

Datum: Montag, 29. Juli 2019
Uhrzeit: 10:30 – 11:30

- Diese Klausur umfasst **12 Seiten** mit insgesamt **6 Aufgaben** und die eingelegte **Formelsammlung**. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Prüfung beträgt 90 Punkte.
- Das Heraustrennen von Seiten aus der Prüfung ist untersagt.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
 - ein **nicht-programmierbarer Taschenrechner**
 - ein **analoges Wörterbuch** Deutsch ↔ Muttersprache **ohne Anmerkungen**
- Mit * gekennzeichnete Teilaufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorheriger Teilaufgaben lösbar.
- **Es werden nur solche Ergebnisse gewertet, bei denen der Lösungsweg erkennbar ist.** Auch Textaufgaben sind **grundsätzlich zu begründen**, sofern es in der jeweiligen Teilaufgabe nicht ausdrücklich anders vermerkt ist.
- Schreiben Sie weder mit roter/grüner Farbe noch mit Bleistift.
- Schalten Sie alle mitgeführten elektronischen Geräte vollständig aus, verstauen Sie diese in Ihrer Tasche und verschließen Sie diese.

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

– Seite 1 / 12 –

Aufgabe 1 Packet Pair Probing (11.5 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 1.1 dargestellte Netzwerk. Knoten 1 und 4 sind mit ihren Routern jeweils über ein fullduplex-fähiges Netzwerk verbunden. Die symmetrischen Datenraten auf den Links betragen r_{12} bzw. r_{34} . Die Verbindung zwischen Knoten 2 und 3 ist bedeutend langsamer, d. h. $r_{23} < r_{12}, r_{34}$. Die beiden Distanzen d_{12} und d_{23} seien im Verhältnis zu d_{23} vernachlässigbar klein.

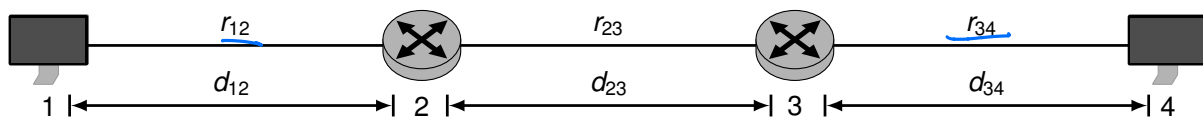


Abbildung 1.1: Vereinfachte Netztopologie

Knoten 1 soll die Datenrate r_{23} bestimmen, so dass möglichst wenig Last auf der ohnehin langsamen Verbindung entsteht. Dabei sei angenommen, dass alle Knoten über einen gewöhnlichen IP-Stack verfügen und ICMP-Pakete zwischen Knoten 1 und 4 ausgetauscht werden können.

