Durchschaltevermittlung
- 4.2.2. Nachrichten-/Speichervermittlung
- 4.2.3. Paketvermittlung
- 4.2.4. Router
- 4.2.5. Routing-Verfahren



Brücken – Übersicht

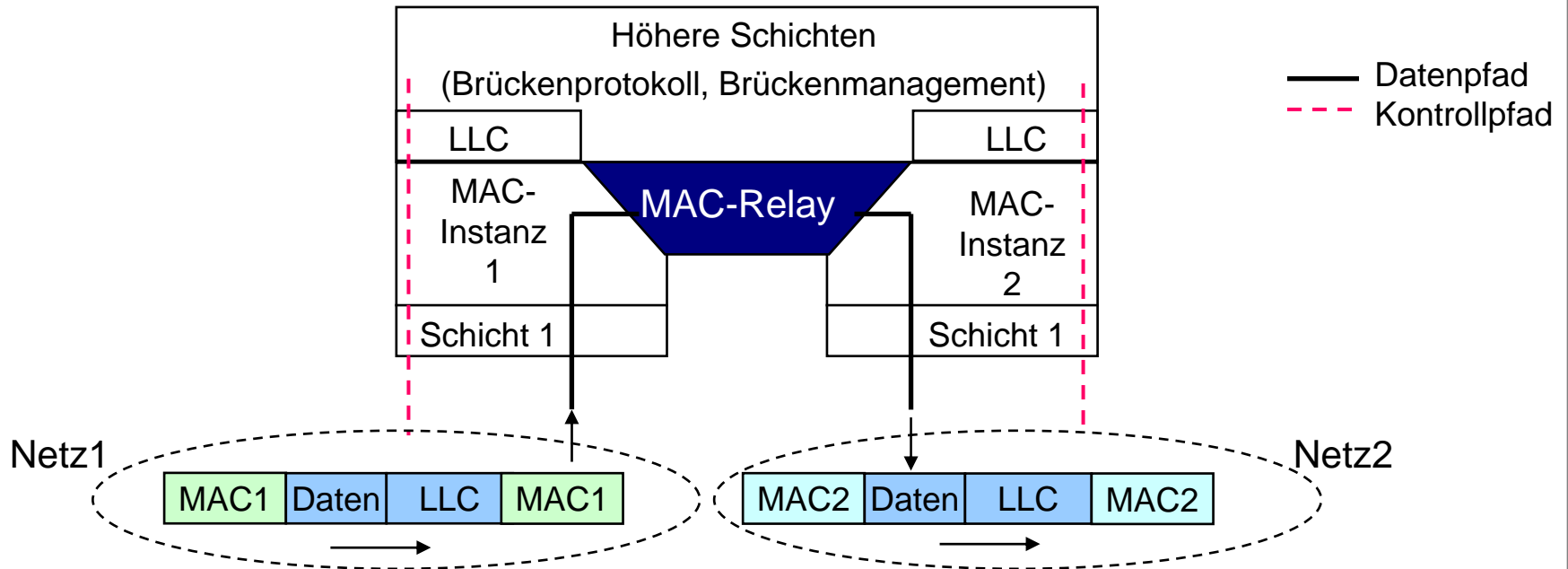




Transparente Brücke (MAC-Bridge)

□ Merkmale:

- Lokale, translating Bridge
- Für jedes Netzwerk eine eigene Schicht-1- und MAC-Instanz
- Die MAC-Instanzen werden über ein MAC-Relay verbunden; dieses nimmt die Weiterleitungs- und Filterfunktion wahr
- LLC-Instanzen nur für die höheren Schichten der Brücke (Brückenprotokoll, Brückenmanagement)





Spanning-Tree-Algorithmus

□ Voraussetzungen:

- Gruppenadresse zur Adressierung aller Brücken im Netzwerk
- Eindeutige Brückenkennungen (MAC-Adresse)
- Eindeutige Anschlusskennungen in jeder Brücke (MAC-Adresse)
- Kosten an allen Anschlüssen einer Brücke („Anschlusskosten“)

□ Ablauf:

