

1 ISO/OSI Schichtenmodell

a) Eigenschaften verschiedener Protokolle

- Füllen Sie die folgende Tabelle für die Eigenschaften verschiedener Protokolle aus («x» für zutreffend, «o» für nichtzutreffend, leer bedeutet «weiss nicht»).

Zur Bewertung: Falsch gesetztes «x» oder «o» ergibt einen Abzug.

Bei Unsicherheit also besser leer lassen als raten.

	Verbindungsorientiert	Zuverlässiger Dienst
Ethernet	O	O
IP	O	O
TCP	X	X
UDP	O	O

b) Klassifizierung von Diensten

Zwei Schichten M und N haben zur jeweils höheren Schicht die folgenden Interfaces (siehe weiter unten). Handelt es sich um verbindungsorientierte oder verbindungslose Dienste?

Begründen Sie Ihre Antwort !

- Schicht M:

```
connect_M (dest_addr, options, &handle)
send_M (handle, options, numBytes, &data)
...
close_M (handle)
```

Antwort: **verbindungsorientiert, Connect / Close der Verbindung**

- Schicht N:

```
send_telegramm_N (remote_addr, numBytes, &data)
receive_telegram_N (&remote_addr, &local_address, &buffer,
bufsiz)
```

Antwort: **verbindungslos, keine Funktion zum Auf- / Abbau einer Verb.**

2 Medien, Physical Layer

a) Symbol- und Datenrate

Ein Übertragungsverfahren soll 320 MBit/s übertragen können. Die im Übertragungsmedium nutzbare Bandbreite B beträgt 40 MHz.

- Wie gross ist die maximal mögliche Symbolrate?
Geben Sie die verwendete Regel und die Formel sowie die richtige Einheit an!

Nyquist, $N_{\max} = 2 * B$; $2 * 40 \text{ MHz} = 80 \text{ MBaud}$

- Wie viele Zustände pro Symbol muss das Codierungsverfahren bieten, damit bei maximaler Symbolrate die geforderte Bitrate erreicht werden kann? Die Anzahl Zustände pro Symbol soll eine 2er-Potenz sein.
Geben Sie die verwendete Regel und die Formel sowie die richtige Einheit an!

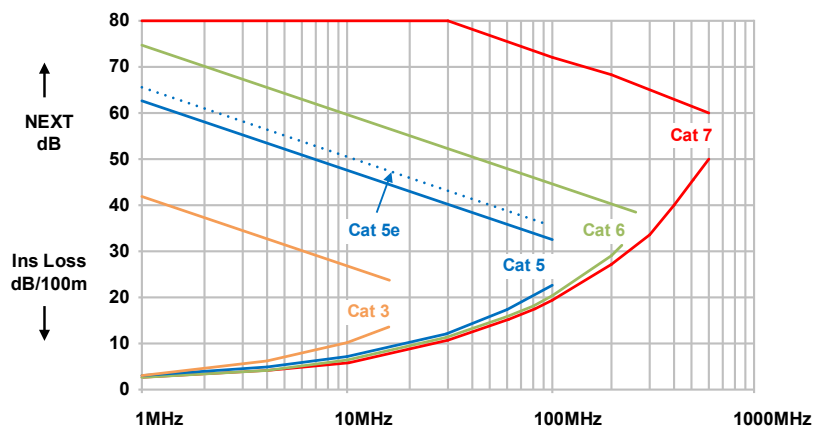
Hartley: $\text{Bitrate} = 2 * B * \log_2(N)$

$\rightarrow 320 \text{ Mb/s} \leq 80 \text{ MHz} * \log_2(N)$

$\rightarrow \log_2(N) \geq 4$ Damit werden mindestens $2^{**4} = 16$ Zustände benötigt.

b) Bandbreite von Twisted-Pair Kabeln

Für die verschiedenen Twisted Pair Kabelkategorien steigt der Dämpfungsbelag mit zunehmender Frequenz beinahe gleich an (s. Abbildung).



- Was ist der Grund, dass CAT5 Kabel mit einer Bandbreite von 100 MHz verwendet werden, während CAT7 Kabel bis zu 600 MHz eingesetzt werden?

Die Dämpfung ist nicht die einzige Grösse, welche die effektiv nutzbare Bandbreite eines Kabels bestimmt. Höherwertige Kabel haben ein viel besseres Übersprechverhalten, so dass eine höhere Dämpfung akzeptiert werden kann. (Slide 21 Übertragungsmedien)

3 Fehlererkennung und -korrekturverfahren

a) Längs-/Querparity

- Der unten abgebildete Datenblock ist mit Längs- und Querparität geschützt. Er enthält genau einen Bitfehler. Markieren Sie das fehlerhafte Bit (**keine Begründung notwendig**).
- Was für eine Quer-Parität liegt vor? **Geben Sie eine Begründung an!**

Even Parity, Summe der Einsen in einer Zeile ist in allen ausser einer Zeile gerade

b) Fehlerkorrektur beim Stop-and-Wait Protokoll

Das Stop-and-Wait Protokoll wird zur Fehlerkorrektur eingesetzt.

