

Aufgabe 1 Multiple Choice (19 Punkte)

Die folgenden Aufgaben sind Multiple Choice / Multiple Answer, d. h. es ist jeweils mind. eine Antwortoption korrekt. Teilaufgaben mit nur einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt bewertet, wenn richtig. Teilaufgaben mit mehr als einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt pro richtigem und -1 Punkt pro falschem Kreuz bewertet. Fehlende Kreuze haben keine Auswirkung. Die minimale Punktzahl pro Teilaufgabe beträgt 0 Punkte.

Kreuzen Sie richtige Antworten an

Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden

Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden



a)* Ein Rahmen mit einer Gesamtlänge von 1500 B benötigt eine Serialisierungszeit von $2\ \mu\text{s}$. Welche Übertragungsrate hat der Link?

- 6000 GB/s 2 Gbit/s 750 MB/s 2 mbit/s 750 Mbit/s 1500 Mbit/s

b)* Ein Rahmen mit einer Gesamtlänge von 1500 B wird über eine Kupferleitung der Länge 10 km übertragen. Welche Ausbreitungsverzögerung tritt dabei in etwa auf?

- 50 ns 476 μs 33,3 μs 50 μs 33,3 ns 476 ns

c)* Welche der folgenden Eigenschaften treffen auf UDP zu?

- darf nicht fragmentiert werden streamorientiert
 arbeitet auf der Transportschicht nur Ports ≥ 1024 nutzbar
 datagram-orientiert arbeitet auf der Vermittlungsschicht
 nur Ports < 1024 nutzbar verbindungsorientiert

d)* Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen CSMA/CD und CSMA/CA

- Beim Medienzugriff mittels CSMA/CA gibt es immer eine Contention Phase CSMA/CA benötigt eine minimale Rahmenlänge von 64 B
 CSMA/CD verwendet im Gegensatz zu CSMA/CA Bestätigungen Es gibt nur Unterschiede in der Kollisionsbehandlung, nicht im Medienzugriff

e)* Welche Aussage(n) zu Fourier-Reihe und Fourier-Transformation sind bzgl. zeitkontinuierlicher Signale falsch?

- Mittels Fouriertransformation lässt sich das Spektrum nicht-periodischer Signale bestimmen. Mittels Fourierreihe lässt sich das Spektrum nicht-periodischer Signale bestimmen.
 Mittels Fourierreihe lässt sich das Spektrum periodischer Signale bestimmen. Mittels Fouriertransformation lässt sich das Spektrum periodischer Signale bestimmen.

f)* Bei einem Paket handelt es sich um eine ...

- L4-SDU L2-PDU L4-PDU L3-SDU
 L1-PDU L3-PDU L1-SDU L2-SDU

g)* Ein Interface habe die Link-local IPv6-Adresse `fe80:0000:0000:0000:0312:23ff:fe34:4556`. Welche L2-Adresse hat dieses Interface höchstwahrscheinlich?

- 01:02:03:04:05:06 56:45:34:23:12:01 03:12:23:34:45:56 31:22:3f:ff:e3:44
 23:ff:fe:34:45:56 fe:80:03:12:23:ff 01:12:23:34:45:56 06:05:04:03:02:01

h)* Welche der folgenden IP Adressen sind *Loopback* Adressen?

- fe80::1234 127.0.0.2 :: 2001:db8::1234
 0.0.0.0 ::2 128.0.0.1 ::1

i)* Wie lang ist eine IPv6-Adresse?

- 16 B 2^{128} bit 128 B 2^{128} B

j)* Ethernet ist ein Protokoll für ... im ISO-OSI Modell.

- Schicht 4 Schicht 7 Schicht 3 Schicht 5
 Schicht 6 Schicht 1 Schicht 2

k)* Welches Protokoll ist **kein** Teil der Anwendungsschicht?

- DNS HTTP FTP SNMP
 ICMP HTTPS SSH SMTP

l)* Sie beobachten folgenden Datenstrom einer unbekanntenen Quelle. Bei welchem bzw. welchen Zeichen ist der Informationsgehalt maximal?

H G A A B B A F A G H F G B H A B G A G F B H F

- G B F I A H

m)* Gegeben sei folgendes Datum in Big-Endian: 0xf3b68745. Welches der folgenden Daten entspricht diesem in Network-Byte Order?

- 0x4587b6f3 0x3f6b7854 0xf3b68745 0x54786b3f

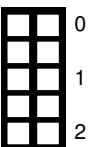
n)* Was versteht man unter Quellenkodierung?