1. Bestimmen der Root-Brücke (Wurzel des Baumes):

- Zuerst nimmt jede Brücke an, dass sie Root-Brücke ist
- Root-Brücken senden regelmäßig Hello-Pakete mit ihrer Brückenkennung aus
- Bei Erhalt eines Hello-Pakets mit kleinerer Brückenkennung ordnet sich eine Root-Brücke der anderen unter und sendet das Paket als Broadcast

2. Bestimmen der Root-Ports

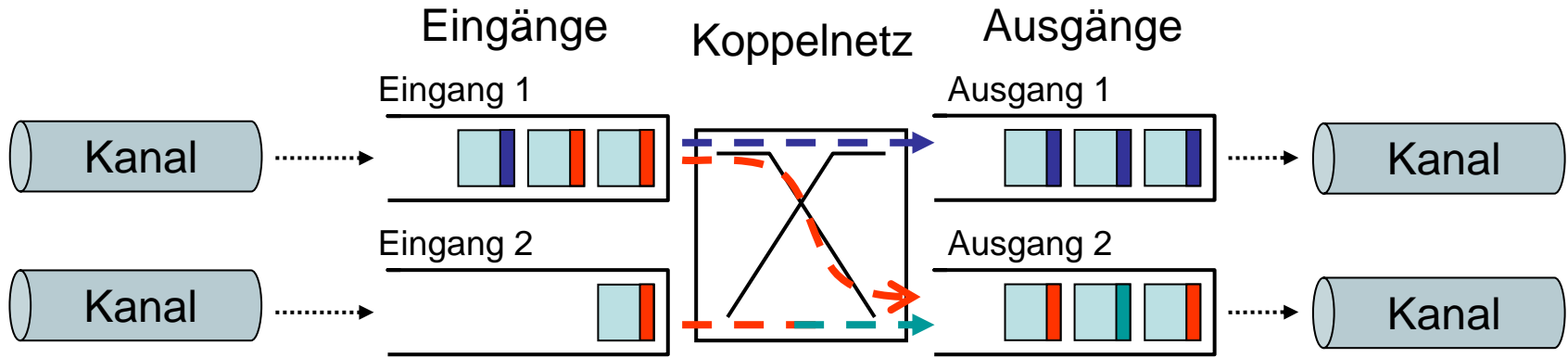
- Root-Port einer Brücke = Port über den der günstigste Pfad Richtung Root-Brücke (nur Kosten für Ausgangsport berücksichtigen!) verläuft
- Summe über alle Anschlusskosten auf dem Weg zur Root-Brücke ist zu minimieren
- Übertragungsgeschwindigkeit kann als Kostenfunktion dienen

3. Bestimmen der Designated-Brücke:

- Brücke mit günstigstem Root-Anschluss in einem Netzwerk wird als Designated-Brücke bestimmt
- Root-Brücke ist Designated-Brücke für alle an sie angeschlossenen Netze



Vermittlungsknoten für virtuelle Verbindungen



- Verbindungskontext gespeichert in Weiterleitungstabellen

Eingang 1:

| Eing.-VCI | Ausgang | Ausg.-VCI |
|-----------|---------|-----------|
| A | 1 | A |
| B | 2 | B |
| ... | ... | ... |

Eingang 2:

| Eing.-VCI | Ausgang | Ausg.-VCI |
|-----------|---------|-----------|
| B | 2 | C |
| ... | ... | ... |

