



Rechnernetze

Agenda

1. Didaktische Anmerkungen

1. Interdependenz
2. Fundamentale Ideen
3. Bottom-Up oder Top-Down?

2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

1. Internetmodell
2. Anwendungsschicht
3. Transportschicht
4. Vermittlungsschicht
5. Netzzugangsschicht

1.1 Interdependenz

1. Didaktische Anmerkungen
 1. Interdependenz
 2. Fundamentale Ideen
 3. Bottom-Up oder Top-Down?
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

Welche Lernvoraussetzungen hat das Themenfeld der Rechnernetze?

– Technische Informatik

→ Grundvorstellung elektronischer DV (0/1)

– Algorithmik (& ggf. Programmierung)

→ Grundvorstellung algorithmischen Problemlösens

→ Greedy-Algorithmen

→ Heuristiken

1.1 Interdependenz

1. Didaktische Anmerkungen
 1. Interdependenz
 2. Fundamentale Ideen
 3. Bottom-Up oder Top-Down?
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

Welche Lernvoraussetzungen hat das Themenfeld der Rechnernetze?

- **Information und Darstellung**
 - Binärcodierung von (Integer-)Zahlen
 - Binärcodierung von Zeichen (ASCII)
 - Codierung von Webseiten (HTML)

1.1 Interdependenz

1. Didaktische Anmerkungen
 1. Interdependenz
 2. Fundamentale Ideen
 3. Bottom-Up oder Top-Down?
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

Ist das Themenfeld der Rechnernetze auch selbst eine Lernvoraussetzung für andere Themenfelder?

→ Teilweise für das Thema Datenbanken

1.1 Interdependenz

1. Didaktische Anmerkungen
 1. Interdependenz
 2. Fundamentale Ideen
 3. Bottom-Up oder Top-Down?
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

Mögliche Interdependenz der Rechnernetze am Beispiel des Grundkurs-Lehrplans (RLP):

1. **Aufbau und Funktionsweise eines Rechners (2.2)**
2. **Information und ihre Darstellung (2.1)**
(ohne Datenbanken)
3. **Algorithmisches Problemlösen (2.4), Informatische Modellierung (2.5) und Softwareentwicklung (2.6)**
4. **Kommunikation in Rechnernetzen (2.3)**
5. **Datenbanken (Teil von 2.1)**

1.2 Fundamentale Ideen

1. Didaktische Anmerkungen
 1. Interdependenz
 2. Fundamentale Ideen
 3. Bottom-Up oder Top-Down?
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

Welche fundamentalen Ideen stecken hauptsächlich in dem Themenfeld Rechnernetze?

- **Protokoll / Standardisierung**
- **Adressierung**
- **Codierung**

1.3 Bottom-Up oder Top-Down?

1. Didaktische Anmerkungen
 1. Interdependenz
 2. Fundamentale Ideen
 3. Bottom-Up oder Top-Down?
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

Vorteile eines Bottom-Up-Aufbaus der Reihe:

- Einzelne Schichten der Kommunikation bauen aufeinander auf
- Historische Entwicklung wird sichtbar

Möglicher Einstieg:

- Einstieg über einfache selbstentwickelte Protokolle (2. Tag)

1.3 Bottom-Up oder Top-Down?

1. Didaktische Anmerkungen
 1. Interdependenz
 2. Fundamentale Ideen
 3. Bottom-Up oder Top-Down?
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze

Vorteile eines Top-Down-Aufbaus der Reihe:

- Höhere Kommunikationsschichten sind meist weniger technisch und damit leichter nachzuvollziehen
- Nutzen/Zweck einer Schicht wird erst durch Kenntnis darüberliegender Schichten transparent
- Schichten können mit Filibus entdeckt werden (es wird Aktivität auf höheren Schichten benötigt, um Aktivität auf niedrigeren Schichten zu erzeugen)

Mögliche Einstiege:

- Einstieg über Adressierung (1. Activity) oder das HTTP-Protokoll (2. Activity)

2.1 Internetmodell

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 1. Internetmodell
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht

Schicht	Verbindung	Protokolle / Standards	Einheiten
Anwendung	Ende zu Ende	HTTP, HTTPS, FTP, SMTP, DNS, DHCP, etc.	Daten
Transport		TCP, UDP	Segmente
Vermittlung		IPv4 / IPv6, ARP	Pakete
Netzzugang/ Sicherung	Punkt zu Punkt	IEEE 802.3 Ethernet, IEEE 802.11 WLAN, MAC-Protokolle	Bits, (Symbole)

2.2 Anwendungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 1. Internetmodell
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht

Protokolle:

- **Hypertext Transfer Protocol (HTTP)**
- **Post Office Protocol v3 (POP3)**
- **Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)**
- **File Transfer Protocol (FTP)**
- **Etc.**

2.2 Anwendungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 1. Internetmodell
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht

Adressierung:

– Port Nummer:

- 16-stellige Binärzahl (0- 65 535)
- Bei Client-Server-Anwendungen:
 - Zufallsport auf Clientseite
 - Standardport auf Serverseite, z.B.:
 - 80 → HTTP
 - 21 → FTP
 - 25 → SMTP
 - 110 → POP3

2.3 Transportschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht

Protokolle:

- **Transmission Control Protocol (TCP):**
 - **Verbindungsorientiertes Protokoll:**
 - Verbindungsaufbau (3-Wege-Handshake)
 - Übermittlung }
 - Bestätigung }
 - Verbindungsabbau (4-Wege-Handshake)
 - **Vollduplex-Verbindung**
 - **Wird von den meisten Anwendungen verwendet**

2.3 Transportschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht

Protokolle:

- **User Datagram Protocol (UDP):**
 - **Verbindungsloses Protokoll:**
 - Unbestätigtes Versenden der Datagramme
 - **Wird vor allem von Echtzeitanwendungen verwendet:**
 - Internettelefonie
 - Videokonferenzen
 - TV-Streaming

2.3 Transportschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht

Adressierung:

– Protokoll-Nummer:

- TCP → 6
- UDP → 17

2.3 Transportschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht

Ein detaillierter Blick auf das TCP-Protokoll:

– Verbindungsaufbau



2.3 Transportschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht

Ein detaillierter Blick auf das TCP-Protokoll:

– Übermittlung / Bestätigung

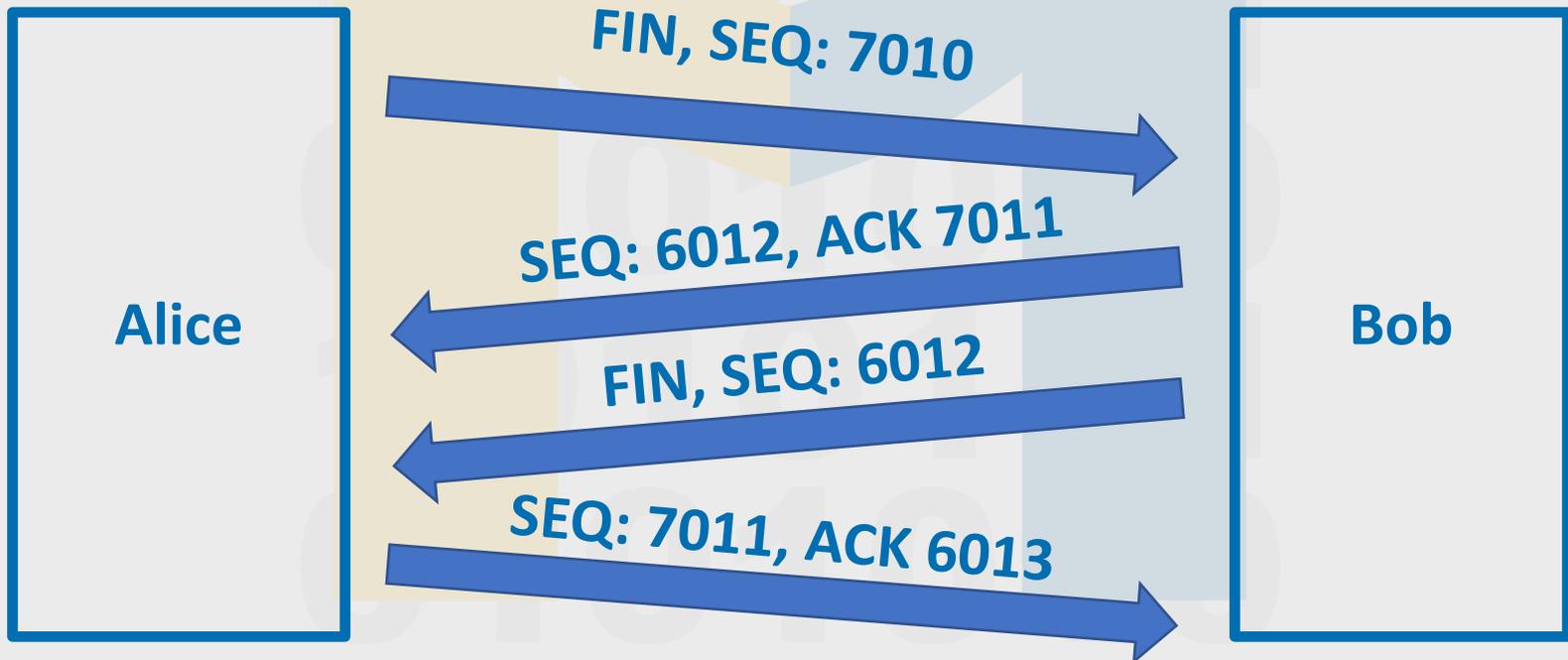


2.3 Transportschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 2. Anwendungsschicht
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht

Ein detaillierter Blick auf das TCP-Protokoll:

– Verbindungsabbau



2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Protokolle:

- **Internet Protocol (IP)**
 - Regelt Adressierung (zentral verwaltet nach Kontinenten)
 - Durch geografische Einteilung des Adressraumes können Adressen zu logischen Einheiten zusammengefasst werden
 - globale Weiterleitung von Nachrichten wird überschaubar (→ Routingprotokolle)
- **Address Resolution Protocol (ARP)**
 - Ausfindig-Machen von unbekanntem MAC-Adressen

2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Adressierung:

- IP-Adresse (v4)
 - z.B.: 73.101.203.23
 - Besteht aus 4x8 Bit (32 Bit)
 - IP-Adressen können zu Subnetzen (logischen Einheiten) zusammen gefasst werden
 - Um lokale Netze zu kennzeichnen
 - Um Routing-Informationen zu bündeln
 - Hilfsmittel: Subnetzmaske

2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Subnetzmaske:

– Unterteilt die IP-Adresse in Netz- und Hostanteil

– Bsp.:

IP: 203.000.113.195

→ Binär: 11001011.00000000.01110001.11000011

Subnetzmaske: 255.255.255.224

→ Binär: 11111111.11111111.11111111.11100000

2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Subnetzmaske:

– Unterteilt die IP-Adresse in Netz- und Hostanteil

– Bsp.:

IP: 203.000.113.195

→ Binär: 11001011.00000000.01110001.11000011

Subnetzmaske: 255.255.255.224

→ Binär: 11111111.11111111.11111111.11100000

2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
3. Transportschicht
4. Vermittlungsschicht
5. Netzzugangsschicht

Subnetzmaske:

– Unterteilt die IP-Adresse in Netz- und Hostanteil

– Bsp.:

IP: 203.000.113.195

→ Binär: 11001011.00000000.01110001.11000011

Netzanteil

Hostanteil

Subnetzmaske: 255.255.255.224

→ Binär: 11111111.11111111.11111111.11100000

2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Subnetzmaske:

– Einfacheres Bsp. (besser geeignet für Filius):

IP:

111.111.111.234

Netzanteil

Hostanteil

Subnetzmaske:

255.255.255.0

2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Subnetzmaske:

– Einfacheres Bsp. (besser geeignet für Filius):

IP:

111.111.111.234

└──────────┬──────────┘

Netzanteil

Hostanteil

→ Netzadresse:

111.111.111.0

→ Broadcastadresse:

111.111.111.255

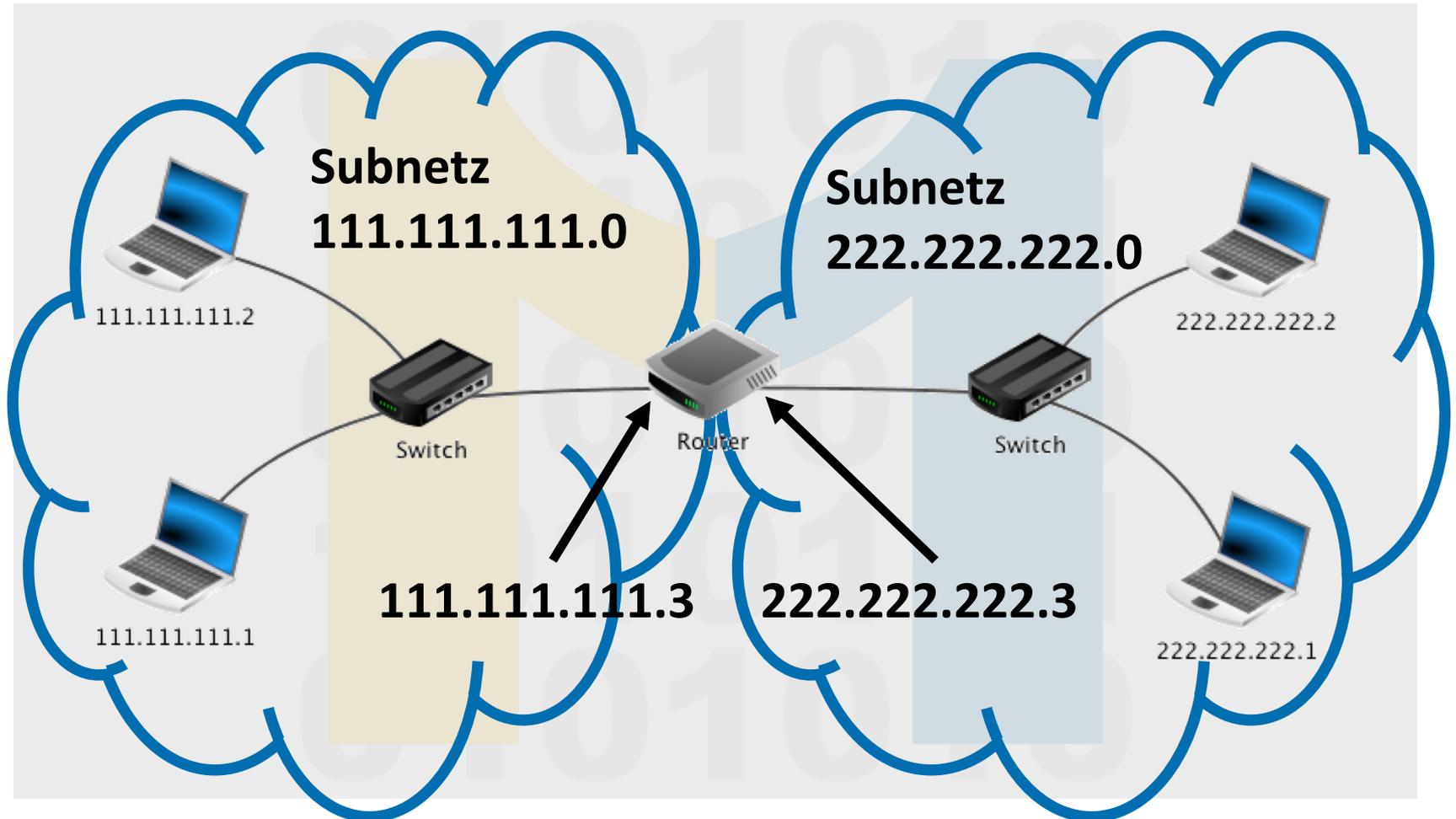
→ Adressraum:

111.111.111.1

- 111.111.111.254

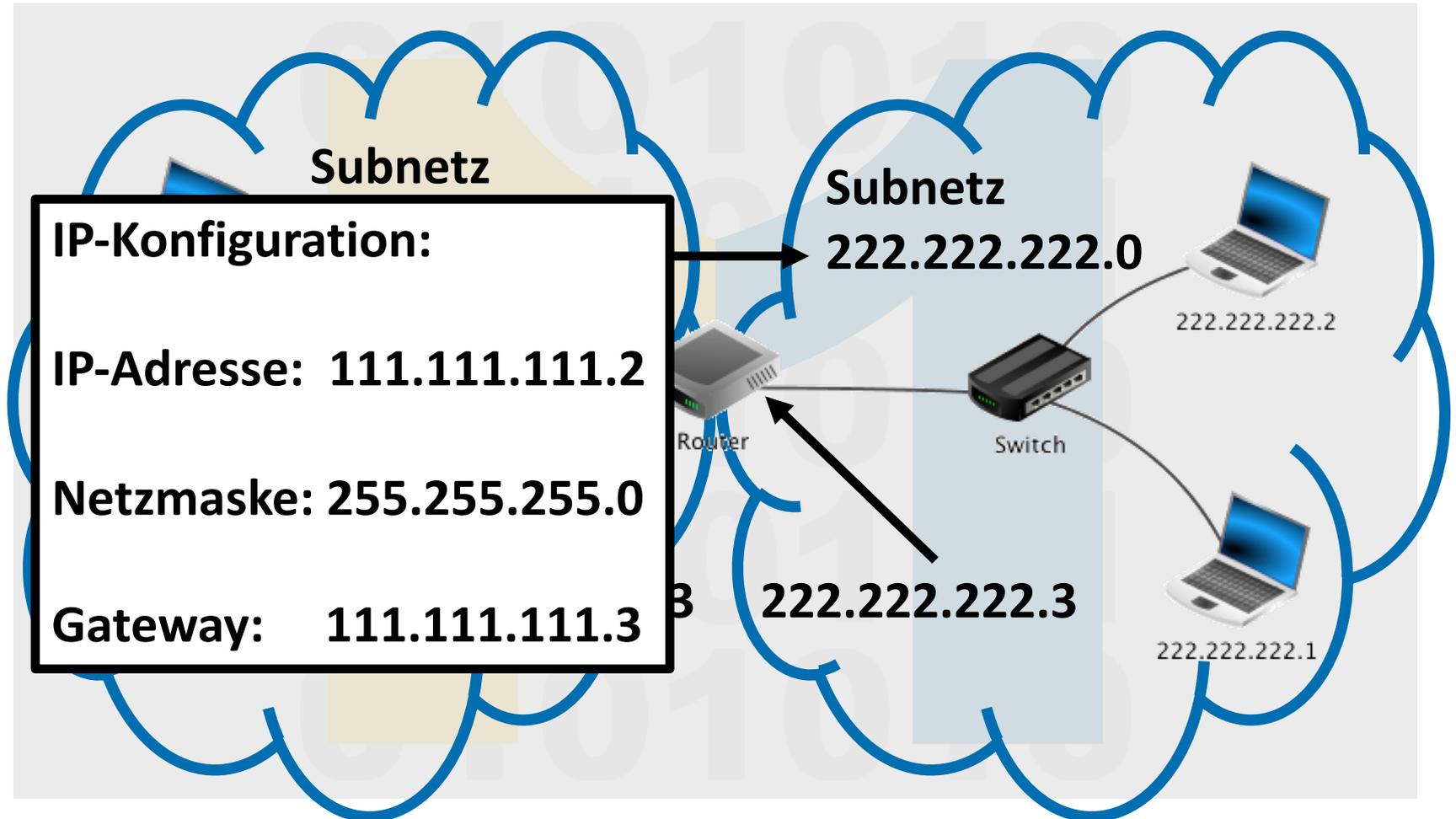
2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
3. Transportschicht
4. Vermittlungsschicht
5. Netzzugangsschicht



2.4 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht



2.3 Vermittlungsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Routingverfahren:

- Ziel: Automatisiertes Bestimmen von „günstigsten“ Wegen in einem Netzwerk
- Distanz-Vektor-Protokoll (dezentraler Algorithmus)
- Link-State-Algorithmus (Dijkstra-Algorithmus)