- Erklären Sie in eigenen Worten, wie beim Stop-and-Wait Protokoll ein Übertragungsfehler erkannt wird, wer diesen detektiert und wie er korrigiert wird.

Der Sender erkennt durch einen Timeout eine fehlende Bestätigung und wiederholt daraufhin das zuletzt gesendete Telegramm.

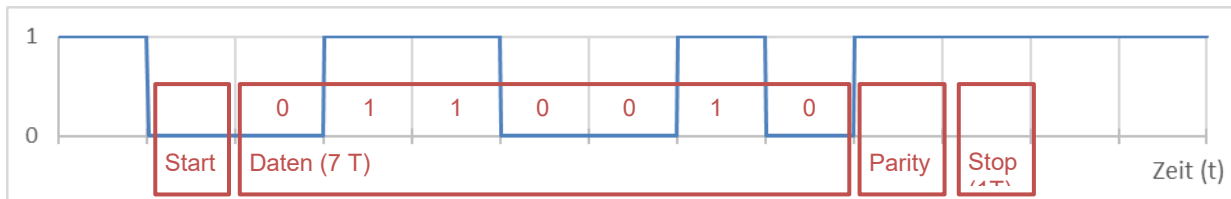
4 Serielle Schnittstelle

Eine serielle Schnittstelle wird mit folgenden Parametern betrieben:

115'200 bps, 1 Start Bit, 1 Stop Bits, 7 Datenbits, ein Parity-Bit. Die folgende Abbildung zeigt die Darstellung eines gesendeten Zeichens.

Die x-Achse ist in Bit-Zeiten unterteilt, d.h. ein Kästchen entspricht einer Bitdauer.

Die y-Achse zeigt die logischen Zustände «0» und «1».



- Kennzeichnen Sie im obigen Diagramm die Start-, Daten- und Stopbits.
- Welchen Wert hat das übertragene Byte (**Angabe als Hex- oder Dezimalwert**)?

Daten: 0100110 = 0x26

-
- Unter der Annahme, dass die Übertragung fehlerfrei war: Welche Parity wird verwendet? (**Begründen Sie Ihre Antwort**)?

Even Parity (Die Anzahl «1» - Bits einschliesslich des Parity Bit ist gerade (4))

5 Framerraten

- Wie gross ist die maximal erzielbare **Framerate** in eine Richtung (ohne Kollisionen) bei 100Mb/s-Ethernet, falls alle Frames eine Länge von 105 Bytes aufweisen (die 105 Bytes sind inklusive FCS, jedoch ohne Präambel und SFD)?

Hinweis: Der Interframe Gap beträgt 12 Bytes.

Für eine korrekte Lösung muss der Ansatz klar erkennbar sein!

Ansatz: Framerate = Bitrate / Bruttolänge des Frames in Bit.

Bruttolänge = (gegebene Anzahl Bytes + 8 (PRE/SFD) + 12 (IFG)) * 8

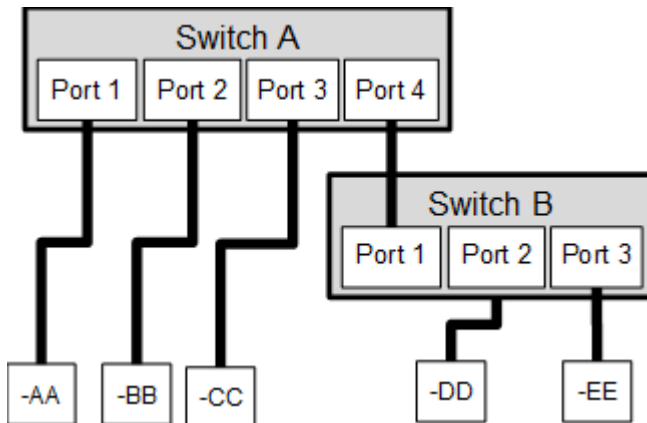
10^8 Bit/s

Framerate = ----- = 100'000 Frames/s

$(105 + 8 + 12) * 8 \text{ Bit/Frame}$

6 Address Learning

Gegeben sei ein Netz, das aus einem 4-Port-Switch und einem 3-Port-Switch besteht. An das Netz sind die fünf Knoten -AA bis -EE angeschlossen, wobei ein Knoten (-XX) jeweils die MAC-Adresse 00-00-00-00-00-XX hat. Zum betrachteten Zeitpunkt sind die Adresstabellen (Filtering Database FDB) der Switches noch leer. Im Abstand von einer Sekunde werden sechs aufeinanderfolgenden Frames gesendet