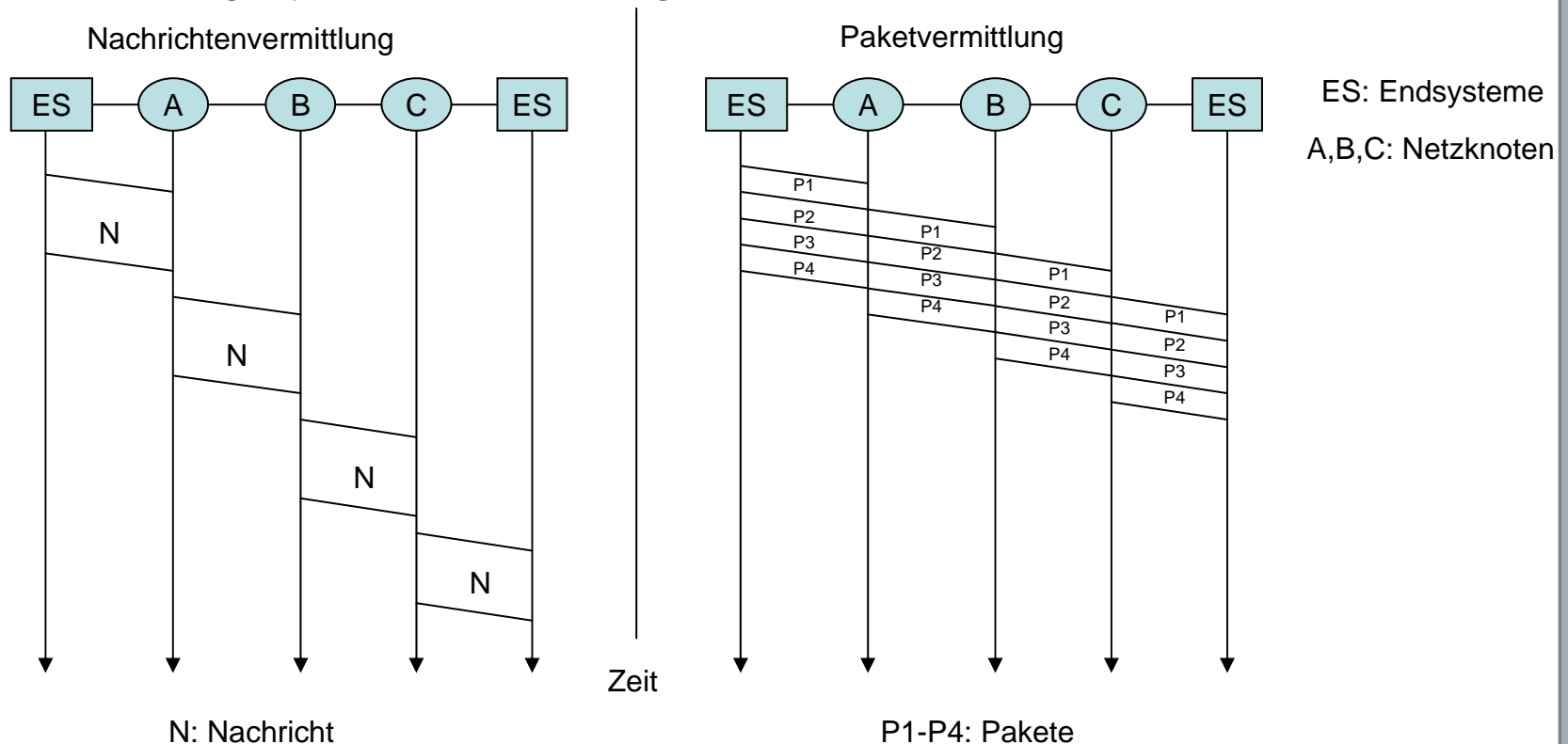
VCI geändert, um Kollision zu vermeiden
 ⇨ Label Swapping

- Weiterleitungsentscheidung wird anhand eines VCI (Virtual Circuit Identifier) getroffen
- Virtuelle Verbindungen müssen vorher aufgebaut werden