2.3 Vermittlungsschicht: Routing

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

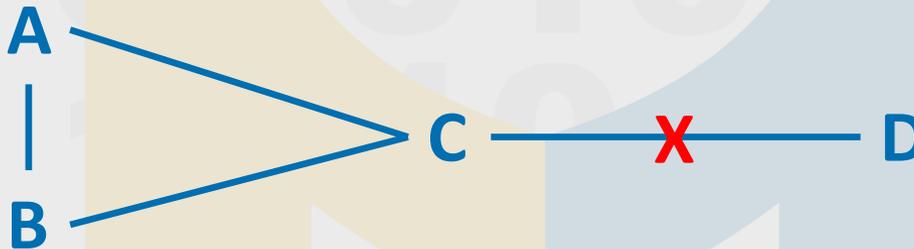
Distanz-Vektor-Protokoll:

- Jeder Router kennt grundsätzlich immer alle seine Nachbarn
- Jeder Router gleicht periodisch seine Routing-Tabelle mit denen der Nachbarn ab.
- Werden beim Abgleich Routen gefunden, die mit geringeren Kosten zum Ziel führen, so werden diese übernommen
- Nach hinreichend vielen Abgleichzyklen kennt jeder Router den „günstigsten“ Weg zu jedem anderen Router

2.3 Vermittlungsschicht: Routing

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Problem: Count-to-Infinity

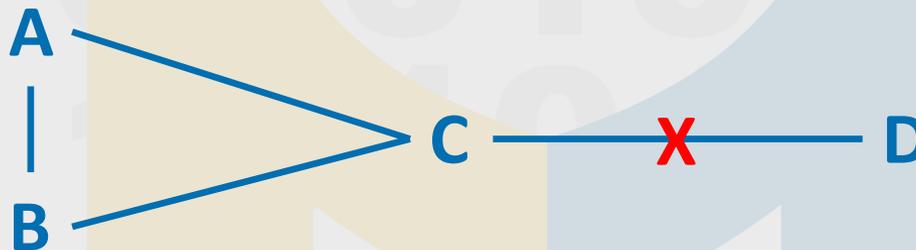


- angenommen die Verbindung von C nach D fällt aus:
 - A erfährt, dass C keine Verbindung mehr nach D hat
 - A erfährt zeitgleich von B, dass B eine Route nach D hat
 - A ersetzt die Route über C nach D mit der Route über B nach D

2.3 Vermittlungsschicht: Routing

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Problem: Count-to-Infinity



- B geht gleichermaßen vor und ersetzt die Route über C nach D durch die Route über A nach D
- Hierdurch steigen die hinterlegten Kosten für die Route nach D sowohl bei A als auch bei B
- Weil die beiden „Routen“ nach D jeweils über A bzw. B führen, werden bei jedem Abgleich die auf der Gegenseite gestiegenen Kosten übernommen und um die Kosten der Verbindung A– B erhöht

2.3 Vermittlungsschicht: Routing

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Dijkstra-Algorithmus:

- Bestimmt für einen Router des Netzwerks die „günstigsten“ Pfade zu allen anderen Routern
- Für jeden Router im Netzwerk werden die folgenden Informationen gespeichert:
 - Die Kosten für den (bisher) „günstigsten Weg vom Startrouter zu diesem Router
 - Den Vorgänger dieses Routers auf dem entsprechenden Pfad
 - Ob der Router bereits „abgearbeitet“ wurde

2.3 Vermittlungsschicht: Routing

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

- **Zu Beginn erhalten die Router die folgenden Parameter**
 - **Der Startrouter erhält die Kosten 0**
 - **Alle anderen Router erhalten die Kosten ∞**
 - **Alle Router gelten als unbearbeitet**

2.3 Vermittlungsschicht: Routing

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

- **Solange es noch unbearbeitete Router gibt:**
 - Bearbeite denjenigen unbearbeiteten Router, der die günstigsten Pfadkosten aufweist (das ist im ersten Schritt immer der Startrouter)
 - Bestimme für alle Nachbarn dieses Routers die Pfadkosten vom Startrouter zu diesen
 - Falls die berechneten Pfadkosten für einen Nachbarn geringer sind als die dort hinterlegten, aktualisiere dessen Pfadkosten und dessen Vorgänger entsprechend

2.3 Vermittlungsschicht: Routing

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

- Sobald alle Router als bearbeitet markiert worden sind, endet der Algorithmus
- Dann sind in jedem Fall für jeden Router die günstigsten Pfadkosten und der entsprechende Pfad dorthin gespeichert

Nachteil:

- Der Algorithmus muss zentral ausgeführt werden und benötigt eine vollständige Sicht auf das Netz

2.5 Netzzugangsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Standards:

- IEEE 802.3 Ethernet spezifiziert drahtgebundene Netzwerke:
- IEEE 802.11 WLAN: spezifiziert drahtlose Netzwerke

Spezifiziert werden:

- Kabelart und -Beschaffenheit, Stecker, maximallänge der Kabel, Frequenzbänder und Kanäle,
- (Kanal-)Kodierungen
- MAC-Protokolle

2.5 Netzzugangsschicht

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Geräte / Komponenten:

Kabel



Modem



Switch



2.5 Netzzugangsschicht: Bitübertragung

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Adressierung:

- **MAC-Adresse (Hardwareadresse, 6Byte[=48Bit])**
 - Broadcast FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - Multicast 01-00-0C-CC-CC-CC (etc.)