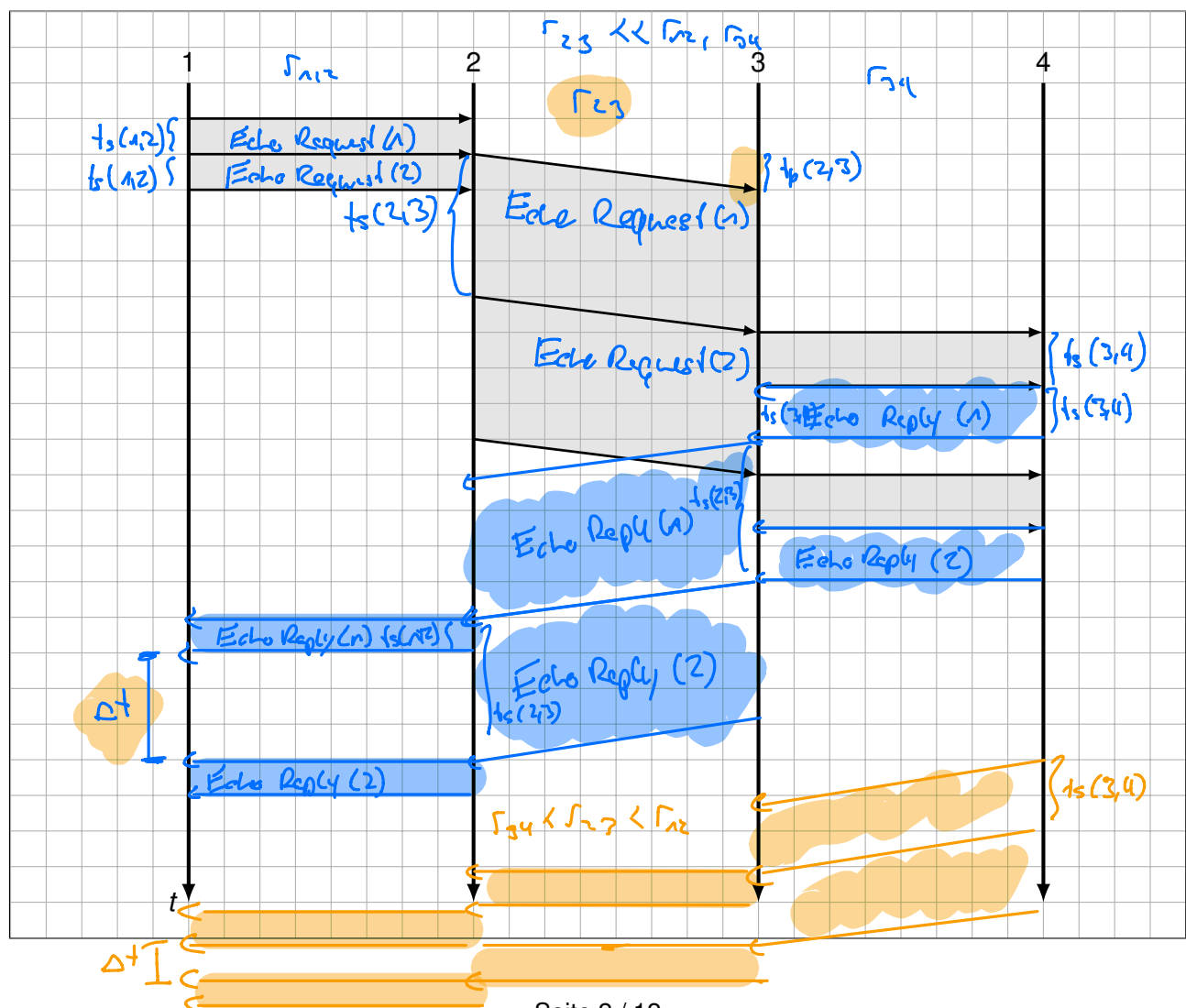
a)* Geben Sie die Serialisierungszeit **und** Ausbreitungsverzögerung zwischen zwei benachbarten Knoten i und j in Abhängigkeit der Paketgröße p , Datenrate r_{ij} und Distanz d_{ij} an.

$$t_s(i,j) = \frac{p}{r_{ij}} \quad t_p(i,j) = \frac{d_{ij}}{v}$$

Knoten 1 sende nun unmittelbar nacheinander zwei ICMP-Echo-Requests der Länge p an Knoten 4. Dabei sei p genau so groß gewählt, dass entlang des Pfads zu Knoten 4 keine Fragmentierung notwendig ist. Knoten 4 wird auf jeden Echo-Request mit einer Echo-Reply derselben Größe p antworten. Vereinfachend seien Verarbeitungszeiten an den Knoten zu vernachlässigen.

b)* Ergänzen Sie das im Lösungsfeld abgebildete Weg-Zeit-Diagramm.

Hinweis: Bei Bedarf finden Sie am Ende der Prüfung einen Ersatzvordruck.



Durch die geringe Übertragungsrate zwischen Knoten 2 und 3 entsteht an Knoten 1 eine Empfangspause Δt . Diese kann von Knoten 1 gemessen und zur Bestimmung der gesuchten Übertragungsrate zwischen Knoten 2 und 3 verwendet werden.

c) Markieren Sie Δt in Ihrer Lösung von Teilaufgabe b).

d) Von welchen Größen hängt Δt ab, falls $r_{23} < r_{34}$ gilt. (ohne Begründung)

$$r_{12}, \rho, r_{23}$$

e) Erklären Sie, was sich im Vergleich zur vorherigen Teilaufgabe ändern würde, falls $r_{23} > r_{34}$ gilt.