Adresstabelle/FDB Switch A		
Zeit	Port	MAC (-XX)
0	2	BB
1	4	EE
2	4	DD
3	3	CC

Adresstabelle/FDB Switch B		
Zeit	Port	MAC (-XX)
0	1	BB
1	3	EE
2	2	DD
3	1	CC

Sende- und Empfangstabelle							
Zeit	Source	Destination	-AA	-BB	-CC	-DD	-EE
T = 0 s	00-00-00-00-00-BB	FF-FF-FF-FF-FF-FF	X	O	X	X	X
T = 1 s	00-00-00-00-00-EE	00-00-00-00-00-CC	X	X	X	X	O
T = 2 s	00-00-00-00-00-DD	00-00-00-00-00-AA	X	X	X	O	X
T = 3 s	00-00-00-00-00-CC	00-00-00-00-00-DD	O	O	O	X	O
T = 4 s	00-00-00-00-00-EE	00-00-00-00-00-BB	O	X	O	O	O
T = 5 s	00-00-00-00-00-DD	00-00-00-00-00-AA	X	X	X	O	X

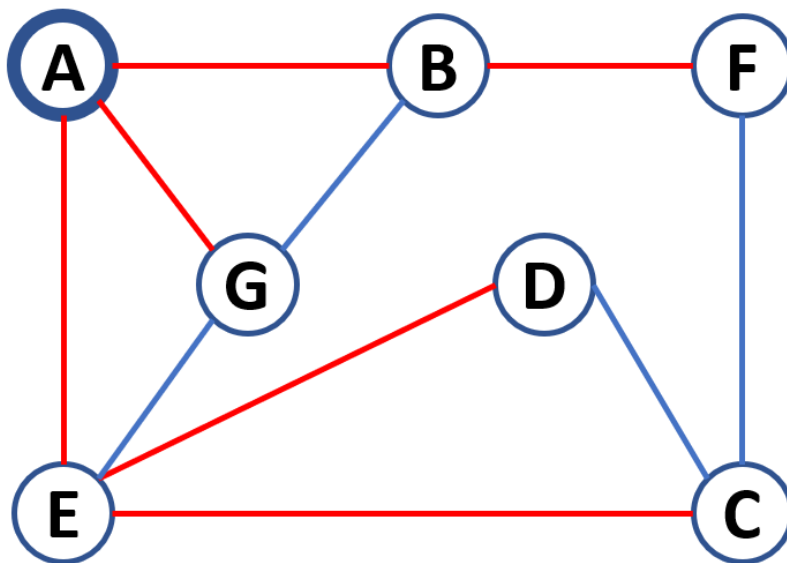
- Ergänzen Sie die obigen Adresstabellen für Switch A und B mit den Einträgen, die bei der gesendeten Frame-Sequenz **zusätzlich** gelernt worden sind.
- Geben Sie in der unteren Sende- und Empfangstabelle an, welche Endknoten an ihrem Ethernet-Interface das entsprechende Frame geliefert bekommen (egal, ob es vom Knoten dann verarbeitet werden muss oder verworfen wird). Verwenden Sie dabei die Symbole «x» für geliefert und «o» für nicht geliefert. Leer bedeutet «weiss nicht»!

Die Zeiten 4 für EE und 5 für DD sind ebenfalls korrekt (Eintrag wird aufdatiert).

7 *Spanning Tree Protocol*

Das folgende Netzwerk besteht aus Switches mit aktivem Spanning Tree Protokoll. Alle Switches haben dieselben Eigenschaften und Parameter und alle Pfade die gleichen Kosten. Der Knoten A sei die Root-Bridge.

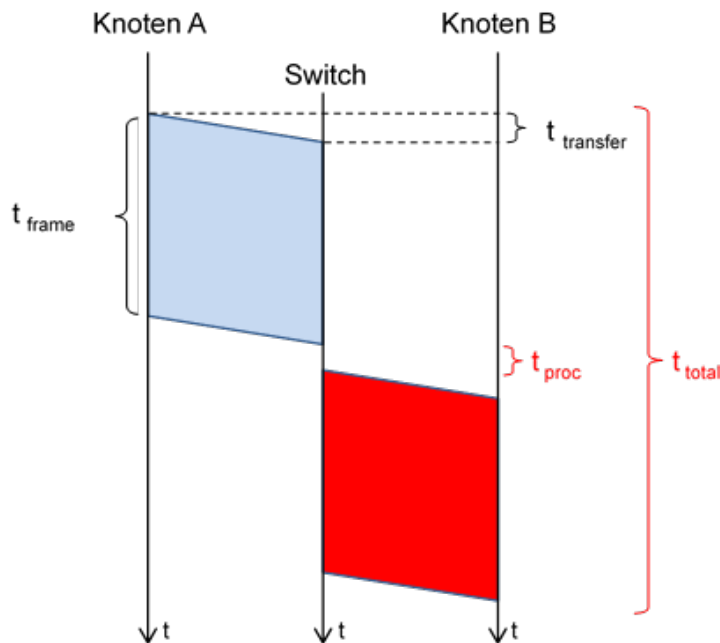
- Zeichnen Sie in der Grafik den Spanning Tree ein (optimal, also mit den kürzesten Pfaden zur Root).



8 Switch Performance

Das folgende Weg/Zeit-Diagramm zeigt die Übertragung eines Frames von Knoten A zu einem Store-and-Forward-Switch.