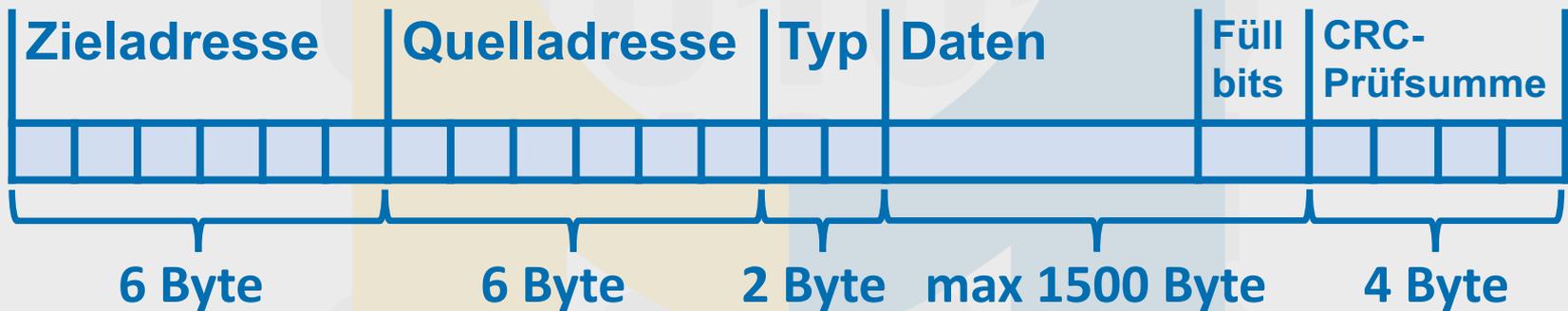
Codierung:

- **Fehlererkennende/-korrigierende Codierungen**
 - Parity-Bit, Hamming-Code
 - CRC (← derzeitiger Standard)
- **Frames/Pakete**

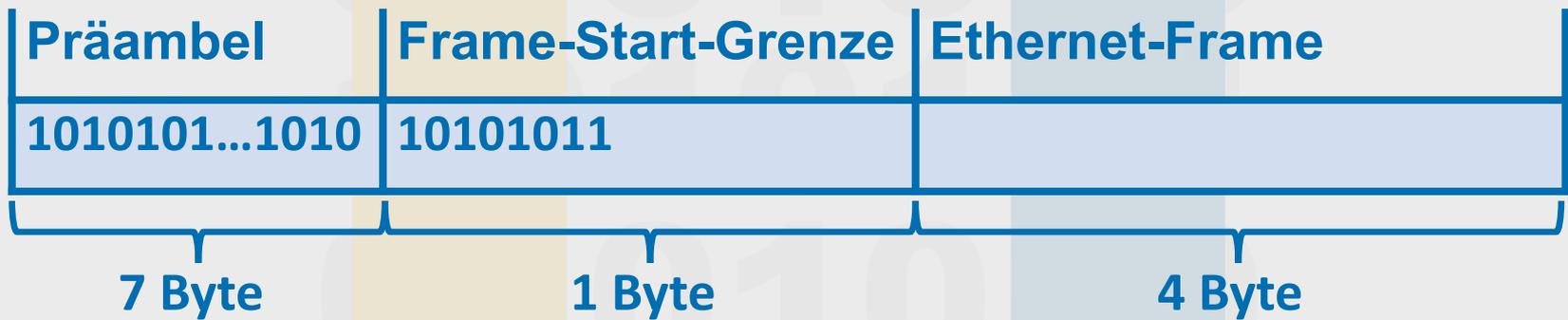
2.5 Netzzugangsschicht: Bitübertragung

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Ethernet-Frame:



Ethernet-Paket:



2.5 Netzzugangsschicht: Bitübertragung

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Fehlererkennende/–korrigierende Codierungen

Parity-Bit: ergänzt die Datensequenz so, dass die Anzahl der 1en einschließlich des Parity-Bits

- gerade ist (Even Parity)
- ungerade ist (Odd Parity)

2.5 Netzzugangsschicht: Bitübertragung

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Hamming-Code:

Codeworddistanz ist immer 3

- Es können alle 1-Bit-Fehler korrigiert werden.
- Aber: 2-Bit-Fehler werden fälschlicherweise als 1-Bit-Fehler interpretiert und korrigiert
- Lösung: Erweiterung des Codes um ein Paritätsbit

2.5 Netzzugangsschicht: Bitübertragung

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Funktionsprinzip:

- **Grundüberlegung: Jedes Bit des Codewortes muss durch eine unterschiedliche Kombination von Paritätsbits abgesichert werden**
- **n Paritätsbits können $2^n - 1$ Codewortbits absichern, weil**
 - **Es 2^n verschiedene Kombinationen der Paritätsbits gibt**
 - **Die Kombination „kein Paritätsbit“ weggelassen werden muss**

2.5 Netzzugangsschicht: Bitübertragung

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

- Die Paritätsbits sichern „sich selbst“ ab, also können Datenbits nur durch Kombinationen aus mindestens 2 Paritätsbits abgesichert werden
- Mit n Paritätsbits lassen sich also $2^n - n - 1$ Datenbits absichern

2.5 Netzzugangsschicht: Bitübertragung

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Umsetzung:

- Die Paritätsbits stehen an allen Stellen, die Zweierpotenzen darstellen, also an der 1. , 2. , 4. , 8. , 16. , ... Stelle
- Ein Paritätsbit, das an der Stelle 2^i steht sichert genau die Datenbits ab, die an Stellen stehen, deren Binäre Darstellung an der i -ten Stelle eine 1 aufweist

2.5 Netzzugangsschicht: Medienzugriffsverfahren

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Protokolle:

- **Medienzugriffsprotokolle (MAC)**
 - ALOHA
 - Slotted ALOHA
 - CSMA
 - CSMA/CD (← derzeitiger Standard im Ethernet)
 - CSMA/CA mit RTS/CTS (← derzeitiger Standard im WLAN)

2.5 Netzzugangsschicht: Medienzugriffsverfahren

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

ALOHA:

- Eigentlich kein reines Medienzugriffsprotokoll, sondern vollständiges „Kommunikationssystem“
- Jeder Teilnehmer sendet sobald er bereit ist
- Vor allem bei starker Kanalauslastung viele Kollisionen
-> ineffizient

Slotted Aloha:

- Wie ALOHA, nur feste Zeitslots für den Übertragungsbeginn
- Problem: Synchronisierung

2.5 Netzzugangsschicht: Medienzugriffsverfahren

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

CSMA:

- **Carrier Sensing: „in den Kanal hineinhorchen“**
- **Je nach Variante wird sobald der Kanal frei ist**
 - **Sofort gesendet**
 - **Mit einer festgelegten WSK gesendet**
 - **Nach einem zufälligen Zeitintervall gesendet**
- **Keine Variante kann Kollisionen vollständig verhindern**
 - **-> Ausbreitungsverzögerung**

2.5 Netzzugangsschicht: Medienzugriffsverfahren

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

CSMA/CD:

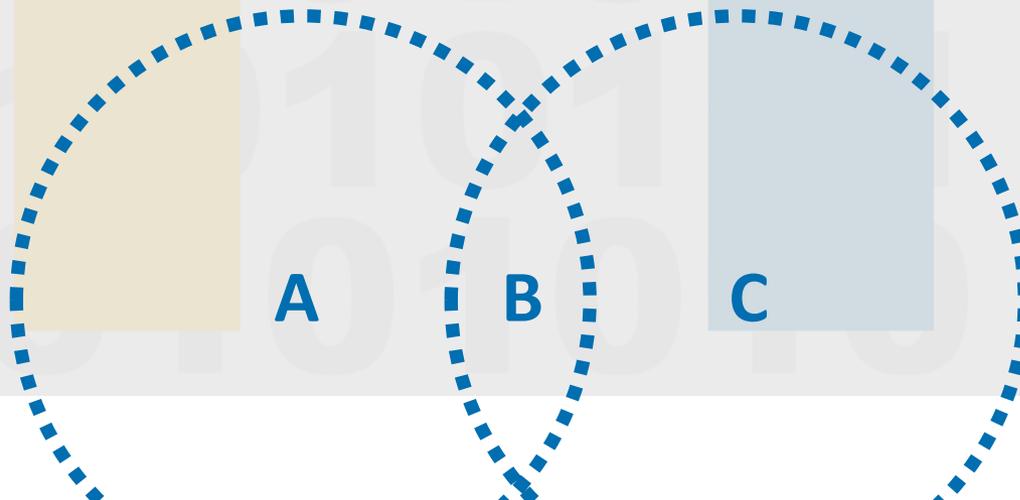
- Ergänzt CSMA um Kollisionserkennung
- Während dem Senden wird fortwährend in den Kanal gehorcht und überprüft, ob die Daten auf dem Kanal mit den gesendeten übereinstimmen
- Ist dies nicht der Fall, wird eine Kollision festgestellt
- Bei einer Kollision wird ein JAM-Signal gesendet und eine zufällige Zeit gewartet

2.5 Netzzugangsschicht: Medienzugriffsverfahren

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

CSMA/CA

- **Wie CSMA, aber: Ist der Kanal frei wird erst eine zufällige Zeitspanne abgewartet. Ist der Kanal dann immer noch frei, wird gesendet.**
- **Problem: „Hidden Terminal“ (A und C senden beide an B, stellen die Kollision bei B aber nicht fest)**

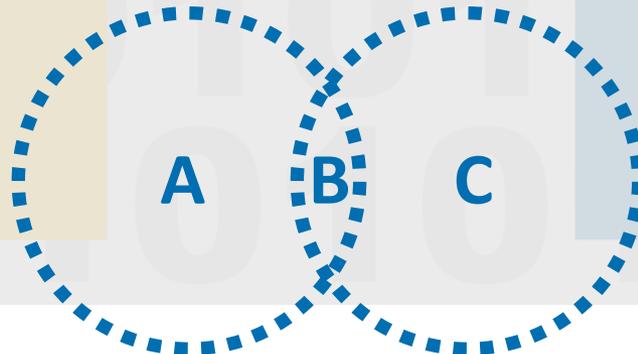


2.5 Netzzugangsschicht: Medienzugriffsverfahren

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
3. Transportschicht
4. Vermittlungsschicht
5. Netzzugangsschicht

Lösung: RTS/CTS

- Vor dem eigentlichen Senden wird ein Request-To-Send an den Empfänger verschickt
- Der Empfänger antwortet mit einem Clear-To-Send
- Potentielle andere Sender im Empfangsbereich von B erhalten CTS und bewahren Funkstille