Falls $r_{34} < r_{23}$ wird die Übertragungsdauer durch die Serialisierungszeit $t_s(3,4)$ beschränkt. Damit sind wir nicht mehr beschränkt durch r_{23}, r_{12} falls $r_{12} > r_{23} > r_{34}$.

f) Bestimmen Sie Δt allgemein für $r_{23} < r_{12}, r_{34}$. Vereinfachen Sie das Ergebnis soweit wie möglich.

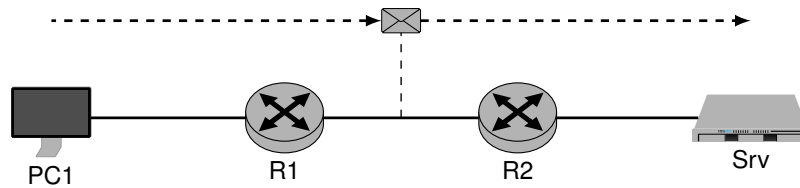
$$\Delta t = t_s(2,3) - t_s(1,2) = \frac{\rho}{r_{23}} - \frac{\rho}{r_{12}} = \rho \left(\frac{1}{r_{23}} - \frac{1}{r_{12}} \right)$$

g) Geben Sie einen Ausdruck für die gesuchte Datenrate r_{23} an. Vereinfachen Sie das Ergebnis soweit wie möglich.

$$\Delta t = \rho \left(\frac{1}{r_{23}} - \frac{1}{r_{12}} \right)$$

$$\Leftrightarrow \Delta t / \rho = \frac{1}{r_{23}} - \frac{1}{r_{12}} \Leftrightarrow r_{23} = \frac{1}{\frac{\Delta t}{\rho} + \frac{1}{r_{12}}} = \frac{\rho}{\Delta t + \frac{\rho}{r_{12}}}$$

Gegeben sei das Netzwerk aus Abbildung 2.1a. Das abgebildete Paket ist von *PC1* an *Srv* gerichtet.



0x0000	90	e2	ba	2a	8d	97	90	e2	ba	86	dd	60	08	00	45	10
0x0010	00	3c	b0	95	40	00	40	06	77	37	c0	a8	f0	06	0a	35
0x0020	57	fb	e0	da	0d	3d	81	8b	e4	cc	00	00	00	00	a0	02
0x0030	6a	40	bb	f7	00	00	02	04	05	50	04	02	08	0a	66	83
0x0040	54	59	00	00	00	00	01	03	03	07						

Der Offset ist der Index in das Byte-Array und muss 0-basiert (so wie in C oder Java) angegeben werden. Geben Sie interpretierte Daten wie Adressen oder Ports jeweils in ihrer üblichen und gekürzten Schreibweise an.

Hinweis: Verwenden Sie zur Lösung die am Cheatsheet abgedruckten Header und Informationen.

Beispiel: Bestimmen Sie die Layer 2 Adresse des Empfängers.

Offset: 0x0000 Länge: 6

Adresse: 90:e2:ba:2a:8d:97 gehört zu Knoten: <Name>

0		
1		
2		
3		

a)* Bestimmen Sie die Layer 2 Adresse des Absenders.

Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____ gehört zu Knoten: _____

0		
1		

b)* Begründen Sie, welches Layer 3 Protokoll verwendet wird.

--

0		
1		
2		

c) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Empfängers.

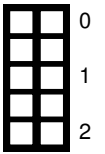
Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____

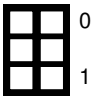
d) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Absenders.

Offset: _____ Länge: _____

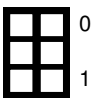
Adresse: _____



e)* Begründen Sie, woran zu erkennen ist, dass der L3-Header eine Länge von 20 B hat.

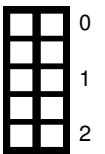


f)* Markieren Sie deutlich die Stelle in Abbildung 2.1b, aus der hervorgeht, dass die IPv4-Payload TCP ist.



Wiedereinstieg: L4-Header (TCP) beginnt bei Index 0x0022.