Die Leitungslänge zwischen Switch und den Knoten sei je 50 m, Ausbreitungsgeschwindigkeit $2 \cdot 10^8$ m/s; Bitrate: 10 MBit/s; Länge der Nutzdaten (im Ethernet Frame): 974 Bytes



Bei allen folgenden Berechnungen muss der Rechenweg klar ersichtlich sein!

- Geben Sie hier gemäss Weg/Zeit-Diagramm die Berechnungen an für:

$t_{\text{frame}} =$

$$[974 + 8 \text{ (Prä/SFD)} + 12 \text{ (MACs)} + 2 \text{ (Type)} + 4 \text{ (FCS)}] \cdot 8 / 10^7 = 8/10^4 = 800\mu\text{s}$$

- Geben Sie hier gemäss Weg/Zeit-Diagramm die Berechnungen an für:

$$t_{\text{transfer}} = 50[\text{m}] / 2 \cdot 10^8 [\text{m/s}] = 2.5 \cdot 10^{-7} = 250\text{ns}$$

- Der Switch hat eine Verarbeitungszeit (t_{proc}) von $10\mu\text{s}$. Ergänzen Sie im obigen Diagramm t_{proc} , und grafisch die Übertragung des Frames vom Switch zum Knoten B.

siehe Grafik (in Rot)

- Geben Sie hier die gesamte Übertragungszeit (Senden des ersten Bits an der Quelle bis zum Empfang des letzten Bits am Ziel) an. Zeichnen Sie t_{total} ebenfalls im obigen Diagramm ein.

$$t_{\text{total}} = 2 \cdot 800 \mu\text{s} + 2 \cdot 250\text{ns} + 10\mu\text{s} = 1610.5 \mu\text{s}$$

9 Virtual LANs

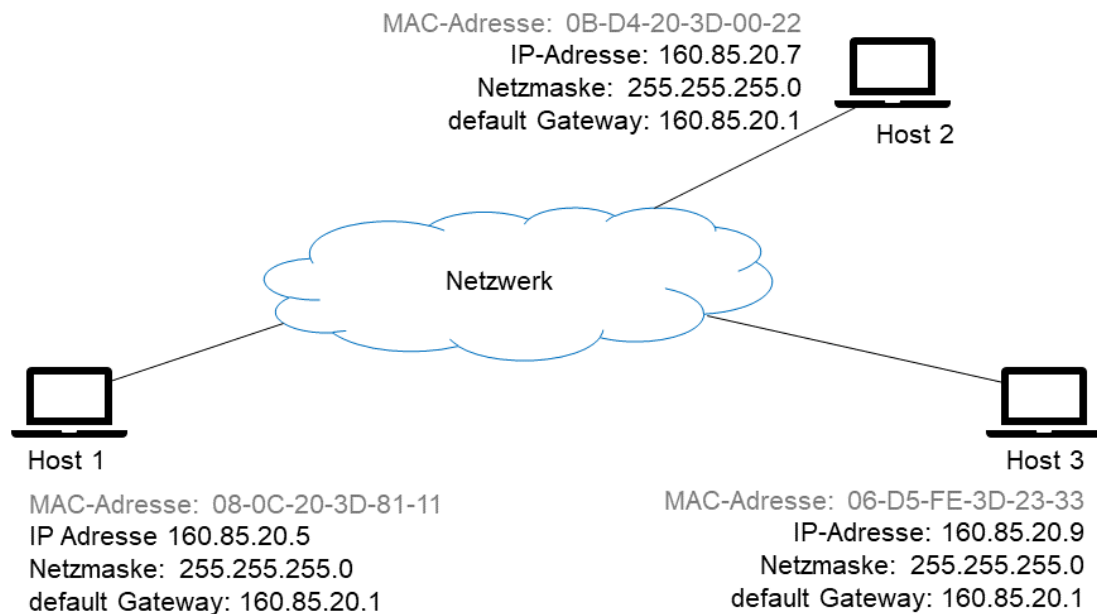
Auf einem VLAN-fähigen Switch sind die 8 Ports gemäss folgender Tabelle einzelnen VLANs zugeordnet (X = VLAN zugeordnet):

Port	Trunk	VLAN 10	VLAN 20	VLAN 30	VLAN 40	VLAN 50	VLAN 60
1		X					
2			X				
3				X			
4					X		
5						X	
6							X
7	T	X	X	X			
8	T				X	X	X

- Betrachten Sie die oben gezeigte VLAN-Konfiguration.
Markieren Sie **in der Spalte Trunk** alle Ports, auf denen Frames **zwingend** getagged übertragen werden müssen.

10 Address Resolution Protocol

Drei Computer werden mit einem Netzwerk verbunden. Keiner der Computer sendet einen Gratuitous ARP Request, alle ARP-Caches sind leer. Host 1 sendet einen ping an Host 3.