- Die Entfernung von Redundanz Gezieltes Hinzufügen von Redundanz
 Darstellung von Daten durch Abfolge von Sendegrundimpulsen nichts davon

Aufgabe 2 Kurzaufgaben (6.5 Punkte)

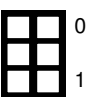
a)* Nennen Sie vier verschiedene in der Vorlesung behandelte Multiplex-Verfahren hinsichtlich der Medienzugriffskontrolle (ohne Erklärung).

Zeitmultiplex (Time Division Multiplex, TDM), Frequenzmultiplex (Frequency Division Multiplex, FDM), Raummultiplex (Space Division Multiplex, SDM), Codemultiplex (Code Division Multiplex, CDM)



b)* Wir betrachten einen soeben in Betrieb genommenen Switch, dessen Switching-Tabelle leer ist. Dieser bekommt einen Rahmen zur Weiterleitung. An welchen Ports wird der Switch den Rahmen wahrscheinlich weiterleiten?

Wenn der Empfänger-L2-Adresse zugehörige Port nicht bekannt ist, wird der Rahmen wahrscheinlich gebroadcastet werden, an alle anderen Ports außer dem, an dem der Rahmen eingegangen ist.



0
1/2

c)* Auf welcher Schicht im ISO-OSI Modell agiert DNS? (ohne Begründung)

Anwendungsschicht

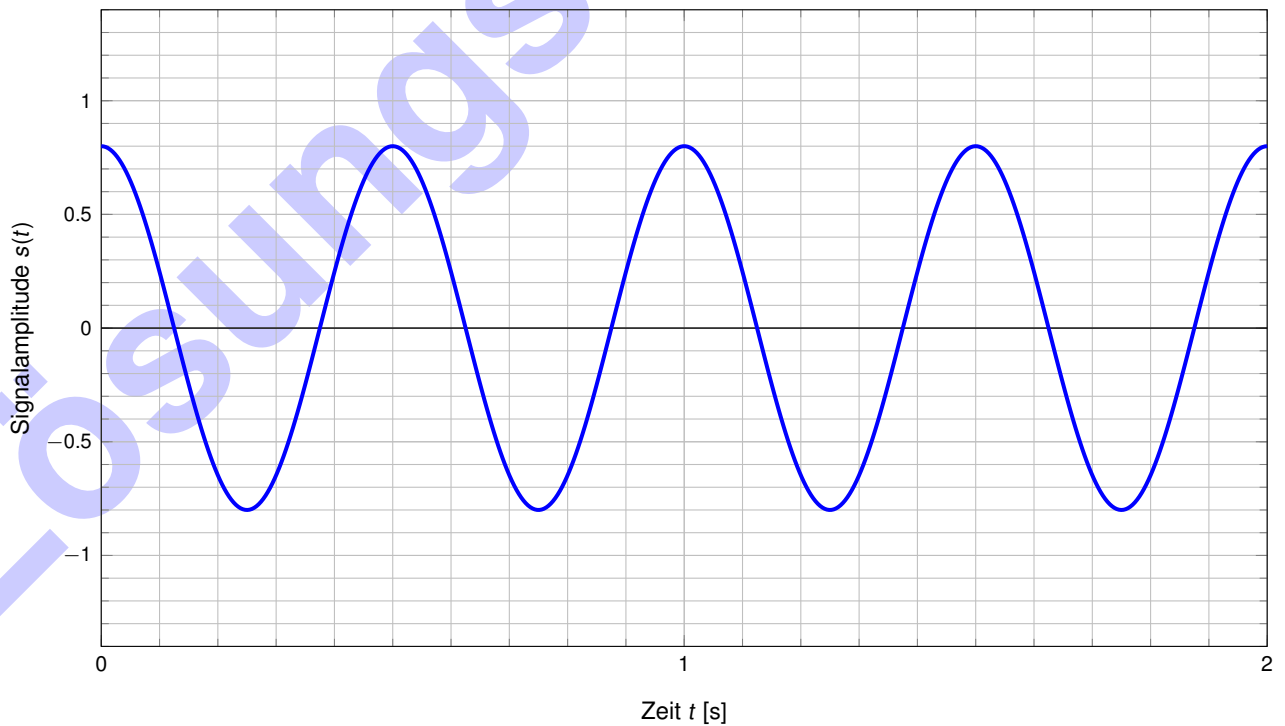
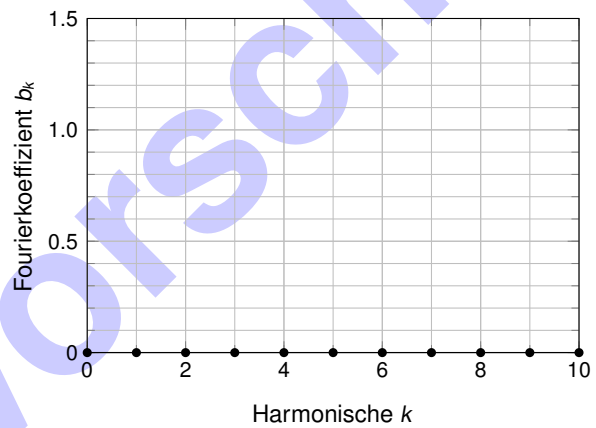
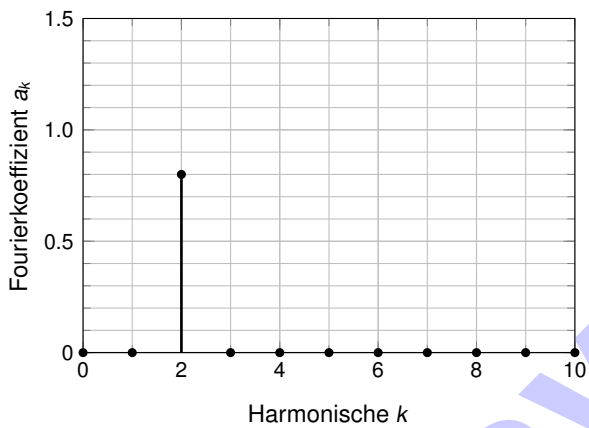
0
1

