



Hinweise zur Personalisierung:

- Ihre Prüfung wird bei der Anwesenheitskontrolle durch Aufkleben eines Codes personalisiert.
- Dieser enthält lediglich eine fortlaufende Nummer, welche auch auf der Anwesenheitsliste neben dem Unterschriftenfeld vermerkt ist.
- Diese wird als Pseudonym verwendet, um eine eindeutige Zuordnung Ihrer Prüfung zu ermöglichen.

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Klausur: IN0010 / Retake
Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Datum: Freitag, 4. Oktober 2024
Uhrzeit: 11:00 – 12:30

Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **16 Seiten** mit insgesamt **7 Aufgaben** sowie den bekannten **Cheatsheet**. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Klausur 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**
 - das mit der Klausur ausgeteilte Cheatsheet
- 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.

Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____

Aufgabe 1 Multiple Choice (18 Punkte)

Die folgenden Teilaufgaben 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)* 1f 00 ist die hexadezimale Darstellung für die Zahl 7936 in welcher Byte-Order?

- | | | | |
|--|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Little-Endian | <input type="checkbox"/> Low-Endian | <input type="checkbox"/> Middle-Endian | <input checked="" type="checkbox"/> Big-Endian |
| <input type="checkbox"/> AS-Byte-Order | <input type="checkbox"/> Cloud-Byte-Order | <input checked="" type="checkbox"/> Network-Byte-Order | <input type="checkbox"/> Host-Byte-Order |

b)* Welche der folgenden Auswahlmöglichkeiten stehen für im Rahmen der Vorlesung kennengelernte digitale Modulationsverfahren?

- | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> ASP | <input type="checkbox"/> NRZ | <input type="checkbox"/> QAP | <input type="checkbox"/> QRM | <input type="checkbox"/> Tiefpassfilter |
| <input checked="" type="checkbox"/> Keine | <input type="checkbox"/> QMP | <input type="checkbox"/> ASF | <input type="checkbox"/> TSA | <input type="checkbox"/> Brieftaube |

c)* Welches Zeichen hat in der folgenden Zeichenkette den höchsten Informationsgehalt?

ABBACCADDAEEAGHG

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> G | <input type="checkbox"/> E | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> A |
| <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> C | <input checked="" type="checkbox"/> H | |

d)* Der Knoten zu welchem der Zeichen der obigen Zeichenkette hätte im zugehörigen Huffman-Baum die geringste Tiefe?

- | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> H | <input checked="" type="checkbox"/> A | <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> E |
| <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> G | |

e)* Welche Aussagen zu IEEE 802.11 Access Points (APs) sind richtig?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> APs werden grundsätzlich direkt adressiert und sind daher nie transparent. | <input checked="" type="checkbox"/> APs sind für Teilnehmer außerhalb des kabellosen Netzwerks transparent. |
| <input type="checkbox"/> APs sind nur innerhalb des kabellosen Netzwerks transparent. | <input type="checkbox"/> APs sind für alle Teilnehmer transparent. |

f)* Wie viele nutzbare Host-IPv4 Adressen sind im Präfix 193.77.96.0/19?

- | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 524286 | <input type="checkbox"/> < 32 | <input type="checkbox"/> 1022 | <input type="checkbox"/> 510 | <input type="checkbox"/> 524288 |
| <input type="checkbox"/> > 10 ³² | <input type="checkbox"/> 1024 | <input type="checkbox"/> 512 | <input checked="" type="checkbox"/> 8190 | <input type="checkbox"/> 8192 |

g)* Welche Eigenschaften besitzt IPv6 *im Vergleich zu IPv4*?

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Keine Fragmentierung bei Routern | <input checked="" type="checkbox"/> feste Headergröße |
| <input type="checkbox"/> automatische MAC-Vergabe über SLAAC | <input type="checkbox"/> kein L4-Protokoll nötig |
| <input type="checkbox"/> Longest-Prefix-Matching möglich | <input type="checkbox"/> kleinerer Adressraum |
| <input type="checkbox"/> 2 ⁶⁴ -fach größerer Adressraum | <input type="checkbox"/> keine Switches nötig |

h) Welche der folgenden Aussagen bezüglich der IP-Adresse ff02::1:ffae:57d0 sind korrekt?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Die IP ist eine Loopback Adresse. | <input checked="" type="checkbox"/> Die IP ist eine Multicast Adresse. |
| <input type="checkbox"/> Die IP ist eine Unicast Adresse. | <input type="checkbox"/> Die IP ist eine IPv5 Adresse. |
| <input type="checkbox"/> Die IP ist eine Broadcast Adresse. | <input type="checkbox"/> Die IP ist ein historisches Relikt aus den Anfangszeiten des Internet. |

i)* Welche Headerfelder werden durch eine klassische NAT bei **ausgehenden** Paketen **immer** verändert?

- | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Protocol | <input type="checkbox"/> Dst-Port | <input type="checkbox"/> Src-Port | <input type="checkbox"/> Dst-IP | <input checked="" type="checkbox"/> Src-IP |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|

j)* Welche Eigenschaften hat UDP?

- | | | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Das Sendefenster wird dynamisch angepasst. | <input type="checkbox"/> Es gibt Mechanismen der Flusskontrolle | <input type="checkbox"/> Es werden Bestätigungen versendet. |
| <input type="checkbox"/> Kann durch IPv6 nicht vermittelt werden. | <input type="checkbox"/> Das Empfangsfenster wird dynamisch angepasst. | <input type="checkbox"/> Stream-orientiert |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pakete können in anderer Reihenfolge ankommen und verarbeitet werden. | <input checked="" type="checkbox"/> Nachrichten-orientiert | <input type="checkbox"/> Es gibt Mechanismen der Staukontrolle. |

k)* Der in der Vorlesung vorgestellte (vereinfachte) TCP-Reno Staukontrollalgorithmus befinde sich in der Congestion Avoidance Phase. **Es wurden alle Segmente des Sendefensters bestätigt.** Was passiert?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster bleibt unverändert. | <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird auf den Grenzwert für die Stauvermeidung gesetzt. |
| <input type="checkbox"/> Der Grenzwert für die Stauvermeidung wird auf die halbe aktuelle Fenstergröße gesetzt. | <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird auf eine MSS gesetzt. |
| <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird halbiert. | <input type="checkbox"/> Der Algorithmus geht in den Slow-Start. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird um eine MSS vergrößert. | <input checked="" type="checkbox"/> Der Algorithmus bleibt in der CA-Phase. |

l)* Der in der Vorlesung vorgestellte (vereinfachte) TCP-Reno Staukontrollalgorithmus befinde sich in der Congestion Avoidance Phase. **Es tritt ein Timeout auf.** Was passiert?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird auf den Grenzwert für die Stauvermeidung gesetzt. | <input type="checkbox"/> Der Algorithmus bleibt in der CA-Phase. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Der Algorithmus geht in den Slow-Start. | <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird halbiert. |
| <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster bleibt unverändert. | <input checked="" type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird auf eine MSS gesetzt. |
| <input type="checkbox"/> Das Staukontrollfenster wird um eine MSS vergrößert. | <input checked="" type="checkbox"/> Der Grenzwert für die Stauvermeidung wird auf die halbe aktuelle Fenstergröße gesetzt. |

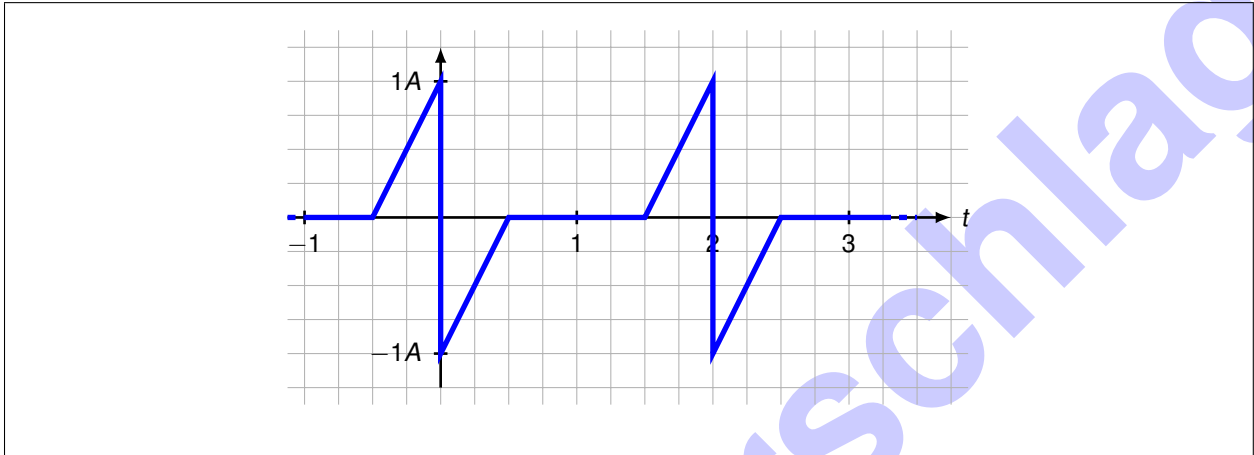
Aufgabe 2 EKG-Frequenzanalyse (14 Punkte)

Wir wollen das Spektrum eines Signals bestimmen. Das Signal $s(t)$ besteht aus periodischen Wiederholungen des Grundimpulses $g(t)$ mit Periodendauer $T = 2$.

$$g(t) = \begin{cases} 2At + A & -\frac{1}{2} \leq t \leq 0 \\ 2At - A & 0 < t \leq \frac{1}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

0	
1	
2	

a)* Zeichnen Sie das periodische Signal $s(t)$ in folgendes Koordinatensystem ein.



0	
1	
2	

b)* Kreuzen Sie an mit welchen Verfahren das Spektrum von $s(t)$ bestimmt werden kann. Begründen Sie anschließend Ihre Entscheidung.

☒ Fourierreihe

☒ Fouriertransformation

Die Fouriertransformation kann für alle Signale verwendet werden. Die Fourierreihe kann ausschließlich für periodische Signale verwendet werden, was hier möglich ist, da $s(t)$ der periodisch wiederholte Grundimpuls ist.

0	
1	
2	

c)* Ermitteln Sie den Gleichanteil von $s(t)$ durch Rechnung oder Begründung.

Der Gleichanteil $\frac{a_0}{2}$ ist 0.

Dies ist offensichtlich, da die Flächen über der t -Achse und unterhalb der t -Achse gleich groß sind. Somit ist der Wert 0 die beste konstante Approximation des Signals $s(t)$.

0	
1	
2	

d)* Kreuzen Sie korrekte Aussagen an und begründen Sie Ihre Wahl in der folgenden Box kurz.
Hinweis: Ohne Begründungen gibt es für die Kreuze keine Punkte!

