



**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, 7. Oktober 2022

**Uhrzeit:** 10:45 – 12:15

Bevor wir mit dem Verlesen der Bearbeitungshinweise fortfahren, bitten wir Sie die nachfolgenden Fragen zu beantworten. Mit diesen Angaben helfen uns, den Lernerfolg in Abhängigkeit einzelner Vorlesungsbestandteile zu untersuchen. Die Angaben sind **freiwillig** und fließen **nicht in die Bewertung** ein. Um eine Beeinflussung auszuschließen, wird diese Seite während der Korrektur nicht zugänglich gemacht.

a) Haben Sie die **Vorlesung** besucht?

1 (immer)     2     3     4     5 (nie)

b) Haben Sie sich die **Aufzeichnung des Vorjahres** angesehen?

1 (immer)     2     3     4     5 (nie)

c) Haben Sie die **Tutorübungen** besucht?

1 (immer)     2     3     4     5 (nie)

d) Haben Sie am **Repetitorium** teilgenommen?

1 (immer)     2     3     4     5 (nie)

e) Haben Sie sich die **Aufzeichnung des Repetitoriums** angesehen?

1 (immer)     2     3     4     5 (nie)

### Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **16 Seiten** mit insgesamt **7 Aufgaben** und einer Formelsammlung (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**
- 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 Aufgaben sind Multiple Choice / Multiple Answer, d. h. es ist jeweils mind. eine Antwortoption korrekt. Teilaufgaben 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)\* Gehen Sie von den Autonomen Systemen (ASen) aus Abbildung 1.1 aus. Die Routen zu welchen ASen wird Vodafone an Orange über die Peering Verbindung mitteilen?

- AT&T       Vodafone       Orange       Vodafones Kunden

b)\* Gibt Vodafone die Route zu den Kunden von Orange an AT&T weiter? Geben Sie nur die wahrscheinlichste Antwort an.

- Ja, so wurde es im BGP definiert.
- Nein, um Last auf dem eigenen Netz zu vermeiden.
- Ja, um mehr Geld von seinen Kunden einzunehmen.
- Nein, Vodafone kennt die Kunden gar nicht.
- Ja, um die Last im Internet besser zu verteilen.

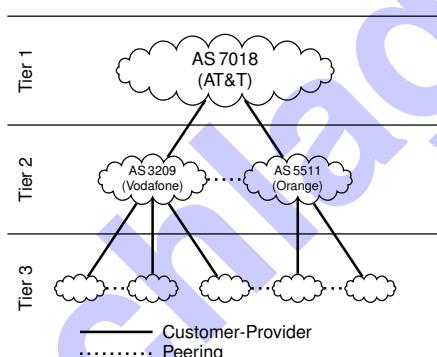


Abbildung 1.1: Vereinfachte Darstellung Autonomer Systeme

c)\* Welche der folgenden Adressen werden global geroutet?

- |                                               |                                      |                                             |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ::1                  | <input type="checkbox"/> 10.11.12.13 | <input checked="" type="checkbox"/> fec0::1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 128.0.0.1 | <input type="checkbox"/> fea0::1     | <input type="checkbox"/> 127.8.9.10         |

d)\* Die Pfad-MTU betrage 1500 B. Auf Schicht 3 werde IPv4 verwendet. Wie groß sollte die MSS gewählt werden, sofern keine TCP Optionen verwendet werden?

- 1500 B       1452 B       1540 B       1520 B       1480 B       1460 B

e)\* Gegeben Sei ein Leitungscode, der 3 bit pro Symbol kodiert. Es soll eine Datenrate von 10 Mbit/s erzielt werden. Bestimmen Sie die minimal notwendige Bandbreite unter den gegebenen Bedingungen.

- anderer Wert       1,33 MHz       0,67 MHz       0,33 MHz       3,33 MHz       1,67 MHz

f)\* Was versteht man unter Kanalkodierung?

- |                                                       |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> nichts davon                 | <input checked="" type="checkbox"/> Gezieltes Hinzufügen von Redundanz              |
| <input type="checkbox"/> Die Entfernung von Redundanz | <input type="checkbox"/> Darstellung von Daten durch Abfolge von Sendegrundimpulsen |

g)\* Sei  $n$  die Länge der Prüfsumme, also  $n = \text{grad}(r(x))$ , mit  $n > 1$ . Welche der folgenden Fehler werden, unabhängig der konkreten Wahl des Reduktionspolynoms, **alle**, **immer** und **zuverlässig** erkannt?