d)* Gegeben sei die Fourier Reihe eines periodischen Signales $s(t)$ mit $a_0 > 0$. Begründen Sie ob das Signal $s(t)$ bei Übertragung gleichstromfrei ist oder nicht.

Der Parameter a_0 des Fourierspektrums gibt den Gleichanteil der Kosinus bzw. Sinusfunktion an. Wenn dieser größer 0 ist, gibt es einen Gleichanteil, welcher einen Gleichstrom bewirkt.

0
1
2

e)* Gegeben sei das untenstehende Spektrum einer Fourierreihe. Zeichnen Sie im Lösungsfeld das dazu gehörende Zeitsignal $s(t)$ im Intervall $[0, 2]$. Hierbei gilt $\omega = \frac{2\pi}{T}$, mit $T = 1$ s.



Aufgabe 3 TCP Datenübertragung (8.5 Punkte)

Sie wollen über HTTP eine Website aufrufen. Ihr Rechner ist momentan per Ethernet und IPv4 verbunden. Folglich beträgt ihre aktuelle MTU 1500 B. Ihre TCP Implementierung verwendet zudem die Max Segment Size (MSS) Option, mit der ein Empfänger dem Sender die maximal erlaubte Größe von Segmenten mitteilen kann. RFC 793 definiert die MSS Option wie folgt:

Maximum Segment Size

```

+-----+-----+-----+-----+
|00000010|00000100|  max seg size  |
+-----+-----+-----+-----+
Kind=2   Length=4
    
```

a)* Berechnen Sie die maximale MSS, so dass nicht fragmentiert werden muss. Machen Sie kenntlich woher die Zahlen kommen.



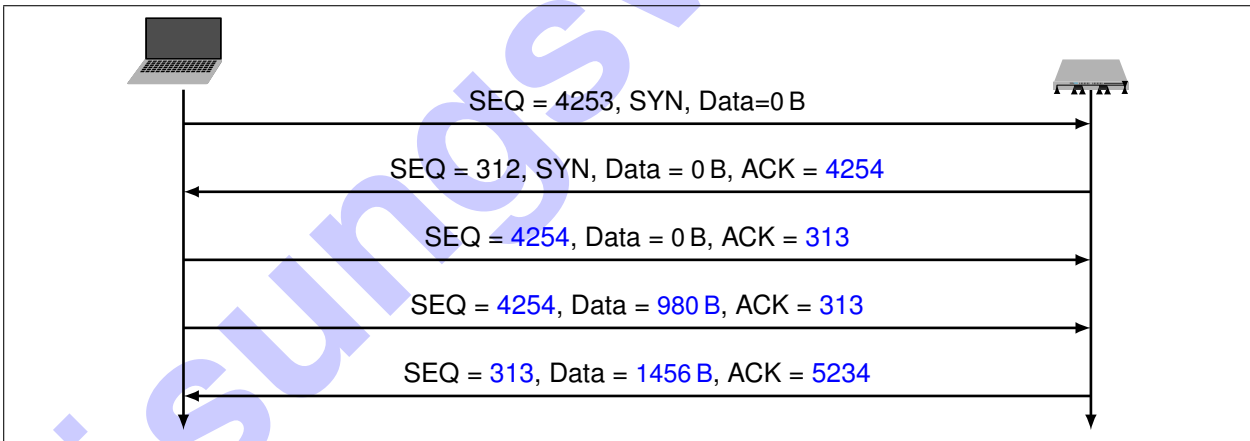
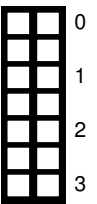
$1500B(\text{EthernetMTU}) - 20B(\text{IPv4Header}) - 20B(\text{TCPHeader}) - 4B(\text{MSSOption}) = 1456B$