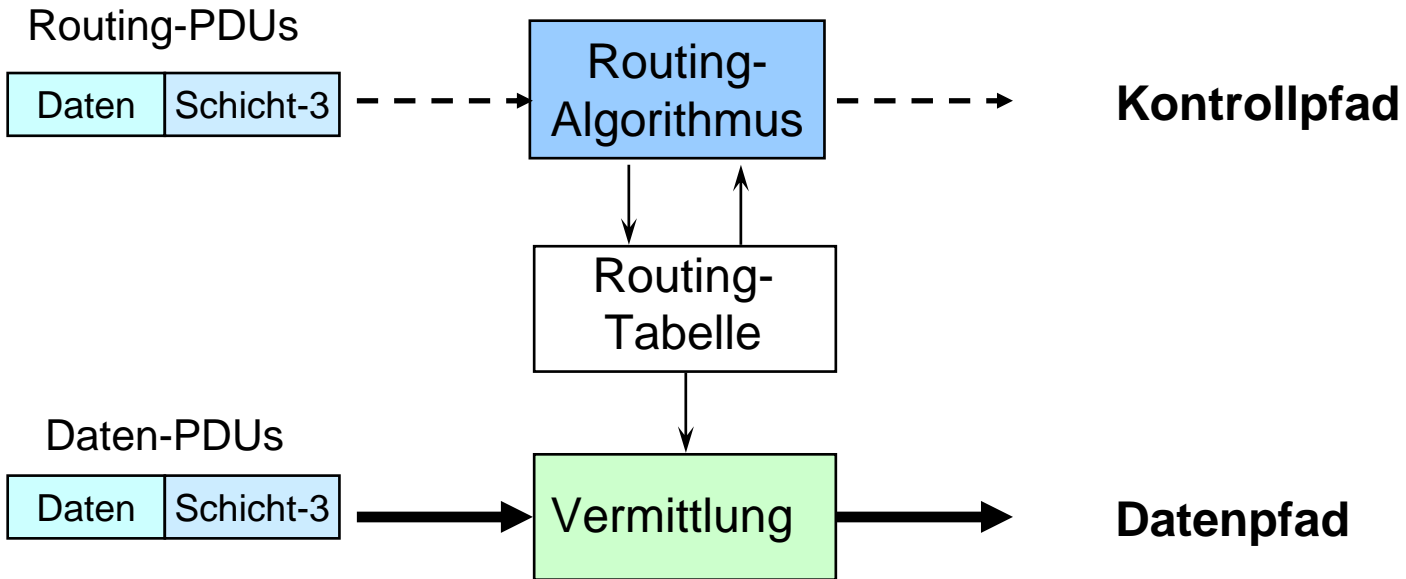
Nachrichtenvermittlung vs. Paketvermittlung

- Hauptunterschied zwischen Nachrichten- und Paketvermittlung
 - Paketvermittlung: Inhaltlich zusammengehörende Transfereinheiten (Transport-Datenblöcke der Schicht 4) werden in Pakete nach den Vorschriften des Paketvermittlungsnetzes segmentiert
 - Nachrichtenvermittlung: Wiederherstellung der Transfereinheiten in jedem Vermittlungssystem aus den Segmenten





Router: Kontroll- und Datenpfad



- ❑ Datenpfad auf Netzwerkschicht
- ❑ Kontrollpfad darüber (Routing-PDUs sind in N-PDUs oder T-PDUs gekapselt)
- ❑ Gewinnung von Routinginformationen durch das **Routing-Protokoll**
- ❑ **Routing-Algorithmus** verwaltet die Routing-Tabelle bzw. Forwarding-Tabelle (Einfügen/Löschen/Ändern von Einträgen) auf der Basis der gewonnenen Routinginformation
- ❑ **Routing-Tabelle** bzw. Forwarding-Tabelle enthält Routinginformationen
- ❑ Wegewahl bei der Vermittlung wird anhand der Routing-Tabelle bzw. Forwarding-Tabelle durchgeführt



5. Internet-Protokolle - Motivierende Fragen

- ❑ Welche Protokolle gehören zur TCP/IP-Familie ?
- ❑ Welche IP-Dienste gibt es ?
- ❑ Wie ist die Routing-Hierarchie aufgebaut ?
- ❑ Was steckt hinter IPv6 ?
- ❑ Wie lassen sich Internet und Mobilität vereinen ?