- |                                                                   |                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Fehler, die aus mehreren Bursts bestehen | <input type="checkbox"/> Burst-Fehler, die länger sind als $n$                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Isolierte 2 bit-Fehler        | <input checked="" type="checkbox"/> 1 bit-Fehler                                |
| <input type="checkbox"/> Burst-Fehler, die kürzer sind als $n$    | <input type="checkbox"/> Fehler, die ein Vielfaches des Reduktionspolynoms sind |

h)\* Bei welcher/n der folgenden Adressierungsarten kann es mehr als einen Empfänger geben?

- Broadcast       Unicast       Anycast       Multicast

i)\* Es gebe 30 Hosts in einem IPv4 basiertem Netzwerk. Welche Subnetzmaske beschreibt das kleinstmögliche Subnetz, sodass allen Hosts eine IPv4-Adresse zugewiesen werden kann?

- |                                          |                                                     |                                          |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 255.255.255.248 | <input checked="" type="checkbox"/> 255.255.255.224 | <input type="checkbox"/> 255.255.255.254 |
| <input type="checkbox"/> 255.255.255.240 | <input type="checkbox"/> 255.255.255.192            | <input type="checkbox"/> 255.255.255.252 |

j)\* Welche der folgenden Eigenschaften gelten für Link-State Routing Protokolle?

- Das Funktionsprinzip ähnelt dem Algorithmus von Djikstra
- Router bestimmen aus den ausgetauschten Informationen einen minimalen Spannbaum
- Router tauschen regelmäßig Statusnachrichten aus
- Router tauschen untereinander lediglich kumulierte Kosten aus
- Router haben keine Information über Netzwerktopologie
- Das Funktionsprinzip ähnelt dem Algorithmus von Bellman-Ford

k)\* Sie möchten den folgenden Datenstrom komprimieren und verwenden dafür einen Huffman-Code. Der Knoten zu welchem Zeichen hat im zugehörigen Huffman-Baum die geringste Tiefe?

DADCCBDBCD

A

B

C

D

l)\* Gegeben sei das Zeitsignal  $s(t)$  mit  $s(t) = 1,5 \cdot \cos(4\omega t) + 3$ . Dabei gilt  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ,  $T = 1$  s. Welche der folgenden Aussage(n) über die Koeffizienten der zu  $s(t)$  gehörenden Fourierreihe ist/sind wahr?

- $a_0 = 4$
- $b_0 = 4$
- $a_4 = 1,5$
- $a_0 = 1,5$
- $a_3 = 4$
- $b_4 = 1,5$
- $a_0 = 3$
- $b_0 = 6$
- $a_0 = 6$
- $b_3 = 1,5$
- $a_3 = 1,5$
- $b_3 = 4$

## Aufgabe 2 Kurzaufgaben (4.5 Punkte)

a)\* Gegeben sei die IPv4-Adresse 203.0.113.4. Geben Sie den entsprechenden FQDN des PTR Records an.

4.113.0.203.in-addr.arpa.
---------------------------

0
1

b)\* Gegeben sei die IPv4-Subnetz 192.168.240.15/20. Begründen Sie, warum sich dieses Subnetz nicht mit dem Subnetz 192.168.223.15/20 zu einem /19 Supernetz vereinigen lässt.

<p>Die relevanten Bits befinden sich jeweils im 3. Byte der Adressen (da die ersten beiden gleich sind): <math>240_{(10)} = 11110000_{(2)}</math> <math>223_{(10)} = 11011111_{(2)}</math> Die beiden Netze unterscheiden sich im 19. Bit. D.h. es gibt kein /19 Supernetz, das beide Subnetze vereint. Würden Sie sich nur im 20. Bit unterscheiden, würde es funktionieren.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

0
1

c)\* Gegeben sei die IPv4-Subnetz 192.168.240.15/20. Mit welchem anderen /20 Netz lässt sich dieses zu einem /19 Supernetz vereinigen?

<p><math>11110000_{(2)} = 240_{(10)}</math> <math>11100000_{(2)} = 224_{(10)}</math> <math>\rightarrow 192.168.224.0/20</math></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

0
1

d)\* Gegeben sei die IPv6-Adresse 2001:0db8:0000:0000:0110:0000:0000:0123. Geben Sie die Adresse in der üblichen, vollständig gekürzten Form an.

2001:db8::110:0:0:123
-----------------------

0
1

### Aufgabe 3 Frequenzanalyse (16.5 Punkte)

Gegeben sei der in Abbildung 3.1 dargestellte Sendeimpuls.