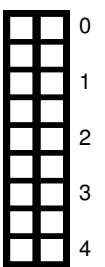
g)* Geben Sie den Destination Port an. (ohne Begründung)



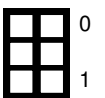
h)* Geben Sie die genaue Position (Offset und Position innerhalb des betreffenden Bytes) der TCP-Flags, die Flags selbst sowie deren jeweiligen Werte an.

Offset: _____

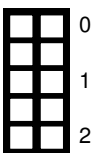
Flag								
Wert								



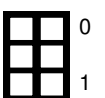
i)* Geben Sie die minimale Länge des TCP-Headers an. (ohne Begründung)



j)* Bestimmen Sie die exakte Länge des TCP-Headers aus Abbildung 2.1b. (mit Begründung)



k) Was verursacht den Längenunterschied in diesem Fall?



Aufgabe 3 IPv6 (19 Punkte)

Gegeben ist die Netzwerktopologie in Abbildung 3.1. Der Router *R* ist mit dem Netz *NET1* über *GW* an das Internet angebunden und versorgt die Netze *NET2* und *NET3*. *NET3* wird für WLAN Clients verwendet.

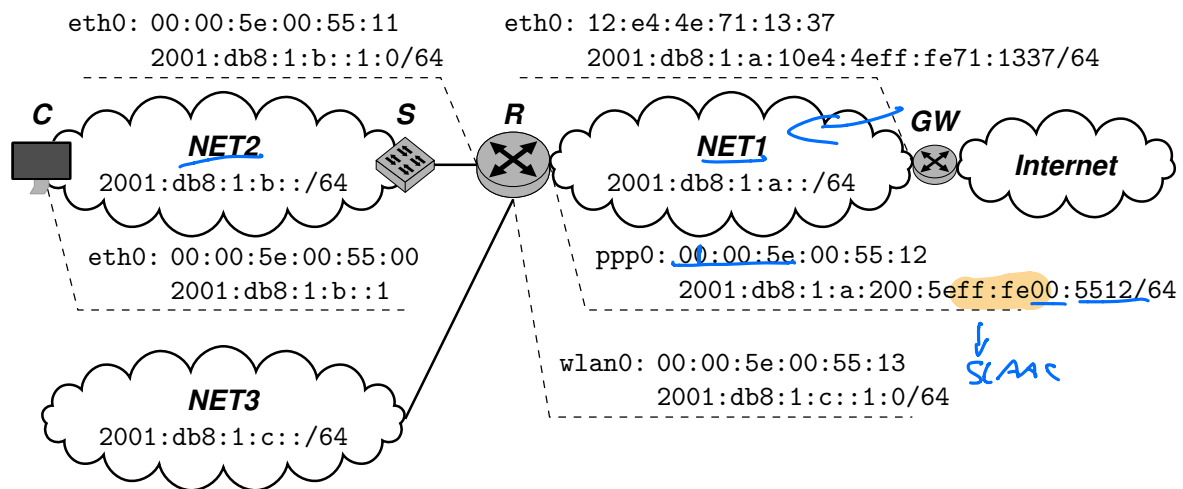


Abbildung 3.1: Topologie

a)* Wie erhält *R* am Interface *ppp0* die IP-Adresse `2001:db8:1:a:200:5eff:fe00:5512`?

Die IPv6 Adresse von *R* an *ppp0* wurde per SLAAC konfiguriert, da in ihr die MAC von *R* mit einem Trennzeichen *ff* vorhanden ist.

b)* Nennen Sie den grundlegenden Unterschied bei Fragmentierung zwischen IPv4 und IPv6.

Fragmentierung geschieht beim Sender bei IPv6

c)* Zeigen Sie, dass *NET2* und *NET3* auf *GW* nicht aggregiert werden können.

$$\begin{array}{l} \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \\ 2001:db8:1:b::/64 \quad C_{b2} = 1011 \\ 2001:db8:1:c::/64 \quad C_{c3} = 1100 \end{array}$$
 ↪ Nein da Net 2, 3 sich in mehr als einer Bit unterscheiden.

d)* Begründen Sie, weswegen *NET1* und *NET2* auf *GW* nicht aggregiert werden können.

$$\begin{array}{l} \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \\ 2001:db8:1:a::/64 \quad C_{a1} = 1010 \\ 2001:db8:1:b::/64 \quad C_{b2} = 1011 \end{array}$$
 Nein, da Net 1 direkt an GW anliegt und Netz jedoch nur über Router ist.

e)* Nennen Sie das Verfahren, mit welchem ein Router entscheidet, wohin ein Paket weitergeleitet wird.