☒ $\forall_{k \in \mathbb{N}^+} a_k = 0$

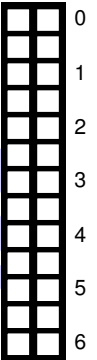
☐ $\exists_{k \in \mathbb{N}^+} a_k \neq 0$

Da $s(t)$ punktsymmetrisch zum Ursprung ist, reichen die Sinusanteile zum Darstellen des Signals. Somit sind die Kosinusanteile a_k alle gleich 0.

$$b_k = 2A \cdot \left(\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} t \sin(k\pi t) dt - \int_0^{\frac{1}{2}} \sin(k\pi t) dt \right) \quad (2.1)$$

Bei der Berechnung der Sinusanteile b_k ist das Zwischenergebnis aus Formel 2.1 erreichbar.

e)* Geben Sie den Rechenweg zum Zwischenergebnis 2.1 an und erklären Sie nicht offensichtliche Rechenschritte kurz.



$$\begin{aligned} b_k &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t) \sin(k\omega t) dt \stackrel{\text{Def. } T, \omega}{=} \int_{-1}^1 s(t) \sin(k\pi t) dt \\ &= \int_{-\frac{1}{2}}^0 (2At + A) \cdot \sin(k\pi t) dt + \int_0^{\frac{1}{2}} (2At - A) \cdot \sin(k\pi t) dt \\ &= A \cdot \left(\underbrace{2 \int_{-\frac{1}{2}}^0 t \sin(k\pi t) dt}_{(a)} + \underbrace{\int_{-\frac{1}{2}}^0 \sin(k\pi t) dt}_{(b)} + \underbrace{2 \int_0^{\frac{1}{2}} t \sin(k\pi t) dt}_{(c)} - \underbrace{\int_0^{\frac{1}{2}} \sin(k\pi t) dt}_{(d)} \right) \\ &= 2A \cdot \left(\underbrace{\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} t \sin(k\pi t) dt}_{\circledast} - \int_0^{\frac{1}{2}} \sin(k\pi t) dt \right) \end{aligned}$$

1. Da $s(t)$ stückweise definiert ist, können wir die Definition von $s(t)$ einsetzen und das Integral in die unterschiedlichen Definitionsbereiche aufteilen. Der „sonst“-Teil hat den die Fläche 0 und wurde deshalb weggelassen.

2. Um die Berechnung zu vereinfachen, wurde der Faktor A aus den Integralen gezogen. Die linearen Faktoren von den Sinusen wurden aus multipliziert und in jeweils zwei Integrale aufgeteilt.

3. Da die Wertebereiche der Integrale (a) und (c) direkt aufeinander folgen, können diese in das Integral \circledast zusammengefasst werden.

Aufgrund der Symmetrie des Sinus, entsprechen die Integrale (b) und (d) dem doppelten Integral (d).

Aufgabe 3 Adressierung (5 Punkte)

Gegeben sei die folgende Topologie. Der PC habe eine Anfrage an den Server geschickt und wir betrachten nun die Antwort vom Server zum PC an den drei Punkten P1, P2 und P3. Router R2 betreibt NAT und ändert entsprechend Adressen und Ports beim Weiterleiten in das private Netzwerk zum PC.

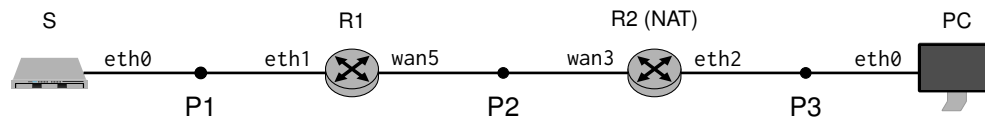


Abbildung 3.1: Netzwerktopologie

0	
1	
2	
3	

a)* Füllen Sie in der folgenden Tabelle die Ethernet und IP-Adressen des Rahmens bzw. Pakets aus, wie Sie am jeweiligen Punkt beobachtet werden. Nutzen Sie für MAC- und IP-Adressen die Notation *Gerät.Interface.Adresse*, also z.B. *PC3.eth0.MAC*.

	SRC-MAC	DST-MAC	SRC-IP	DST-IP
P1	S.eth0.MAC	R1.eth1.MAC	S.eth0.IP	R2.wan3.IP
P2	R1.wan5.MAC	R2.wan3.MAC	S.eth0.IP	R2.wan3.IP
P3	R2.eth2.MAC	PC.eth0.MAC	S.eth0.IP	PC.eth0.IP

0	
1	

b)* Angenommen, S wählt als TTL den Wert 4. Begründen Sie kurz, ob das Paket beim PC ankommt.

Ja, da nur zwei Router auf dem Weg von S zu PC sind und der PC das Paket mit TTL 2 erfolgreich empfängt.

0	
1	

c)* Es werden die Netze 10.222.15.128/26 und 10.222.15.192/26 zusammengefasst. Nennen Sie die resultierende Netzadresse in CIDR-Notation.

10.222.15.128/25

Aufgabe 4 Legend of the Galactic High-Speed Satellite Communication (12 Punkte)

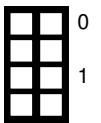
Sie arbeiten bei der intergalaktischen Telekom und sollen die Dimensionierung einer neuen Satellitenübertragungsstrecke zwischen den Planeten Odin und Fezzan planen. Ihr Konkurrent FezzSat hat diese Verbindung bereits mit Satelliten gleichen Typs realisiert. Folgende Informationen sind bekannt:

- Die Satelliten unterstützen eine maximale Rahmengröße inklusive Header von 2304 B.
- Die Distanz zwischen Odin und Fezzan beträgt 7000 Lj (1 Jahr sind 365 Tage).^[a]

Bestimmung der Fehlerrate

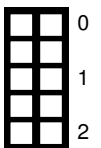
Ihr Chef möchte Geld sparen und plant, zwischen Sende- und Empfangsstation $N = 99$ Satelliten äquidistant zu verwenden. Somit kommt es zu insgesamt 100 Übertragungen. Sei $p_e(d)$ die Bitfehlerwahrscheinlichkeit für die Übertragung von einem Satelliten zum anderen, welche in Abhängigkeit von der Satellitendistanz d definiert ist.

a)* Sei X die Zufallsvariable, welche die Anzahl an Bitfehlern bei der Übertragung eines maximal-großen Pakets zwischen zwei Satelliten angibt. Geben Sie die Verteilung der Zufallsvariable X inklusive Verteilungsparametern in Abhängigkeit von $p_e(d)$ an.



$X \sim \text{Bin} \left(2304 \cdot 8, p_e \left(\frac{7000 \text{ Lj}}{N+1} \right) \right)$

b) Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein maximal-großes Paket vollkommen korrekt beim nächsten Satelliten ankommt? Nutzen Sie folgende Definition von $p_e(d)$ und geben Sie das Ergebnis in Prozent an.