b) Wie groß ist das Empfangsfenster (in Byte), wenn in den Puffer ihres Rechners die Daten von 7 Segmenten passen (so groß wie möglich).

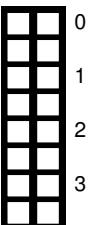


$7 \cdot \text{MSS} = 7 \cdot 1456 \text{ B} = 10192 \text{ B}$

c) Vervollständigen Sie den TCP Handshake und die Angaben zu den ersten beiden Segmenten vom Client und Server. Gehen Sie von einer 980 Byte HTTP-Anfrage und einer 5 MB Antwort aus. Client und Server versuchen immer, die Segmente maximal groß zu gestalten.



d) Füllen Sie den folgenden TCP Header mit den Daten aus dem ersten Segment aus, das ihr Rechner verschickt. Das verwendete Zahlensystem muss ersichtlich sein. **Hinweis:** Sie finden am Ende der Klausur einen weiteren Vordruck. Machen Sie aber kenntlich, welcher bewertet werden soll.



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																				
3645 ₍₁₀₎																80 ₍₁₀₎																																			
4253 ₍₁₀₎																																																			
0																																																			
6 ₍₁₀₎						0						0						0						1						0						10192 ₍₁₀₎															
00000010 00000100 1456 ₍₁₀₎																																																			

Aufgabe 4 Wohnheimnetz (18 Punkte)

Gegeben sei ein Studentenwohnheim mit mehreren Häusern, deren Netzwerk über Ethernet und IPv4 aufgebaut ist. Jedes Haus hat dafür ein eigenes privates /24 Präfix. Das Hausnetz für Haus x ist durch das Präfix $10.0.x.0/24$ beschrieben. Alle Bewohner eines Hauses sind über einen Switch miteinander verbunden, der mit dem jeweiligen Gateway des Hauses verbunden ist. Diese Router sind über das Transportnetz $10.0.255.0/24$ miteinander verbunden. MAC-Adressen aller Interfaces seien wie folgt aufgebaut:

IP: $a.b.c.d \rightarrow$ MAC: $00:53:00:00:c:d$

Ein Ausschnitt des Netzes ist in Abbildung 4.1 gegeben. Die Caches aller Geräte seien zu Beginn leer.