0
1
2

a)\* Wie heißt dieser Sendeimpuls geläufiger Weise? (ohne Begründung)

b)\* Wie wird mittels dieses Impulses eine logische 0 bzw. 1 kodiert? (Begründung oder Skizze)

Manchester-Impuls

0
1
2

Steigende Taktflanke in der Mitte  $\Rightarrow$  logisch 0

Fallende Taktflanke in der Mitte  $\Rightarrow$  logisch 1  
(umgekehrt natürlich auch möglich)

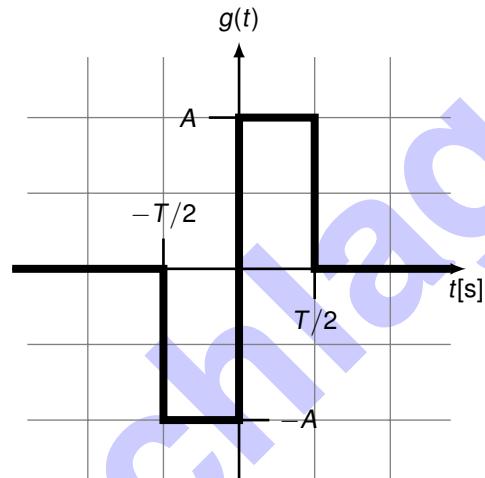


Abbildung 3.1: Sendeimpuls

0
1
2

c)\* Beschreiben Sie kurz einen **Vorteil** dieses Impulses.

Durch den erzwungenen Pegelwechsel je Impuls ist eine automatische Taktsynchronisierung zwischen Sender und Empfänger möglich.

0
1
2

d)\* Beschreiben Sie kurz einen **Nachteil** dieses Impulses.

Durch den erzwungenen Pegelwechsel (2 Symbol pro Impuls) ergibt sich ein breiteres Spektrum und damit höherer Einfluss eines Tiefpasses durch Filterung hoher Frequenzanteile

Im Folgenden soll das Frequzverhalten dieses Sendeimpulses untersucht werden.

0
1
2

e)\* Begründen Sie, ob hierzu eine Fouriertransformation oder eine Fourierreihe Verwendung findet.

Isolierter Impuls, d. h. kein periodisches Signal  $\Rightarrow$  keine Reihenentwicklung möglich  $\Rightarrow$  Fouriertransformation

0
1
2

f)\* Geben Sie einen analytischen Ausdruck für den in Abbildung 3.1 dargestellten Sendeimpuls an.

$$g_{\text{Manch}}(t) = \begin{cases} -A & -T/2 \leq t < 0 \\ A & 0 \leq t < T/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

0
1
2

g)\* Weswegen kann es sinnvoll sein, das Spektrum eines Sendeimpulses als Betrag anzugeben?

Das Spektrum besitzt i. A. Real- und Imaginäranteile. Will man das Spektrum nur qualitativ hinsichtlich seiner Frequenzanteile darstellen, bietet sich die Betragsdarstellung in einem einzelnen Diagramm an.

h) Bestimmen Sie das Spektrum. Vereinfachen Sie das Ergebnis soweit wie möglich.

(Siehe Übungsblatt)

$$\begin{aligned} G_{\text{Manch}}(f) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} g_{\text{Manch}}(t) \cdot e^{-j2\pi ft} dt \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \left( - \int_{-\pi/2}^0 \cos(2\pi ft) - j \sin(2\pi ft) dt + \int_0^{\pi/2} \cos(2\pi ft) - j \sin(2\pi ft) dt \right) \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{2\pi f} \left( -[\sin(2\pi ft)]^0_{-\pi/2} + j[-\cos(2\pi ft)]^0_{-\pi/2} + [\sin(2\pi ft)]^{\pi/2}_0 - j[-\cos(2\pi ft)]^{\pi/2}_0 \right) \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{2\pi f} (-[0 - \sin(-\pi fT)] + j[-1 + \cos(-\pi fT)] + [\sin(\pi fT) - 0] - j[-\cos(\pi fT) + 1]) \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{2\pi f} (-\sin(\pi fT) - j + j\cos(\pi fT) + \sin(\pi fT) + j\cos(\pi fT) - j) \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{2\pi f} (2j\cos(\pi fT) - 2j) \\ &= j \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{\cos(\pi fT) - 1}{\pi f} \end{aligned}$$

	0
	1
	2
	3
	4
	5
	6

## Aufgabe 4 Die Clacks (14.5 Punkte)

Die Clacks sind ein Netzwerk aus Türmen in Terry Pratchetts Scheibenwelt. Sie bilden dort eines der ersten Telekommunikationsnetzwerke und sie werden beschrieben als: Drei Stockwerke groß, gebaut aus Holz und sehen aus als wären sie in Eile zusammengebaut, wahrscheinlich weil es so war. Eine Laterne im inneren ermöglicht sogar eine Übermittlung bei Nacht.