Longest - Prefix - matching

f)		
g)		
g)		
g)		
g)		
g)		
g)		

Tabelle 3.1: Routingtabelle auf *R*

f)* Tragen Sie die üblichen Spaltennamen in der Routingtabelle 3.1 ein.

g) Vervollständigen Sie die Routingtabelle 3.1 für *R*, sodass die angeschlossenen Netze das Internet erreichen und von dort erreicht werden können. Aggregieren Sie soweit möglich.

Hinweis: Es sind zusätzliche Leerzeilen gegeben. Streichen Sie ungültige Einträge deutlich.

h) Argumentieren Sie, wohin Router *R* ein Paket mit der Zieladresse `fe80::1:2ff:fe03:405` weiterleitet.

R hat ein an *C* adressiertes Paket erhalten, und muss zunächst die MAC Adresse auflösen.

i)* Grenzen Sie L2- und L3-Adressen hinsichtlich ihrer Verwendung ab.

j)* Mit welchem Verfahren wird die MAC-Adresse bei IPv4 aufgelöst?

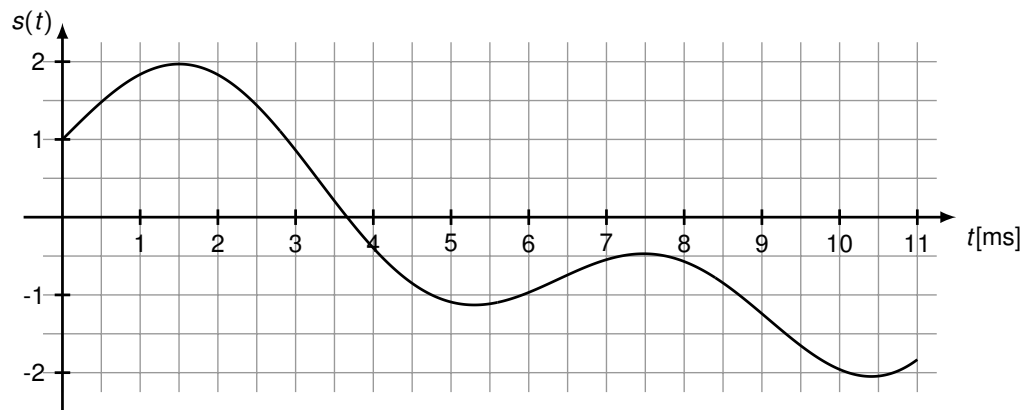
k)* Mit welchem Verfahren wird die MAC-Adresse bei IPv6 aufgelöst?

l) Geben Sie für die Adressauflösung bei IPv6 bzw. IPv4 die jeweiligen L2- und L3-Adressen im Header des gesendeten Pakets an. Sollten gewisse Adressen nicht vorhanden sein oder benötigt werden, so markieren Sie diese Einträge in der Tabelle im Lösungsfeld als „nicht zutreffend“.

Adresse	IPv6	IPv4
L2 Sender		
L2 Empfänger		
L3 Sender		
L3 Empfänger		

Aufgabe 4 Abtastung und Quantisierung (11 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 4.1a dargestellte Basisbandsignal. Im Folgenden soll dieses Signal abgetastet, quantisiert und die übertragene Bitfolge rekonstruiert werden.



4.1a: Basisbandsignal $s(t)$

Stufe	Codewort

4.1b: Zuordnung

Abbildung 4.1: Basisbandsignal und Zuordnung zwischen Quantisierungsstufen und Codewörtern

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ a)* Tasten Sie das Signal $s(t)$ mit der Abtastfrequenz $f_a = 500$ Hz ab. Tragen Sie die Abtastwerte als zeitdiskretes Signal direkt in Abbildung 4.1a ein. **Wählen Sie als ersten Abtastzeitpunkt $t = 1,0$ ms.**

Das Signal soll im Intervall $[-2; 2]$ mit vier Stufen quantisiert werden, so dass der maximale Quantisierungsfehler innerhalb des Intervalls minimiert wird.