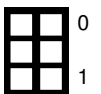
$$p_e(d) = 10^{-\left(\frac{320}{d/1 \text{ Lj}}\right)}$$

Wir suchen somit $P[X = 0]$:

$$P[X = 0] = \binom{2304 \cdot 8}{0} \left(p_e \left(\frac{7000 \text{ Lj}}{N+1} \right) \right)^0 \left(1 - p_e \left(\frac{7000 \text{ Lj}}{N+1} \right) \right)^{2304 \cdot 8}$$

$$= 1 \cdot 1 \cdot \left(1 - 10^{-\frac{320}{70}} \right)^{2304 \cdot 8} \approx 60,99 \%$$

c) Ist also mit der Fehlerwahrscheinlichkeit aus Teilaufgabe b) ein Betrieb mit 99 Satelliten sinnvoll? Begründen Sie kurz.



Nein, da die Wahrscheinlichkeit, dass das Paket alle Satelliten ohne Übertragungsfehler passiert hier mit $(P[X = 0])^{99} < 0,005$ zu klein wäre.

^[a] 1 Lj ist die Strecke, die Licht im Vakuum in genau einem Jahr zurücklegt.

Aufbau der Übertragungsdauer bei Paketvermittlung

Um besser zu verstehen, wie die Gesamtübertragungsdauer einer Datenmenge L bei Paketvermittlung zustande kommt, sollen Sie dies an einem konkreten Beispiel mit 5 Paketen und 4 Satelliten grafisch nachvollziehen.

Die folgenden Zeiten sind für die Gesamtübertragungsdauer relevant.

1. Serialisierungszeit t_s
2. Ausbreitungsverzögerung t_p
3. Verzögerung t_z bei der Datenübertragung bei **jedem** Satelliten

d) Markieren Sie die obigen Zeitdauern an passender Stelle in der schematischen Darstellung der Paketübermittlung in Abbildung 4.1.

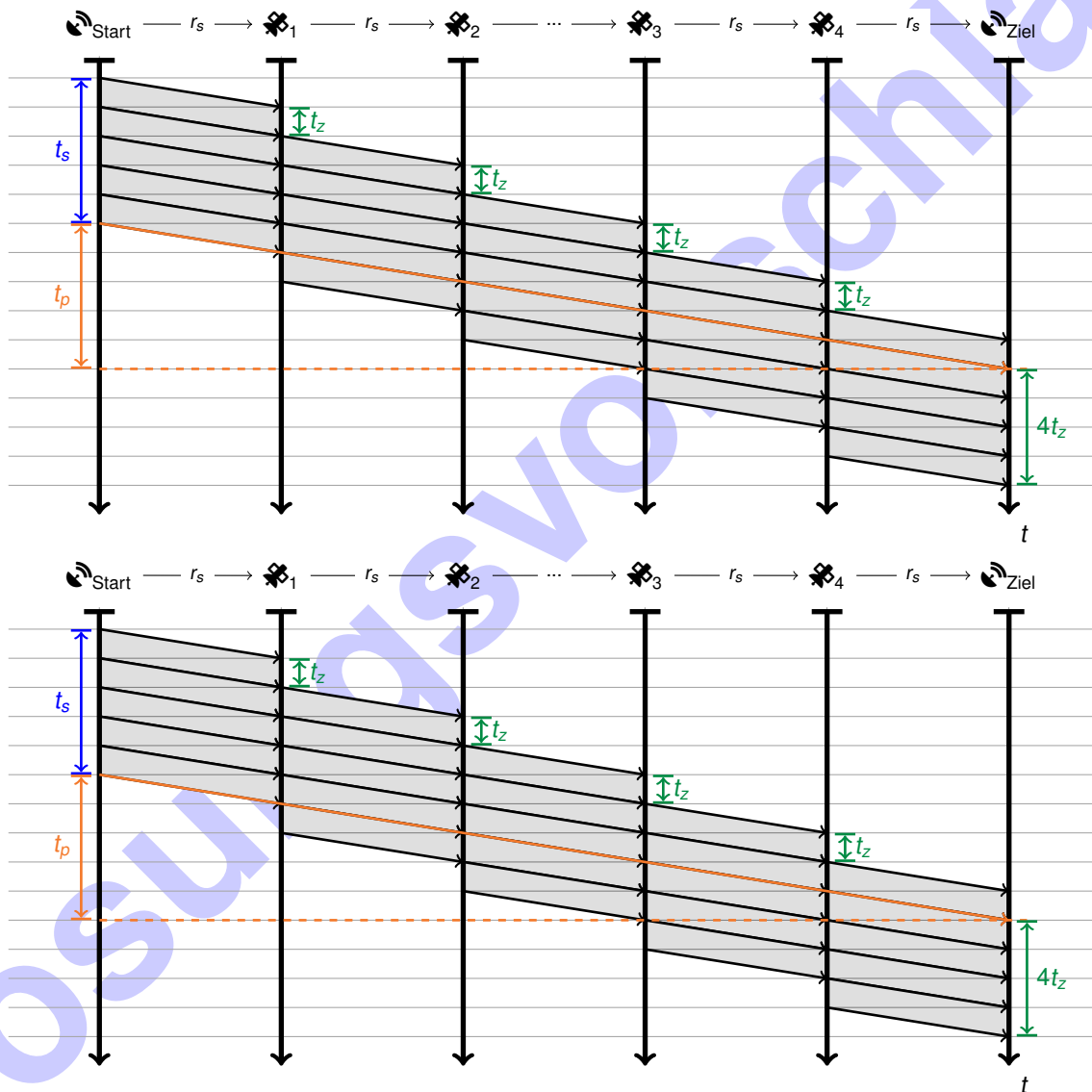
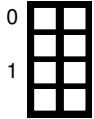


Abbildung 4.1: Schematische Darstellung der Übertragung von 5 Paketen über 4 Satelliten. Wenn Sie beide Vorlagen verwenden, streichen Sie die nicht zu korrigierende durch!