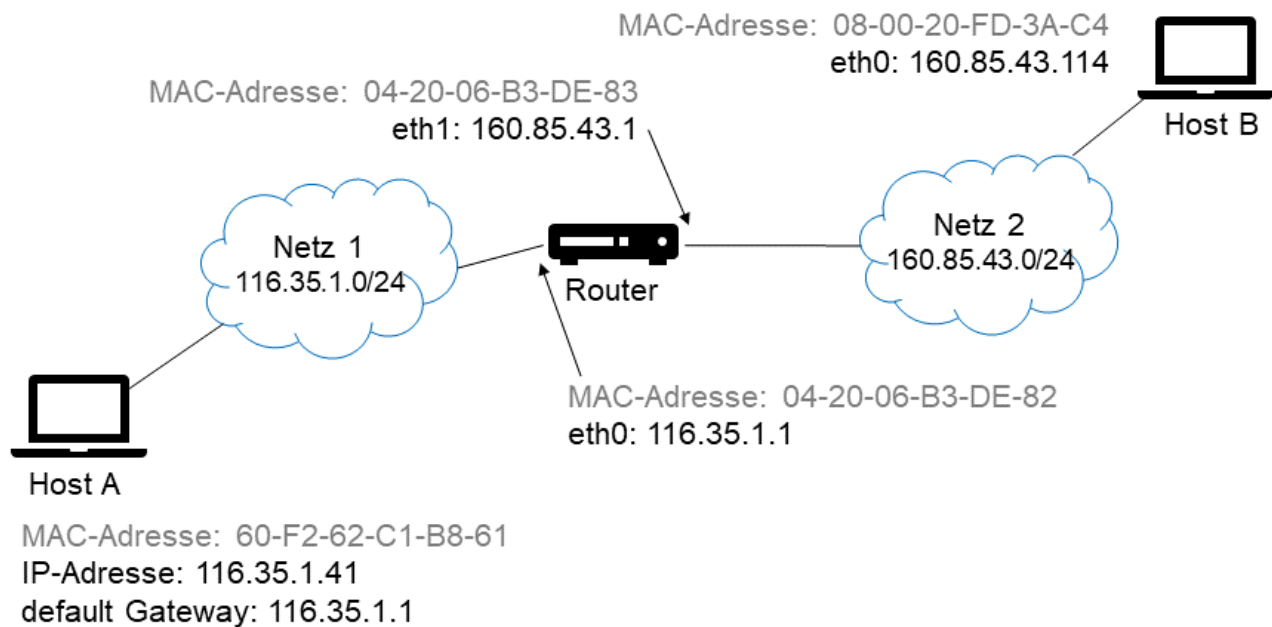
- Notieren Sie in der nachfolgenden Tabelle die ersten 3 Nachrichten, welche über das Netzwerk übertragen werden.

Hinweis: Es genügt, wenn sie in der Tabelle für MAC- und IP-Adresse die letzten beiden Zahlen angeben, z.B. 81-11 oder 20.5 für Host 1.

Message-Type	MAC-source	MAC-destination	IP-source (falls IP Paket)	IP-destination (falls IP Paket)	Bedeutung / Inhalt
ARP-Request	81-11	FF-FF	-	-	Who has 20.9
ARP Reply	23-33	81-11	-	-	20.9 is at 23-33
Ping-Request	81-11	23-33	20.5	20.9	Echo (ICMP 8)

11 IP Encapsulation

Ein Host sendet ein IP Paket an einen Host in einem anderen Netz. Alle ARP-Caches sind aus vorhergehenden Datenübertragungen gefüllt.



- Geben Sie die beiden Nachrichten, die in den beiden Netzen übertragen werden, in der untenstehenden Tabelle an.

Netzwerk	MAC-source	MAC-destination	IP-source	IP-destination
Netz 1	B8-61	DE-82	116.35.1.41	160.85.43.114
Netz 2	DE-83	3A-C4	116.35.1.41	160.85.43.114

12 IP Subnetting

a) Betrachtung / Eckdaten eines IP Netzes

Gegeben ist das Netz 172.30.10.0/25.

- Geben Sie in der folgenden Tabelle die Eckdaten für das gegebene Netz an:

Netzadresse:	172.30.10.0
Broadcast-Adresse:	172.30.10.127
Nutzbarer Host-Adressbereich:	172.30.10.1 - 172.30.10.126

b) Subnetting

Dieses Netz soll in drei Subnetze aufgeteilt werden:

- ein grösseres Subnetz 1 für 50 IP-Hosts
- zwei kleinere Subnetze 2 und 3 für je 25 IP-Hosts.