5.1. Internet-Architektur

5.1.1. Internet-Protokollfamilie

5.1.2. TCP/IP-Protokollfamilie

5.1.3. Zusammenspiel

5.1.4. IP-Adressen

5.1.5. NAT

5.1.6. DHCP

5.1.7. IP-Dienste

5.1.8. Routing-Hierarchie (u.a. OSPF, RIP, BGP, CIDR, IGMP)

5.1.9. ARP

5.1.10. IPv6

5.2. Mobilität im Internet

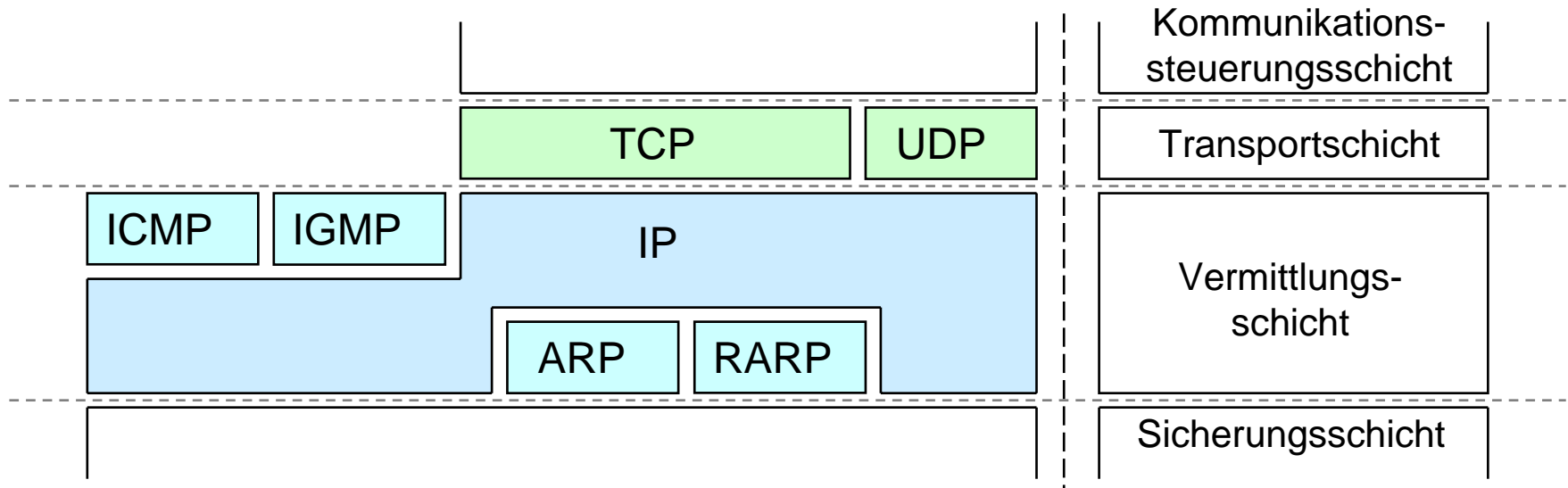
5.2.1. Terminologie

5.2.2. Beispielnetz



Die TCP/IP-Protokollfamilie – Überblick

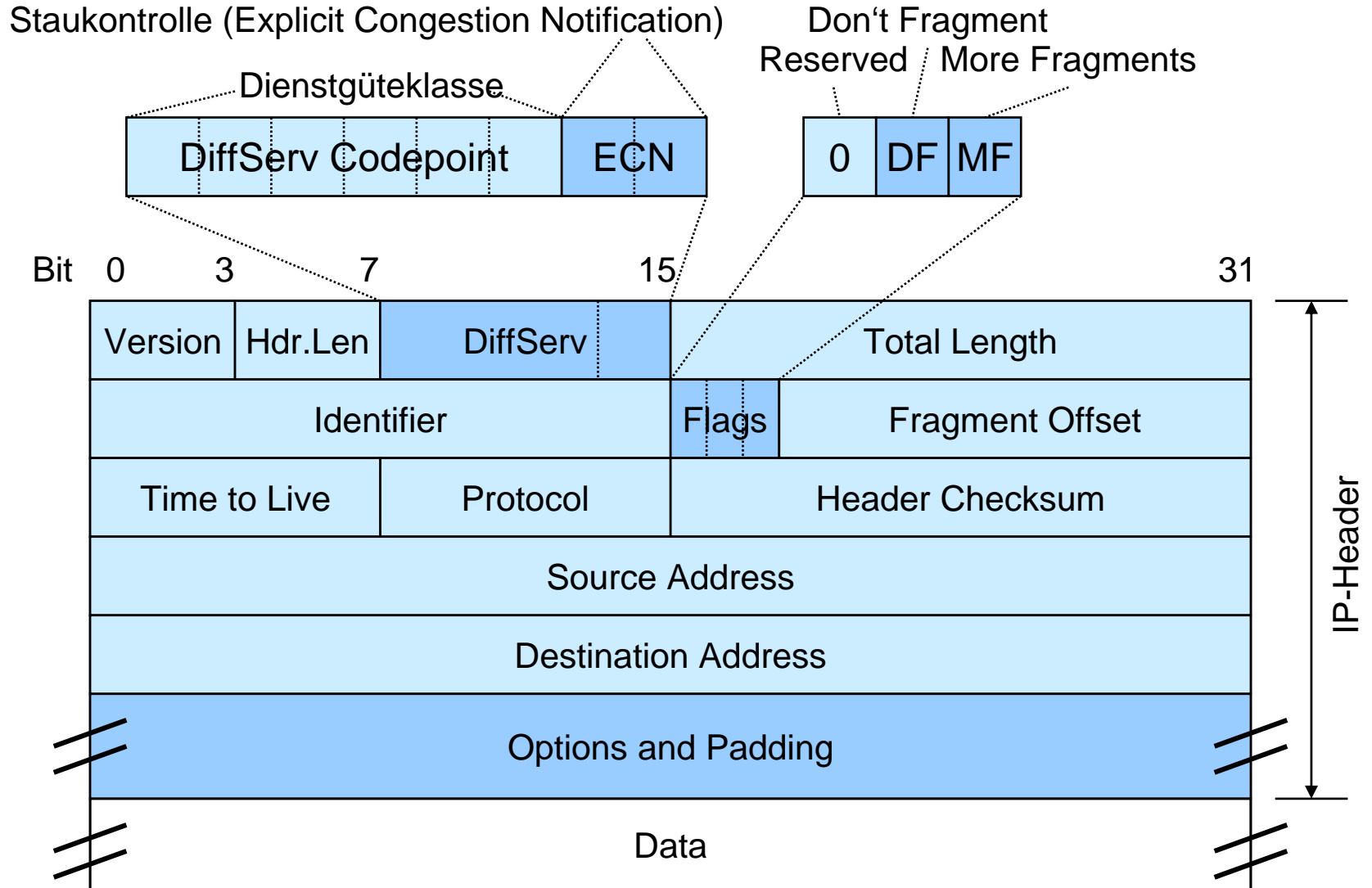
- ❑ Die Bezeichnung TCP/IP wird häufig als Synonym für die gesamte Protokollfamilie verwendet
- ❑ Einordnung der Internetprotokolle in das ISO/OSI-Referenzmodell:



- ❑ Obwohl die IP-Steuerungsprotokolle ICMP und IGMP den IP-Dienst nutzen, werden sie dennoch der Vermittlungsschicht zugeordnet
- ❑ In den anwendungsbezogenen Schichten 5-7 werden im Internet Protokolle wie z.B. FTP, TELNET oder SMTP eingesetzt (Schichten 5-7 im Internet zusammengefasst zur Anwendungsschicht)



IP Datagramm: Aufbau





Übersicht: IP-Routing Protokolle