Schätzung der Anzahl der Satelliten

Ihr Chef möchte wissen, wie viele Satelliten FezzSat ungefähr verwendet. Um dies zu bestimmen, hat Ihr Bekannter eine Testdatei der Größe $L = 6 \text{ MiB}$ über das Satellitennetzwerk von FezzSat versendet, welches für diesen Test exklusiv gebucht wurde.

Aus diesem Test und weiteren Nachforschungen konnten Sie folgende Informationen herausfinden:

- Die Distanz zwischen Odin und Fezzan beträgt 7000 Lj (1 Jahr sind 365 Tage).
- Die Gesamtübertragung benötigt laut Ihren Messungen $T = 26\,755,66 \text{ s}$.
- Die Daten wurden in insgesamt $N_p = 3101$ Pakete aufgeteilt.
- Die Verzögerung der Datenübertragung jedes Satelliten beträgt $t_z = \frac{384}{875} \text{ s}$.
- Die relative Ausbreitungsverzögerung der Verbindungen beträgt $\nu = 8,76 \cdot 10^6 \cdot [^b]$
- Die Headergröße der Pakete beträgt jeweils $L_H = 275 \text{ B}$.
- Jede Übertragungsstrecke sendet mit einer Übertragungsrate von $r_s = 42 \text{ kbit/s}$.

e)* Berechnen Sie die Ausbreitungsverzögerung auf dem gesamten Kommunikationsweg.

$$t_p = \frac{d}{\nu \cdot c_0} = \frac{7000 \text{ Lj}}{8,76 \cdot 10^6 \cdot c_0} = \frac{7000 \text{ a} \cdot 365 \cdot 24 \text{ h/a} \cdot c_0}{8,76 \cdot 10^6 \cdot c_0} = 7 \text{ h}$$

0
1
2
3

f) Wie lange dauert die Serialisierung aller Pakete beim Sender?

$$t_s = \frac{N_p \cdot L_H + L}{r} = \frac{3101 \cdot 275 \text{ B} + 6 \text{ MiB}}{42 \text{ kBit/s}} = 1360,806 \text{ s}$$

0
1
2
3

g) Wie viele Satelliten verwendet FezzSat ungefähr? Runden Sie auf die nächste ganze Zahl.

$$T = t_s + t_p + n \cdot t_z$$

$$n = \frac{T - t_s - t_p}{t_z} = \frac{26\,755,66 \text{ s} - 1360,806 \text{ s} - 7 \text{ h}}{\frac{384}{875} \text{ s}} \approx 444,003 \approx 444$$

0
1
2
3

[b] Somit handelt es sich hierbei um eine Überlichtgeschwindigkeitsübertragung.

Aufgabe 5 Drahtposthai (15 Punkte)

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

	(b)						(a)						(c)			
0x0000	b4	96	f4	ae	80 (g)	6c	30	61	08	06	08 (d)	00	86	dd	60	07
0x0010	45	3d	00 (d)	30	06	40	20	01	4c	a0	20 (e)	01	00	00	07	32
0x0020	00	00	00 (e)	00	dc	91	20	01	4c	a0 (i)	20	01	00	00	02	16
0x0030	3e	ff	fe (j)	52	ed	14	e2	74	00	19	e9	07	92	c5	5b	0b
0x0040	53	5a	80 (k)	18	01	fb	ee	b8	00	00	01 (k)	01	08	0a	b8	ba
0x0050	4a	00	2b (k)	cf	d4	80	45	48	4c	4f	20	67	72	6e	76	73
0x0060	2e	6e	65	74	0d	0a										

Abbildung 5.1: Ethernet-Rahmen (ohne FCS)

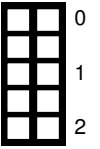
Beachten Sie, dass für nachfolgende Teilaufgaben Begründungen erforderlich sind. Achten Sie darauf, dass Markierungen eindeutig einzelnen Teilaufgaben zugeordnet werden können. Nicht nachvollziehbare Aussagen **werden nicht bewertet**.

- 0 ☐ a)* Markieren Sie in Abbildung 5.1 die Absenderadresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)
- 0 ☐ b)* Markieren Sie in Abbildung 5.1 die Empfängeradresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)
- 0 ☐ c)* Von welchem Typ ist die L3-PDU?
- 1 ☐ Typ: IPv6 Begründung: Ethertype 0x86dd
- 0 ☐ d) Geben Sie die Absenderadresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen, ggf. gekürzten Schreibweise an.
- 1 ☐ 2001:4ca0:2001:0:732::dc91
- 0 ☐ e) Geben Sie die Empfängeradresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen, ggf. gekürzten Schreibweise an.
- 1 ☐ 2001:4ca0:2001:0:216:3eff:fe52:ed14
- 0 ☐ f) Begründen Sie, durch welchen Mechanismus die Empfängeradresse auf Schicht 3 vermutlich zugewiesen wurde.
- 1 ☐ SLAAC, da die Absenderadresse den modifizierten EUI-64 Identifier enthält, der aus der Absender MAC-Adresse generiert wurde
- 0 ☐ g) Von welchem Typ ist die L4-PDU?
- 1 ☐ Typ: TCP Begründung: Next Header Feld im IP-Header ist 0x06

h) An welcher Stelle im Frame beginnt die L4-PDU?

Offset: 0x0036

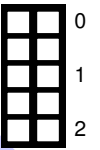
Begründung: Next Header = TCP
⇒ 40 B IP Header / keine Extension Header



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

Protokoll: SMTP

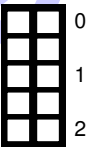
Begründung: TCP Destination Port 0x0019 = (25)₁₀



j) An welcher Stelle im Frame beginnt die L7-PDU?