- Geben Sie **die Netzmasken** für die drei Subnetze an (kurze Schreibform mit « / » genügt):

Subnetz 1 (für 50 IP-Hosts):	/26 (oder 255.255.255.192)
Subnetz 2 (für 25 IP-Hosts):	/27 (oder 255.255.255.224)
Subnetz 3 (für 25 IP-Hosts):	/27 (oder 255.255.255.224)

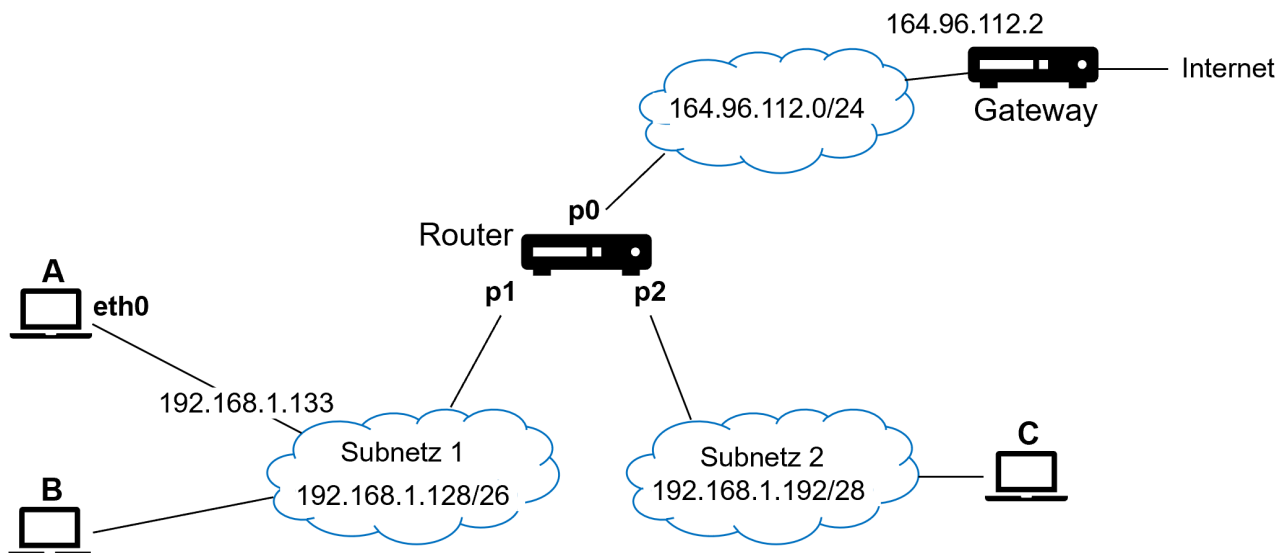
- Geben Sie je die **Netzadresse**, die **Broadcastadresse** und die **Anzahl adressierbarer Hosts** der drei Subnetze an:

	Netzadresse	Broadcastadresse	Anzahl Hosts
Subnetz 1 (für 50 IP-Hosts):	172.30.10.0	172.30.10.63	62
Subnetz 2 (für 25 IP-Hosts):	172.30.10.64	172.30.10.95	30
Subnetz 3 (für 25 IP-Hosts):	172.30.10.96	172.30.10.127	30

13 Routing

a) Routing Tabellen

Drei Subnetze sind wie in der Figur dargestellt über einen Router verbunden und über die Default Gateway-Adresse 164.96.112.2 ans Internet angeschlossen. Die Router-Ports p0, p1, p2 belegen die tiefste Adresse im jeweiligen Subnetz.



- Wie sieht die Routing-Tabelle für den Router aus? Geben Sie die Einträge in der Reihenfolge an, wie diese beim Forwarding berücksichtigt werden. Die Routing Tabelle soll möglichst wenig Einträge beinhalten. Geben Sie die Netzmaske in der Kurznotation **/nn** an.

Anmerkung: Es werden evtl. nicht alle Zeilen der Tabelle benötigt

Netzadresse	Netzmaske	Port	Gateway
192.168.1.192	/28	p2	direkt
192.168.1.128	/26	p1	direkt
164.96.112.0	/24	p0	direkt
default	/	p0	164.96.112.2

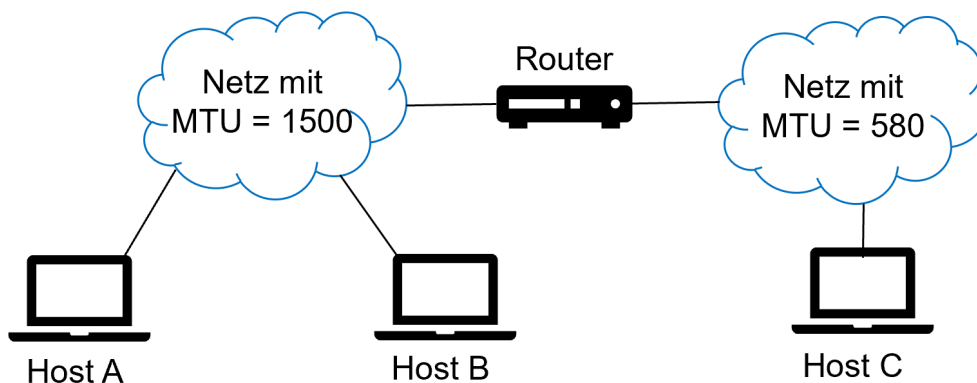
- Wie sieht die Routing-Tabelle für den Linux-Host A aus, wenn er Ziele in allen diesen Subnetzen und auch im Internet erreichen können muss? Die Routing-Tabelle soll möglichst wenig Einträge beinhalten..