0 ☐ 1 ☐ b)* Geben Sie die numerischen Werte der Quantisierungsstufen in Tabelle 4.1b der Größe nach aufsteigend sortiert an (kleinster Wert zuerst).

Den Quantisierungsstufen sind binäre Codewörter zugewiesen, wobei die Codewörter als Dezimalwert interpretiert den Stufen in aufsteigender Reihenfolge zugewiesen sind. Das als Dezimalwert interpretiert kleinste Codewort ist der niedrigsten Quantisierungsstufe zugewiesen.

0 ☐ 1 ☐ c)* Ergänzen Sie Tabelle 4.1b um die entsprechenden Codewörter.

1 ☐ d)* Bestimmen Sie den maximalen Quantisierungsfehler innerhalb des Intervalls $[-2, 2]$. (Rechnung oder Begründung)

0 ☐ 1 ☐

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ e) Geben Sie die quantisierten Abtastwerte in der untenstehenden Tabelle 4.1 an.

f) Geben Sie die empfangene Nachricht in Binärdarstellung pro Symbol in untenstehender Tabelle 4.1 an.

numerisch												
binär												

Tabelle 4.1: Quantisierte Abtastwerte und binäre Darstellung der Nachricht

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ g) Leiten Sie die erzielbare Datenrate ausgehend vom zutreffenden Theorem her.

Aufgabe 5 Kurzaufgaben (13.5 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.

a)* In der Vorlesung wurde der Begriff „WLAN-Router“ diskutiert. Welche Geräte der Schichten 1 – 3 sind in einem solchen Gerät üblicherweise vereint?


A diagram showing a 3x2 grid of squares. The rows are labeled 0, 1, and 2 from top to bottom. The columns are unlabeled.

b)* Wie kommt die häufig verwendete MSS von 1460 B zustande?

A diagram showing a 2x4 grid of squares. The grid is divided into two columns. The left column is labeled '0' and the right column is labeled '1'.

c)* Wozu dient *Bit Stuffing*?

d)* Sie betreiben einen Webserver hinter einem NAT. Beschreiben Sie kurz, was Sie tun müssen, damit dieser Webserver vom Internet aus erreichbar ist.



e)* Zeichnen Sie ein vereinfachtes Weg-Zeit-Diagramm (Ablaufdiagramm) für DHCP. Nehmen Sie dazu ein Netzwerk mit einem DHCP-Server und einem bislang unkonfiguriertem Client an. Achten Sie auf eine vollständige Beschriftung des Diagramms.

		0
		1
		2
		3

0			
1			
2			

f)* Erklären Sie stichpunktartig Funktion und Ergebnis des Syscalls select().

0		
1		

g)* Gegeben sei das binäre Datenwort 1100110010101010 in Big Endian. Geben Sie es in Network Byte Order an.

0			
1			
2			

h)* Erklären Sie die Begriffe *stromorientiert* und *nachrichtenorientiert* bzgl. Schicht 4.

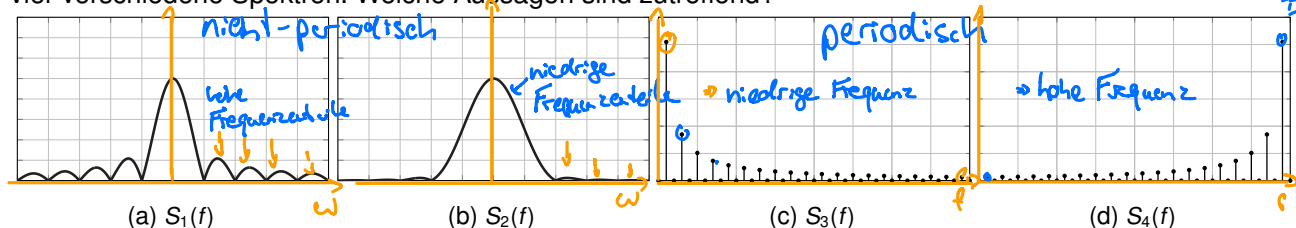
Aufgabe 6 Multiple Choice (15 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar und stammen aus den vorlesungsbegleitenden Quizzes. Das Bewertungsschema entspricht ebenfalls dem der Quizze: 1 oder 0 Punkte bei Aufgaben mit nur einer richtigen Antwort bzw. Abstufung auf 0,5 Punkte bei einer fehlenden oder falschen Antwort, sofern mehr als eine Antwort richtig ist.