Offset: 0x0056

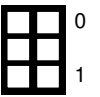
Begründung: Offset = 0x8 (4 bit Feld) ⇒ 32 B TCP-Header (mit Optionen)



k) Dekodieren Sie die ersten 4 Bytes der L7-Payload.

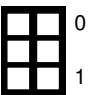
Hinweis: Es handelt sich um ein text-basiertes Protokoll (ASCII).

45, 48, 4c, 4f(, 20, 67, 72, 6e, 76, 73, 2e, 6e, 65, 74, 0d, 0a)
Entspricht in ASCII: EHLO, weitere Bytes: grnvs.net\r\n



l) Wofür wird das L7-Protokoll verwendet?

Zum Übertagen von E-Mails an einen MTA.



Aufgabe 6 DNS (14.5 Punkte)

Sie haben von Kommilitonen gehört, dass auf `grnvs.tum.de` Klausurlösungen zu finden sind. In der Hoffnung, die Lösung der diesjährigen Retake zu finden, rufen Sie die Website in Ihrem Browser auf. Sie befinden sich in einem kleinen Heimnetz und der Router **R1** ist am Internet angeschlossen. Per DHCP konfiguriert **R1** sich selbst als Standard Resolver auf Ihrem Laptop **C1**. Auf **R1** ist **R2** als Resolver eingetragen.

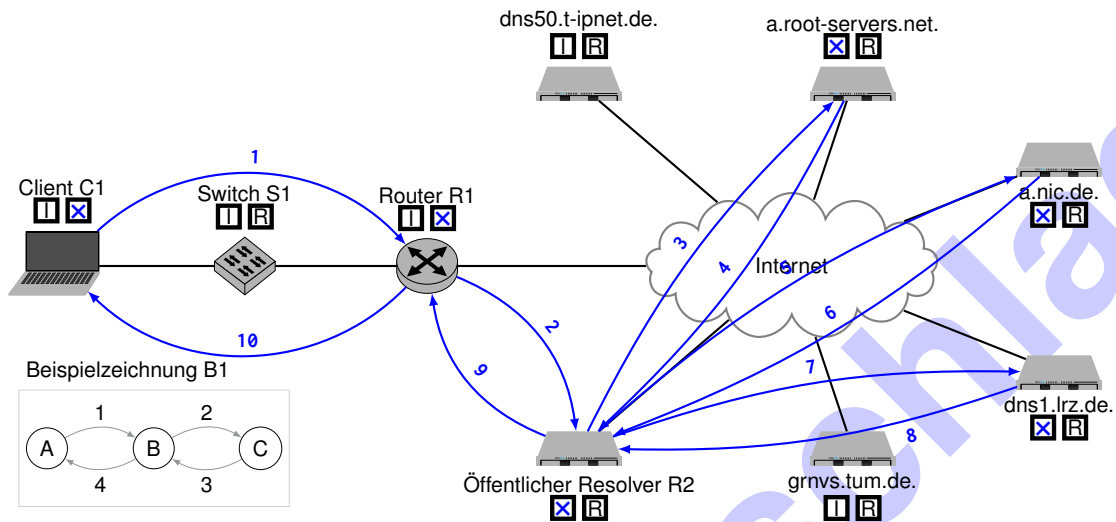


Abbildung 6.1: Vereinfachte Internettopologie

a)* Zeichnen Sie in Abbildung 6.1 alle DNS-Anfragen und Antworten ein, die zu der Namensauflösung von `grnvs.tum.de` notwendig sind. Zeichnen sie Pfeile und **nummerieren Sie sie in der Aufttrtsreihenfolge** wie in dem Beispielzeichnung **B1**. Gehen Sie davon aus, dass **alle Caches leer** sind. Sie wissen:

1. `a.nic.de` is der autoritative Nameserver der Zone `de`.
2. `dns1.lrz.de` is der autoritative Nameserver der Zone `tum.de`.

Einen zusätzlichen Vordruck finden Sie am Ende der Klausur in Abbildung 7.2.

b) Markieren Sie für die verwendeten Netzwerkkomponenten, ob diese DNS Anfragen iterativ (☐) oder rekursiv (☒) auflösen, indem sie das jeweilige Feld ankreuzen. Begründen Sie Ihre Wahl.

Clients und Router lösen DNS Anfragen rekursiv auf, da diese in der Regel nicht über ausreichend Ressourcen (Anbindung, Rechenkraft und Speicher) verfügen, um Anfragen performant durchzuführen und zu cachen. Resolver und autoritative DNS Server beantworten Anfragen defintionsgemäß iterativ.

c)* Wie kann der Resolver die Anfrage an `dns1.lrz.de` stellen, ohne zuvor dessen Domain explizit aufzulösen?

Durch sogenannte Glue Records kann ein Nameserver zusätzlich zum NS Record die IP Adressen eines anderen Nameservers mitschicken.

Sie sind Werkstudent und haben die Aufgabe bekommen, eine Zonefile für grnvs.net zu erstellen. Füllen Sie die folgende Zonefile so aus, dass die Anforderungen der einzelnen Teilaufgaben erfüllt werden. Der Anfang der Zonefile ist bereits vorgegeben (der SOA Record ist zur Einfachheit abgekürzt).

Tragen Sie für die folgenden Teilaufgaben den Buchstaben der zugehörigen Teilaufgabe in die gepunktete Box am Ende jeder Zeile ein.

\$TTL 86400 ; 1 day

grnvs.net. IN SOA ns.grnvs.net. info.grnvs.net. [...] ns.grnvs.net.

grnvs.net.	NS	dns2.lrz.de.	d)
ns.grnvs.net.	A	95.217.202.138.	e)
grnvs.net.	A	188.95.232.10	f)
grnvs.net.	AAAA	2a00:4700:0:9:f::	f)
grnvs.net.	MX	10 postrelay1.lrz.de.	g)
shop.grnvs.net.	CNAME	grnvs.myshopify.com.	h)

d)* ns.grnvs.net ist bereits als primärer Nameserver der Zone eingetragen. Zur Ausfallsicherheit soll der Server dns2.lrz.de als sekundärer Nameserver agieren. Tragen Sie diesen ein.