Hinweis: Es werden evtl. nicht alle Zeilen der Tabelle benötigt

Netzadresse	Netzmaske	Port	Gateway
192.168.1.128	/26	eth0	direkt
default	/	eth0	192.168.1.129

14 Fragmentierung

Wir betrachten die unten abgebildete Konfiguration.



a) Fragmente bestimmen

Knoten A sendet ein 1500 Byte langes IP-Paket an Knoten C (bestehend aus 20 Byte Header und 1'480 Bytes Nutzdaten).

- Welches Gerät nimmt die Fragmentierung vor, falls eine solche nötig ist?

Der Router fragmentiert.

- Welche Werte stehen im Header der erzeugten Fragmente? Die Fragmente sollen, mit Ausnahme des letzten, die maximal zulässige Grösse aufweisen.
Anmerkung: Es werden evtl. nicht alle Zeilen der Tabelle benötigt.

	Fragment Offset FO	Total Length TL	More Fragments MF
erstes Fragment	0	580	1
zweites Fragment	70	580	1
drittes Fragment	140	380	0

b) Reassembly

Ein Fragment enthält die Header-Informationen

ID = 936, FO = 500, TL = 317, MF = 0.

- Wie gross ist das IP-Paket (Header und Datenfeld), aus dem dieses Fragment entstanden ist?
Eine Formel oder eine Skizze soll aufzeigen, wie das Resultat zustande kommt!

Es ist das letzte Fragment, darum:

$$\text{Länge_Original_Paket} = 20 + 500 * 8 + 317 - 20 = 4317$$

Ein anderes Fragment enthält die Header-Informationen:

ID = 937, FO = 0, TL = 1300, MF = 1.

- Woran kann man erkennen, ob dieses Paket ein Fragment eines grösseren Paketes ist?

Das Flag MF ist gesetzt (=hat den Wert 1)

15 Server-Client Kommunikation

Auf Ihrem Laptop (Client mit der IP-Adresse 168.85.10.99) laufen zwei unterschiedliche Anwendungen:

- Es findet eine Abfrage auf einen Web-Server statt (Port 443 auf dem Server mit der IP-Adresse 160.85.111.11).
- Anschliessend wird eine Nachricht zu einem Mail-Server geschickt (Port 25 auf dem Server mit der IP-Adresse 160.85.222.22).

Entsprechend gibt es auf Ihrem Laptop momentan zwei TCP-Kommunikationsbeziehungen, wobei die Web-Abfrage die lokale Port-Nummer 40137 nutzt.

- Betrachten Sie im Folgenden das TCP-Paket vom Web-Server zum Client und das TCP-Paket vom Client zum Mail-Server. Geben Sie in der folgenden Tabelle die IP-Adressen und Portnummern an, die in den beiden Paketen verwendet werden.
*Hinweis: Wenn ein Wert in der Aufgabenstellung nicht angegeben ist, so wählen Sie selbst einen sinnvollen, gültigen Zahlenwert (**Keine Bereiche angeben**).*

Sender / Empfänger	Source IP-Adresse	Destination IP-Adresse	Source Port	Destination Port
Paket vom Web-Server zum Client	160.85.111.11	168.85.10.99	443	40137
Paket vom Client zum Mail Server	168.85.10.99	160.85.222.22	z.B. 40138	25

16 TCP States

Die folgende Wireshark-Protokollausgabe zeigt Pakete von (genau) einer TCP-Verbindung:

No.	Time	Source	Destination	Prot	Info
2300	191.34	52.97.232.194	172.27.15.248	TCP	444 → 51222 [ACK] Seq=1743 Ack=3972 Win=2049 Len=100
2301	191.35	172.27.15.248	52.97.232.194	TCP	51222 → 444 [FIN,ACK] Seq=3972 Ack=1843 Win=512 Len=0
2302	191.36	52.97.232.194	172.27.15.248	TCP	444 → 51222 [ACK] Seq=1843 Ack=3973 Win=2049 Len=0
2303	191.41	172.27.15.248	52.97.232.194	TCP	51222 → 444 [ACK] Seq=3973 Ack=1843 Win=512 Len=0

- Um welche Phase der TCP-Verbindung handelt es sich?
Woran erkennen Sie dies?

Verbindungsabbau.

FIN-Flag

Auf einem Rechner beobachten Sie zu einem bestimmten Zeitpunkt eine TCP Verbindung im Zustand TIME-WAIT.

- Was bedeutet dieser Zustand?

Im TIME-WAIT Zustand wartet der «Closing-Host» eine gewisse Zeit, um auch im Fall eines Übertragungsfehlers die Verbindung regulär schliessen zu können.

Auch OK: Kurz (weniger als 4 Minuten) vor dem Beobachtungszeitpunkt wurde eine TCP Verbindung auf diesem Rechner mit einem «Active Close» beendet.