- **IGP** (Interior Gateway Protocol): zur Wegewahl *innerhalb* einer Verwaltungseinheit (Administrative Domain oder Autonomous System)
 - **RIP** (Routing Information Protocol) basierend auf Distance-Vector-Algorithmus (überall verfügbar, aber veraltet)
 - **OSPF** (Open Shortest Path First) basierend auf Link-State-Algorithmus (neuer Standard)

- **EGP** (Exterior Gateway Protocol): Wegewahl *zwischen* Verwaltungseinheiten, sog. „politische Firewall“
 - **BGP** (Border Gateway Protocol, derzeit Version BGP4, RFC 1654)
 - Wegewahl zwischen autonomen Systemen (AS) unter Berücksichtigung besonderer politischer, wirtschaftlicher oder sicherheitsbezogener Regeln (Policies).



5. Internet-Protokolle - Themen

- ❑ IP-Adressen / Adressklassen (klassisch betrachtet)
- ❑ CIDR: Classless Inter-Domain Routing
- ❑ Network Address Translation (NAT)
- ❑ Optionale IP-Dienste
- ❑ ICMP
- ❑ IGMP
- ❑ ARP
- ❑ IPv6
 - **Adressklassen:**
 - Unicast-, Anycast-, Multicast-Adressen
 - Unterscheidung von **Adresstypen:**
 - Link-Local Address, Site-Local Address, Aggr. Global Unicast Address
- ❑ Mobile IP