a)* Wie lautet das Ergebnis des bestimmten Integrals $\int_0^{T/2} \sin(2\pi ft) dt$ (für $f, T \in \mathbb{R}$)?

- ☐ -1 ☒ $\frac{1}{2\pi f} (1 - \cos(\pi f T))$ ☐ $1 - \cos(\pi f T)$ ☐ nichts davon
☐ 1 ☐ $\frac{1}{2\pi f} (\cos(\pi f T) - 1)$ ☐ $1 + \cos(\pi f T)$ ☐ π

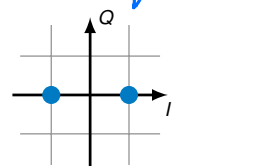
b)* Gegeben seien der Rechteckimpuls $s_1(t)$ sowie der \cos^2 -Impuls $s_2(t)$. Untenstehende Abbildung zeigt vier verschiedene Spektren. Welche Aussagen sind zutreffend?



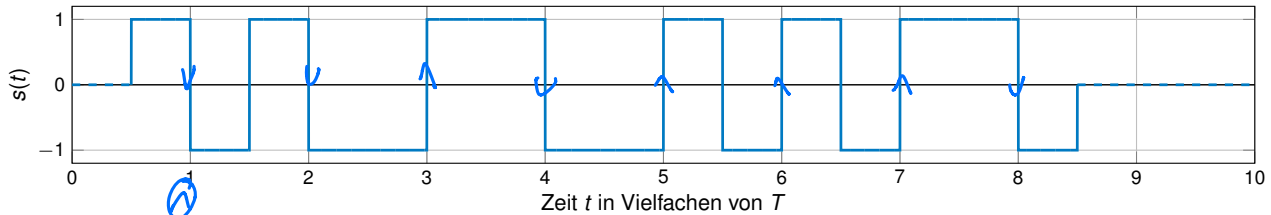
- ☒ $s_1(t) \longleftrightarrow S_1(f)$ ☐ $s_1(t) \longleftrightarrow S_4(f)$ ☐ $s_1(t) \longleftrightarrow S_2(f)$ ☐ $s_1(t) \longleftrightarrow S_3(f)$
☐ $s_2(t) \longleftrightarrow S_4(f)$ ☐ $s_2(t) \longleftrightarrow S_3(f)$ ☒ $s_2(t) \longleftrightarrow S_2(f)$ ☐ $s_2(t) \longleftrightarrow S_1(f)$

c)* Nebenstehende Signalraumzuordnung stellt welche(s) Modulationsverfahren dar?

- ☐ 1-PSK ☐ 2-ASK ☐ 2-QAM ☐ 2-PSK ☐ 1-QAM ☐ 1-ASK



d)* Gegeben sei das unten abgebildete Manchester-kodierte Sendesignal. Welche Bitsequenz/en passt/passen zu diesem Signal?



☒ 11010001

☐ 1010011001010110

☐ 0101

☐ 1010

☐ 0101100110101001

☒ 00101110

A = no 13

e)* Welche Aussagen zu MLT-3 sind zutreffend?

☐ Es gibt drei unterschiedliche Signalpegel.

☐ Es handelt sich um einen Kanalcode.

☐ Es handelt sich um einen Leitungscode.

☐ 01 erzeugt immer eine Pegeländerung.

☐ Es wird Gleichstromfreiheit garantiert.

☐ Ein Symbol kodiert 3 bit.

f)* Welche Aussagen zu CSMA sind zutreffend?

☐ CSMA gehört zu den nicht-deterministischen Zeitmultiplexverfahren.

☐ CSMA ist das zugrundeliegende Medienzugriffsverfahren für Ethernet.