17 TCP Sequenznummern

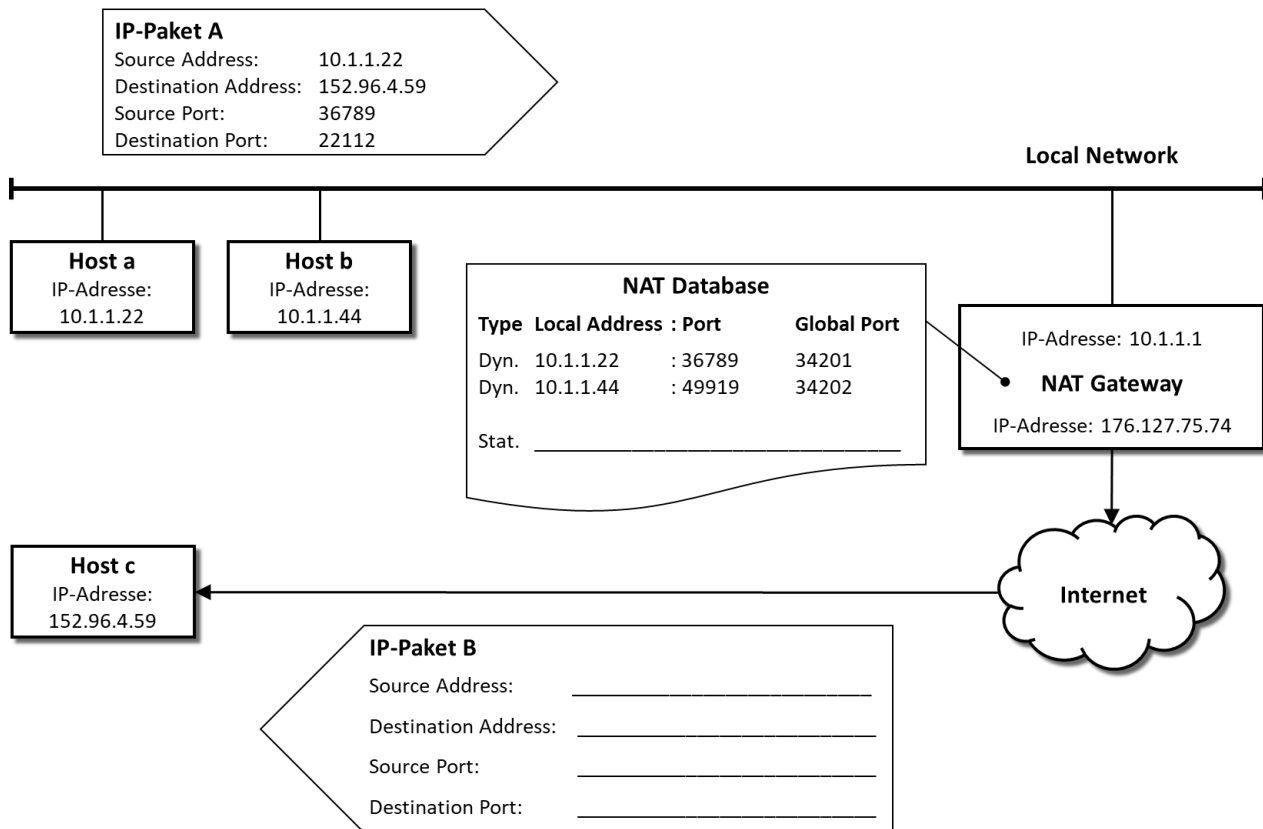
Zwei Knoten A und B kommunizieren über TCP. In der folgenden Tabelle ist ein Teil des Datenaustausches dargestellt. Jede Zeile entspricht einem TCP-Datagramm.

- Komplettieren Sie die leeren Zellen der folgenden Tabelle mit den richtigen Werten

Sender	Empfänger	Daten	Sequenznummer	Acknowledgenummer
A	B	0	1000	30000
B	A	1000	30000	1000
B	A	1000	31000	1000
A	B	500	1000	32000
B	A	1000	32000	1500
A	B	0	1500	33000

18 Network Address Translation

Gegeben sei die Konfiguration gemäss untenstehendem Bild: Ein lokales IP-Netz 10.0.0.0/8 mit Host a und Host b, das über einen NAT Gateway und das Internet mit dem Host c verbunden sei:



Host a will das obige IP-Paket A an den Host c im Internet senden. Der NAT Gateway empfängt das IP-Paket A und schickt es als IP-Paket B an den Host c weiter.

- Geben Sie oben die Source- und Destination-Adressen sowie die Source- und Destination-Ports des IP-Pakets B an.

IP Paket B

Source Address: 176.127.75.74

Destination Address: 152.96.4.59

Source Port: 34201

Destination Port: 22112

- Der Host b soll dem Host c als TFTP Server dienen. Wie muss dazu der statische Eintrag in der NAT Database lauten? Hinweis: TFTP nutzt das UDP Port 69.

Type	Local Address : Port	Global Port
Static	10.1.1.44 : 69	69