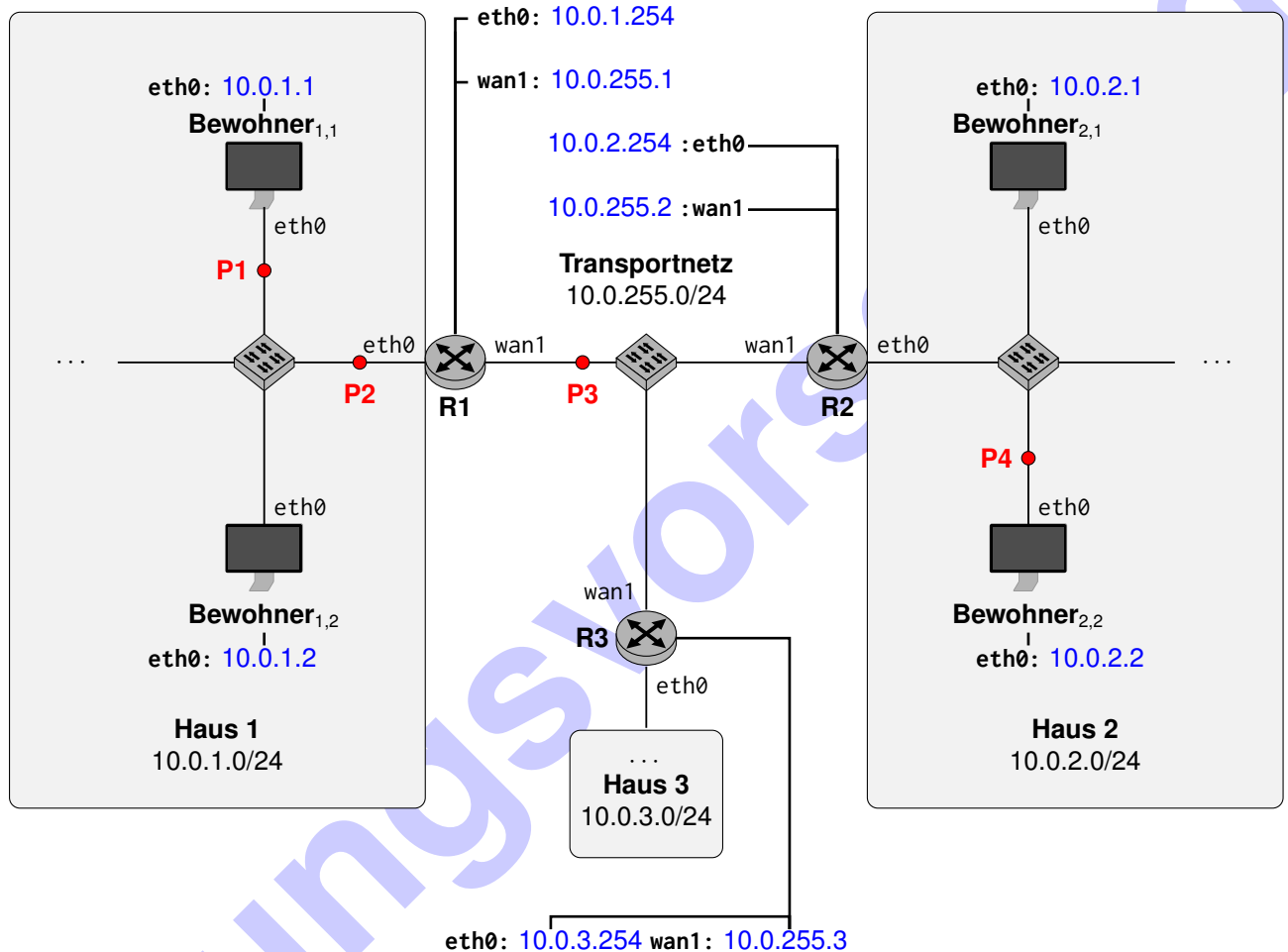


Abbildung 4.1: Ausschnitt des Wohnheimnetzes

- 0

 a)* Weisen Sie allen in Abbildung 4.1 dargestellten Geräten entsprechend der zugeordneten Präfixe **IP-Adressen** zu. In den Hausnetzen erhalten Clients die kleinstmögliche Adresse lexikografisch sortiert, Router die jeweils größte. Im Transportnetz erhalten Router kleinstmögliche Adressen lexikografisch aufsteigend zur Hausnummer. Zeichnen Sie die IP-Adressen direkt in obenstehende Grafik ein.

Wir betrachten zunächst einmal **innerhäusliche** Kommunikation innerhalb von Haus 1. Bewohner_{1,1} möchte dort Bewohner_{1,2} pingen und kennt nur dessen IP-Adresse.

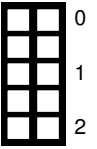
- 0

 b)* Warum kann nicht direkt der entsprechende ICMP Echo Request gesendet werden?

MAC-Adresse von Bewohner_{1,2} ist nicht bekannt.

c) Geben Sie die Quell- und Ziel-MAC-Adresse des ersten Pakets an.

SRC-MAC: 00:53:00:00:01:01
 DST-MAC: ff:ff:ff:ff:ff:ff



Nun betrachten wir **inter**häusliche Kommunikation. Bewohner_{1,1} von Haus 1 will nun einen Ping an Bewohner_{2,2} von Haus 2 schicken. Dafür müssen zuerst die Routingtabellen von R1 und R2 konfiguriert werden.

d)* Was würde passieren, wenn die Tabellen nicht konfiguriert wären?