☐ CSMA sichert jedem von N Teilnehmern durchschnittlich $1/2N$ der Kanalbandbreite zu.

☐ CSMA erlaubt mehreren Stationen gleichzeitig Zugriff auf das Medium.

☐ CSMA ist Frequenzmultiplexverfahren.

g)* Wobei handelt es sich um Aufgaben der Sicherungsschicht?

☐ Adressierung zwischen Direktverbindungsnetzen

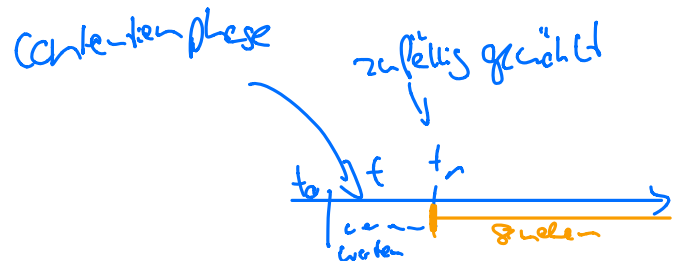
☐ Staukontrolle bei Weiterleitung von Nachrichten

☐ Schutz vor unbefugtem Mitlesen von Nachrichten

☐ Prüfung von Nachrichten auf Übertragungsfehler

☐ Adressierung in einem Direktverbindungsnetz

☐ Steuerung des Medienzugriffs



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

☐ CSMA/CD verwendet im Gegensatz zu CSMA/CA Bestätigungen.

☒ Beim Medienzugriff mittels CSMA/CA gibt es immer eine Contention Phase.

☐ Es gibt nur Unterschiede in der Kollisionsbehandlung, nicht im Medienzugriff.

☐ CSMA/CA benötigt eine minimale Rahmenlänge von 64 B.

i)* Gegeben sei ein Basisbandsignal mit 16 unterscheidbaren Symbolen sowie ein Übertragungskanal mit einer Bandbreite von 1 MHz sowie ein SNR von 7. Bestimmen Sie die erzielbare Datenrate.

☐ 5 Mbit/s

☐ 6 Mbit/s

☐ 4 Mbit/s

☐ 3 Mbit/s

☐ 8 Mbit/s

☐ 7 Mbit/s

j)* Die Signalleistung betrage 1 mW, das SNR betrage -20 dB. Bestimmen Sie die Rauschleistung.

☐ 10 μ W

☐ 100 μ W

☐ 500 mW

☐ 10 mW

☐ 50 μ W

☐ 5 mW

☐ 1 mW

☐ 50 mW

☐ 100 mW

☐ 500 μ W

k)* Bei welchen der folgenden IP-Adressen handelt es sich **nicht** um öffentliche Adressen?

☐ 10.10.10.10

☐ 192.169.1.1

☐ 192.168.255.0

☐ 8.8.8.8

☐ 172.16.20.1

☐ 127.0.0.1

l)* Bei welchen der genannten Routingprotokolle handelt es sich um *Interior Gateway Protokolle*?

☐ RIP

☐ ISIS

☐ OSPF

☐ BGP

☐ IGRP

☐ EIGRP

m)* Welche Felder finden sich im TCP-Header?

☐ Window

☐ Sequence Number

☐ Source Address

☐ Protocol

☐ Destination Port

☐ Push-Flag

☐ Fragment Offset

☐ TTL / Hop Limit

n)* Bei welchem der nachfolgend beschriebenen Netzwerke (basierend auf Ethernet) mit mindestens drei Hosts sind Kollisions- und Broadcastdomäne identisch?

☐ Hosts verbunden über einen Router.

☐ Hosts verbunden über ein Hub.

☐ Hosts verbunden über ein Switch.

☐ Hosts und ein Router verbunden über ein Hub.

o)* Wie lautet der FQDN zum PTR-Record der IP-Adresse 203.0.113.42?

☐ 42.113.0.203.in-addr.arpa.

☐ 203.0.113.42.in-addr.arpa.

☐ 24.311.0.302.in-addr.arpa.

☐ 302.0.311.21.in-addr.arpa.

Weiterer Vordruck für Aufgabe 1b)