2.5 Netzzugangsschicht: Physikalischer Sublayer

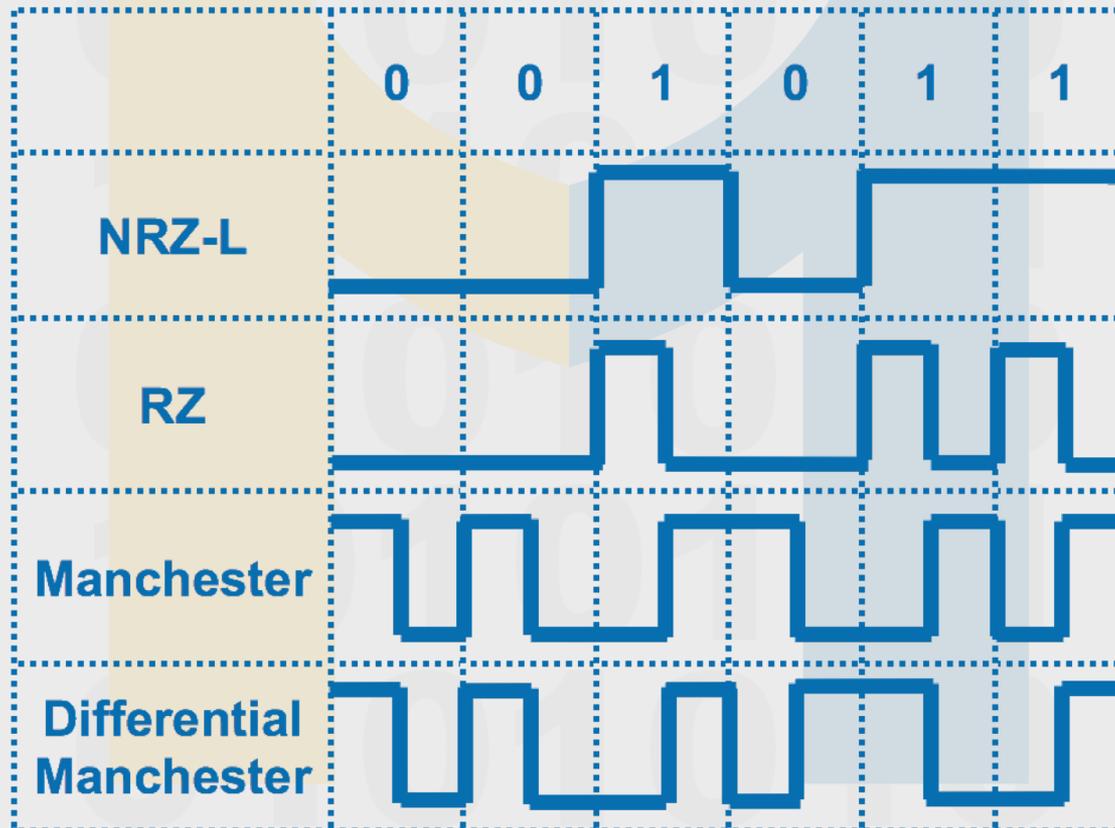
1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

- **Serielle Datenübertragung macht Kanalcodierung unabdingbar**
- **Codierung von Kabelmedien erfolgt meist in Form von „High“ und „Low“**
 - High -> „Strom an“ (positive Spannung)
 - Low -> „Strom aus“ (keine oder negative Spannung)
- **Aber auch Trägerwellen (neuere Standards)**
- **Codierung von kabellosen Medien annähernd immer über Trägerwellen**

2.5 Netzzugangsschicht: Physikalischer Sublayer

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
3. Transportschicht
4. Vermittlungsschicht
5. Netzzugangsschicht

Gängige Kanalcodierungen



2.5 Netzzugangsschicht: Physikalischer Sublayer

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Kanalcodierungen im Ethernet-Protokollstapel

10Mb/s-Ethernet (10Base-T):

- High: 2,5V ; Low: -2,5V
- Dual-Simplex: Getrennte Kanäle zum Senden und Empfangen
- Manchester Codierung

2.5 Netzzugangsschicht: Physikalischer Sublayer

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Kanalcodierungen im Ethernet-Protokollstapel

100Mb/s-Ethernet (100Base-TX):

- High: 2,5V ; N: 0V ; Low: -2,5V
- Dual-Simplex: Getrennte Kanäle zum Senden und Empfangen
- MLT-3-Codierung (ähnlich NRZ-I) mit vorgelagerter 4B5B-Codierung zur Vermeidung von mehr als 5 aufeinanderfolgenden Nullen

2.5 Netzzugangsschicht: Physikalischer Sublayer

1. Didaktische Anmerkungen
2. Einführung in das Themenfeld der Rechnernetze
 3. Transportschicht
 4. Vermittlungsschicht
 5. Netzzugangsschicht

Kanalcodierungen im Ethernet-Protokollstapel

1Gb/s-Ethernet (1000Base-T):

- Symbole sind Amplituden einer Trägerwelle
- 5 Symbole: 1V; 0,5V; 0V; -0,5V; -1V → PAM-5
- Vorgeschalteter „Trellis-Code“
- Insgesamt: 2b/Symbol