0
1

e)* Der primäre Nameserver soll unter der IP Adresse 95.217.202.138 erreichbar sein.

0
1

f)* Wenn jemand grnvs.net in seinem Browser aufruft, soll die GRNVS Website angezeigt werden. Der entsprechende Webserver hat die IP-Adressen 188.95.232.10 und 2a00:4700:0:9:f::.

0
1
2

g) Damit Studierende eine E-Mail an info@grnvs.net schicken können, muss ein Mailserver eingetragen werden. Um diesen nicht selber betreiben zu müssen, soll mit Priorität 10 nur der LRZ E-Mail Service postrelay1.lrz.de verwendet werden.

0
1

h) Im kommenden Semester sollen GRNVS Fanartikel und Bonuspunkte verkauft werden. Damit kein eigener Online Shop betrieben werden muss, soll shop.grnvs.net als ein Alias für grnvs.myshopify.com dienen.

0
1

Aufgabe 7 Kurzaufgaben (11.5 Punkte)

Die folgenden Kurzaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

a)* Gegeben sei folgende IPv6-Adresse: fe80::2788:1fff:feae:3c4a. Wie lautet die der IP Adresse zugehörige *Solicited Node Address* sowie die *Multicast-MAC Adresse*?

Solicited Node Address

ff02::1:ffae:3c4a

Multicast-MAC Adresse

33:33:ff:ae:3c:4a

b)* Nennen Sie vier in der Vorlesung vorgestellte Multiplex-Verfahren bezüglich des Medienzugriffs.

① Zeitmultiplex (TDM)

② Frequenzmultiplex (FDM)

③ Raummultiplex (SDM)

④ Codemultiplex (CDM)

c)* Markieren Sie in Abbildung 7.1a die **Kollisionsdomänen**.

d)* Markieren Sie in Abbildung 7.1b die **Broadcastdomänen**.

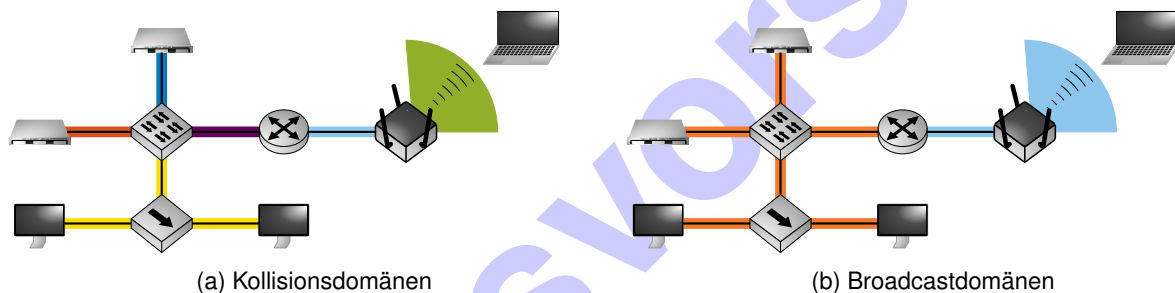
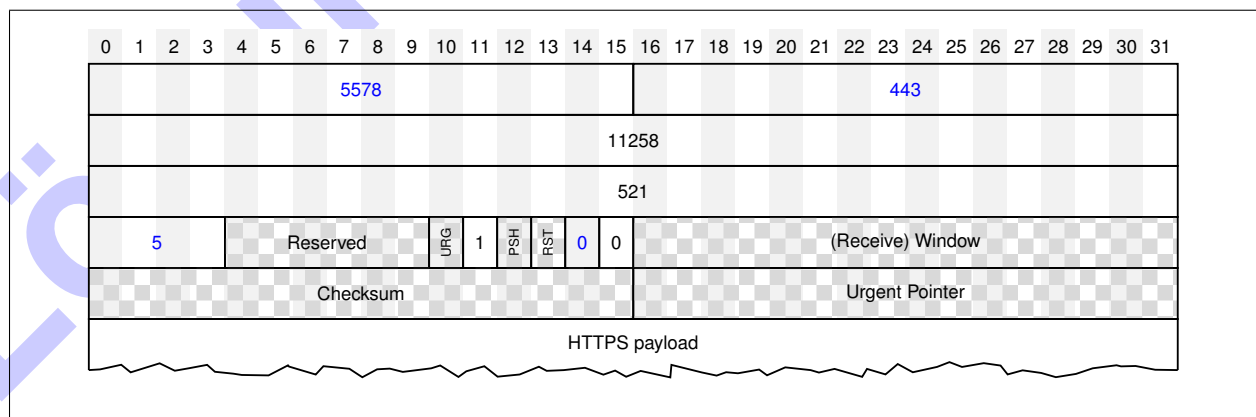


Abbildung 7.1: Netzwerktopologie

e) Wir betrachten den TCP-Header einer HTTPS-Verbindung, wobei es sich hier um das erste Paket vom Client zum Server nach dem TCP-Handshake handelt. Etwas scheint an dem Header aber nicht zu stimmen. Markieren Sie alle Fehler im Header und korrigieren Sie diese. Verwenden Sie sinnvolle Werte, wo notwendig.



f) Geben Sie für eine TCP Verbindung die richtige Reihenfolge aller notwendigen Socket-Methodenaufrufe an. Es soll genau eine Nachricht von einem Client zu einem Server gesendet werden.

Server

socket(), bind(), listen(), accept(), read(), close()

Client

socket(), connect(), write(), close()

Zusätzlicher Platz für Lösungen. Markieren Sie deutlich die Zuordnung zur jeweiligen Teilaufgabe. Vergessen Sie nicht, ungültige Lösungen zu streichen.