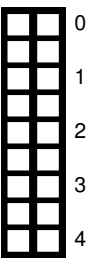
Da es keine Einträge gibt, wird der Router das Paket verwerfen und eine ICMP "Destination Unreachable" zurückschicken.



e) Geben Sie alle notwendigen Einträge in untenstehenden Tabellen für R1 und R2 an, damit alle 3 Häuser untereinander kommunizieren können. Fassen Sie dabei einzelne Routen soweit möglich zusammen. **Hinweis:** Es werden möglicher Weise nicht alle Tabellenzeilen benötigt.

Destination	Next Hop	Iface
10.0.1.0/24	0.0.0.0	eth0
10.0.255.0/24	0.0.0.0	wan1
10.0.2.0/24	10.0.255.2	wan1
10.0.3.0/24	10.0.255.3	wan1

Routing-Tabelle von R1



Destination	Next Hop	Iface
10.0.2.0/24	0.0.0.0	eth0
10.0.255.0/24	0.0.0.0	wan1
10.0.1.0/24	10.0.255.1	wan1
10.0.3.0/24	10.0.255.3	wan1

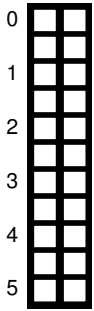
Routing-Tabelle von R2

f)* Der Ping soll nun versendet werden. Wieviele ARP Requests müssen insgesamt mindestens versendet werden?

3: Bewohner_{1,1} ↔ R₁, R₁ ↔ R₂, R₂ ↔ Bewohner_{2,2}



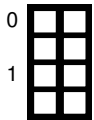
Wir betrachten nun das Senden des eigentlichen Echo Requests (ohne ARP Requests).



g)* Geben Sie für dieses Paket die entsprechenden Headerfelder in der Tabelle an den markierten Punkten P1 bis P4 an. Sie können dafür folgende Schreibweise verwenden: MAC(k. iface) für die MAC-Adresse des Interfaces iface von Knoten k, analog IP(k. iface) für die IP-Adresse. Bewohner_{x,y} können Sie mit B_{x,y} abkürzen.

	SRC-MAC	DST-MAC	SRC-IP	DST-IP	TTL
P1	00:53:00:00:01:01 (MAC(B1,1))	00:53:00:00:01:fe (MAC(R1.eth0))	10.0.1.1 (IP(B1,1))	10.0.2.2 (IP(B2,2))	64
P2	00:53:00:00:01:01 (MAC(B1,1))	00:53:00:00:01:fe (MAC(R1.eth0))	10.0.1.1 (IP(B1,1))	10.0.2.2 (IP(B2,2))	64
P3	00:53:00:00:ff:01 (MAC(R1.wan1))	00:53:00:00:ff:02 (MAC(R2.wan1))	10.0.1.1 (IP(B1,1))	10.0.2.2 (IP(B2,2))	63
P4	00:53:00:00:02:fe (MAC(R2.eth0))	00:53:00:00:02:02 (MAC(B2,2))	10.0.1.1 (IP(B1,1))	10.0.2.2 (IP(B2,2))	62

Abschließend betrachten wir noch Haus 3. Dieses hat 15 Bewohner.



h)* Geben Sie die größt mögliche Prefixlänge an, damit jedem Bewohner weiterhin eine Adresse zugewiesen werden kann. Geben Sie den Rechenweg an.

$32 - \text{ceil}(\log_2(15 + 1 \text{ Netzwerkadresse} + 1 \text{ Broadcastadresse})) = 32 - 5 = 27$

Aufgabe 5 Wireshark (14 Punkte)

Gegeben sei der Ethernet-Rahmen aus Abbildung 5.1, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

	(b)	(a)	(c)
0x0000	00 0d b9 3e cb 48	0c c4 7a 80 52 5b	08 00 45 10
		(f)	(e)
0x0010	00 4d e7 79 40 00 40	06 36 bf 83 9f 14 d6	83 9f
	(e)	(g)	(h)
0x0020	00 4e c4 10 00 19 79 2e	a6 0b 61 49 62 47	50 18
		(j)	(k)
0x0030	00 3f 1c a2 00 00	45 48 4c 4f 20 69 6f 77 61 2e	
0x0040	6e 65 74 2e 69 6e 2e 74	75 6d 2e 64 65 0d 0a	

Abbildung 5.1: Ethernet-Rahmen einschließlich Checksumme

Beachten Sie, dass für nachfolgende Teileingaben Begründungen erforderlich sind. Achten Sie darauf, dass Markierungen eindeutig einzelnen Teilaufgaben zugeordnet werden können. Nicht nachvollziehbare Aussagen **werden nicht bewertet**.



a)* Markieren Sie in Abbildung 5.1 die Absenderadresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)

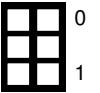
b)* Markieren Sie in Abbildung 5.1 die Empfängeradresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)



c)* Von welchem Typ ist die L3-PDU?

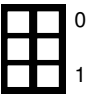
Typ: IPv4

Begründung: Ethertype 0x0800



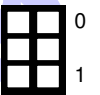
d) Geben Sie die Absenderadresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen und ggf. gekürzten Schreibweise an.

131.159.20.214



e) Geben Sie die Empfängeradresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen und ggf. gekürzten Schreibweise an.

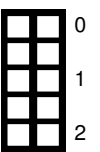
131.159.0.78



f) Von welchem Typ ist die L4-PDU?

Typ: TCP

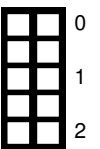
Begründung: Protocol im IP-Header ist 0x06



g) An welcher Stelle beginnt die L4-PDU?

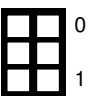
Offset: 0x0022

Begründung: IHL = 0x5 \Rightarrow 20 B IP-Header / keine Optionen



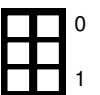
h) Um welches L7-Protokoll handelt es sich vermutlich?

TCP Destination Port = 25 \Rightarrow SMTP



i) Wozu wird dieses Protokoll verwendet?

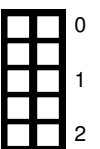
Zum Austausch von Emails zwischen MTAs.



j) An welcher Stelle beginnt die L7-PDU?

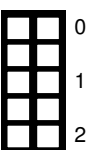
Offset: 0x0036

Begründung: Offset = 0x5 \Rightarrow 20 B TCP-Header / keine Optionen



k) Dekodieren Sie das gesendete Kommando (die ersten 4 B der L7-SDU).

ASCII-kodierter String ab Offset 0x0036: 0x45 0x48 0x4c 0x4f = EHL0



Aufgabe 6 Socketprogrammierung (11 Punkte)

Die nachfolgende Teilaufgabe ist unbewertet. Sie helfen uns damit, praktische Teile der Veranstaltung und deren Wirksamkeit auf den Lernerfolg besser einschätzen zu können.

a)* Haben Sie am Live-Programming (11./12. Juli) teilgenommen, in dem wir den udpchat bzw. tcpchat implementiert haben?

ja

nein

Aufzeichnung von
2021 angesehen

keine Angabe

Die nachfolgenden Teilaufgaben beziehen sich auf besagtes Live-Programming.

0	
1	
2	

b)* Wozu dient der Syscall `bind()`?

Es wird ein Socket mit einer Adressstruktur assoziiert, welcher Absender-Port und -IP für ausgehende Pakete festlegt. Im Fall eines passiven Sockets wird angegeben, auf welchem Port und welchen IP-Adressen Pakete für einen Verbindungsaufbau erwartet werden.

0	
1	
2	

c)* Erklären Sie, was und warum es geschieht, wenn man `listen()` zusammen mit einem UDP-Socket nutzt.

Die Nutzung von `listen()` mit verbindungslosen Protokollen wie UDP ergibt keinen Sinn, da es hier keinen Verbindungsaufbau gibt und somit auch kein passiver Socket benötigt wird. Es wird zur Laufzeit einen Fehler geben (-1) und `errno` auf `EOPNOTSUPP` gesetzt.

0	
1	
2	

d)* Wie viele Sockets benötigt ein TCP-Server zur Kommunikation mit einem einzelnen Client und wozu werden diese konkret verwendet?

Es werden 2 Sockets benötigt:
Ein Socket zum Senden und Empfangen von Daten, sowie ein weiterer (passiver) Socket, auf dem der Server eingehende Verbindungen erwartet.

0	
1	
2	

e)* Was geschieht, wenn man `connect()` mit einem UDP-Socket nutzt?

Man spezifiziert IP-Adresse und Port, an die gesendet bzw. von der empfangen wird. Man kann danach insbesondere einen UDP-Socket auch mit `send()` nutzen.

0	
1	
2	
3	

f)* Erläutern Sie die Funktionsweise des Syscalls `select()`.