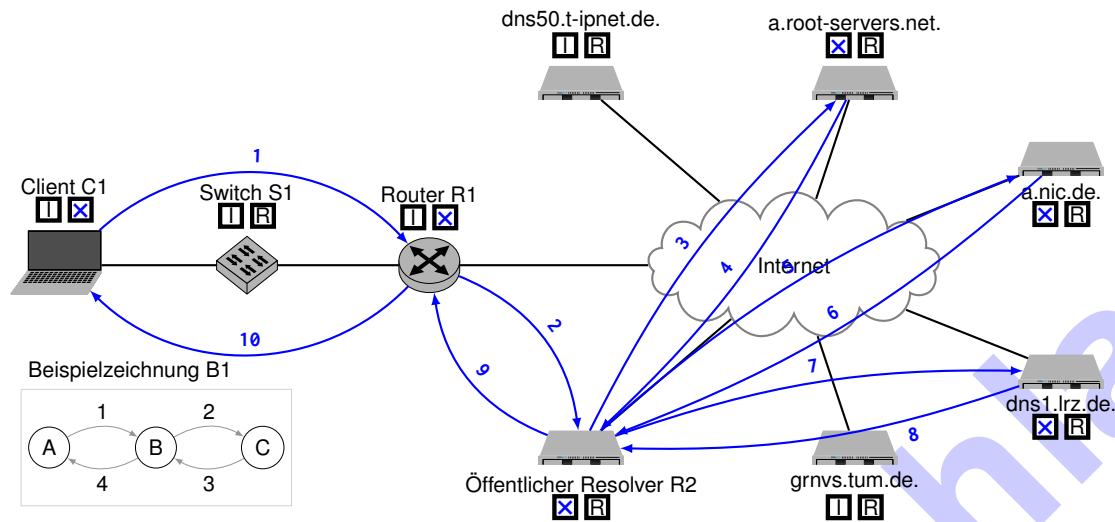
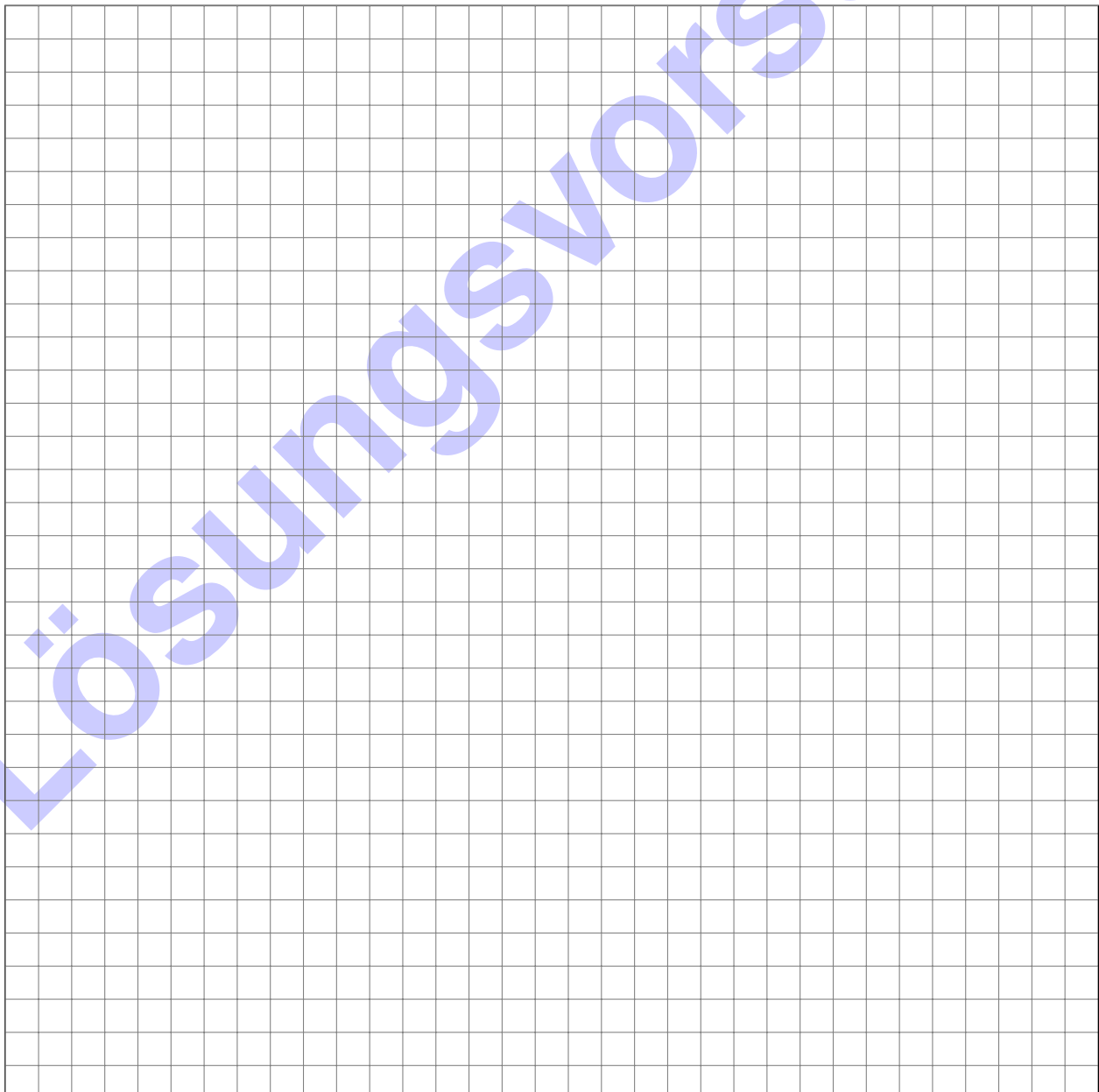


Abbildung 7.2: Zusätzlicher Vordruck für Aufgabe 6a)



Lösungsvorschlag