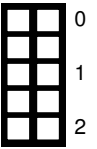
Wesentliche(r) Parameter: zu überwachende FD-Sets (maximaler FD, optionaler Timeout)

Rückgabewert(e): Anzahl der bereitgewordenen FDs oder -1 bei Fehler,
modifiziertes FD-Set mit bereiten FDs

Aufgabe 7 James Webb Space Telescope (14 Punkte)

Das *James Webb Space Telescope (JWST)* ist am 25. Dezember 2021 gestartet und erreichte am 24. Januar 2022 seinen Zielort – den 1,5 Millionen km entfernten Lagrange-Punkt L_2^1 .

a)* Bestimmen Sie die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit des JWST in m/s. (Gehen Sie davon aus, dass sowohl Starttag als auch Tag der Ankunft zur Reisezeit zählen.)



7 d Tage Reisezeit in 2021 + 24 d Reisezeit in 2022 = 31 d

$$v = \frac{s}{t} = \frac{1,5 \cdot 10^9 \text{ m}}{31 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} \approx 560,04 \text{ m/s}$$

Das JWST erzeugt täglich 235 Gbit Forschungsdaten, die auf einer 68 GB großen SSD zwischengespeichert werden.

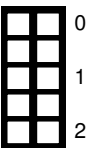
b)* Bestimmen Sie die maximale Zeit, die das JWST arbeiten kann ohne Daten zur Erde zu funken. (Gehen Sie davon aus, dass die vollständige Kapazität der SSD zur Verfügung steht.)



$$T = \frac{68 \cdot 10^9 \cdot 8 \text{ bit/d}}{235 \text{ Gbit}} \approx 2,31 \text{ d} (= 55,56 \text{ h})$$

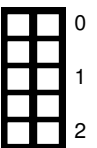
Um die Forschungsdaten zur Erde zu Funken, wird ein Kanal im 25,9 GHz-Band (sog. K_a -Band) genutzt. Die maximale Datenrate im Downlink Richtung Erde beträgt 28 Mbit/s. Allerdings sind die Bodenstationen auf der Erde nur jeweils 4 h/d erreichbar.

c)* Bestimmen Sie das täglich erzielbare Datenvolumen in GB und GiB, das zur Erde übertragen werden kann, sofern kein weiterer Overhead anfällt.






$$V = 28 \text{ Mbit/s} \cdot 4 \cdot 3600 \text{ s} = 403,20 \text{ Gbit} = 50,40 \text{ GB} \approx 46,94 \text{ GiB}$$

d)* Als Modulationsverfahren kommt 4-PSK zum Einsatz. Zeichnen Sie eine Signalraumzuordnung einschließlich Beschriftung, die eindeutig diesem Modulationsverfahren zuzuordnen ist.



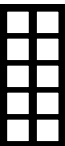
¹Lagrange-Punkte sind Orte im Sonnensystem an denen sich die Anziehungskräfte von Erde und Sonne gegenseitig aufheben, so dass Raumfahrzeuge dort eine stabile Position einnehmen können.




0  e) Bestimmen Sie anhand der bisherigen Informationen die minimal notwendige Kanalbandbreite, um die gegebene Übertragungsrate erreichen zu können.

1  2  4-PSK nutzt $M = 4$ unterscheidbare Symbole. Wir erhalten also nach Hartley:

$$r \leq 2B \log_2(M)$$

$$B \geq \frac{r}{2 \cdot \log_2(M)} = 7 \text{ MHz}$$

0  f) Auf der Bodenstation werde ein SNR von -20 dB erwartet. Bestimmen Sie die minimal notwendige Bandbreite des Kanals unter dieser Bedingung.

1  2  3  Zuerst rechnen wir das in dB angegebene SNR um:


$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \cdot \log_{10}(\text{SNR})$$


$$\text{SNR} = 10^{(\text{SNR}_{\text{dB}}/10)} = 0,01$$

Jetzt können wir nach Shannon/Hartley die Bandbreite bestimmen:

$$r \leq B \log_2(1 + \text{SNR})$$

$$B \geq \frac{r}{\log_2(1 + \text{SNR})} \approx 1,95 \text{ GHz}$$

0  g) Begründen Sie kurz, welche der beiden Kanalbandbreiten ausschlaggebend sein wird.

1  2  Zwar würde nach Shannon ein Kanal mit 7 MHz Bandbreite ausreichen, allerdings nach Hartley nicht mit dem gegebenen Modulationsverfahren. Dementsprechend ist die mittels Hartley bestimmte Bandbreite das theoretische Minimum.

Zusätzlicher Vordruck für Aufgabe 3

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31