Eine Nachricht wird übermittelt, indem einzelne Symbole durch gezieltes Öffnen und Schließen der **2×4 Klappen** angezeigt werden (siehe Abbildung 4.1), welche von Mitarbeitern auf einem **12 km** entfernten Turm beobachtet und von dort gegebenenfalls weitergeleitet wird. Ein Symbol einzustellen dauert **5 s**.

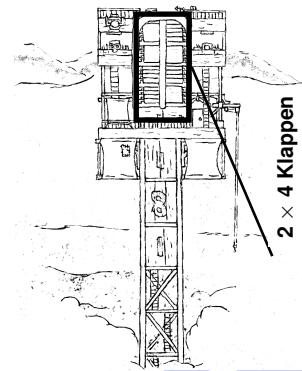


Abbildung 4.1: Ein Clack<sup>1</sup>

0	1
0	1
0	1

a)\* Wie viele Bit können mit jedem Symbol übertragen werden? Der Rechenweg muss erkenntlich sein.

$$M = 2^8 \text{ unterscheidbare Symbole} \Rightarrow N = \log_2(2^8) = 8$$

0	1
0	1
0	1

b)\* Berechnen Sie den Informationsgehalt eines beliebigen Symbols unter der Annahme, dass alle Symbole dieselbe Auftrittswahrscheinlichkeit besitzen.

$$I(x) = -\log_2 \left( \frac{1}{2^8} \right) \text{ bit} = 8 \text{ bit}$$

0	1
0	1
0	1

c) Bestimmen Sie die erzielbare Datenrate in B/s.

$$r = \frac{N}{5 \text{ s}} \text{ bit/s} \cdot \frac{1}{8} \text{ bit/B} = 0,2 \text{ B/s}$$

0	1
0	1
0	1

d)\* Der Patrizier von Ankh-Morpork möchte eine 47 Zeichen lange Nachricht an seinen Nachbarstaat schicken. Nachrichten werden ASCII-codiert und mit NUL beendet. Die Clacks verwenden ein zusätzliches (von ASCII ungenutztes) Bit pro Symbol zur Fehlerkennung. Wie viele Byte benötigt die Nachricht?

ASCII benutzt 7 bit + 1 Paritätsbit entspricht 8 bit pro Zeichen

$$47+1 \text{ Zeichen a 8 bit} \quad \frac{48 \cdot 8}{8} \text{ B} = 48 \text{ B}$$

0	1
0	1
0	1

e) Berechnen Sie die Serialisierungszeit im Fall von Nachrichtenvermittlung.

$$t_s = \frac{48 \text{ B}}{r} = \frac{48 \text{ B}}{0,2 \text{ B/s}} = 240 \text{ s}$$

<sup>1</sup>Basierend auf "Clacks Tower, small" by Carl Mitchell (CC BY-NC-ND 3.0)

	0
	1

f) Das ursprüngliche Design der Clacks umfasste nur  $2 \times 3$  Klappen. Wozu hätte man die zusätzlichen 2 Klappen noch verwenden können, außer einfach mehr Symbole darzustellen? Begründen Sie.

Eine Option aus, u.a.:

- Fehlerkorrektur (mit 2 Paritätsbits kann man 1-Bit Fehler beheben anstatt sie nur zu erkennen)
- Steuerzeichen (z.B. Start/Ende der Nachricht)
- Takt synchronisierung

	0
	1

Im Folgenden wollen wir die Übertragungszeit bestimmen, falls anstelle von Nachrichtenvermittlung Paketvermittlung zum Einsatz kommt. Hierzu nehmen wir an, dass jeweils 10 B Nutzdaten ein Paket bilden. Jedem Paket werde ein 2 B langer Header vorangestellt.

g) Berechnen Sie die Anzahl der benötigten Pakete.

$$p_{\max} = 10 \text{ B} \quad N = \left\lceil \frac{L}{p_{\max}} \right\rceil = \left\lceil \frac{48 \text{ B}}{10 \text{ B}} \right\rceil = 5$$

	0
	1
	2
	3
	4

Bis zum Ziel muss die Nachricht 5 Clacks (inklusive Start und Ziel) passieren. Deren Abstand ist je 12 km. Es gibt keine Bestätigungen, aber ein Paket wird vollständig gelesen bevor es weitergeleitet wird.

h) Wie lange dauert es bis die Nachricht ihr Ziel erreicht?

Zwischenstationen  $n = 3$

Header  $L_h = 2 \text{ B}$

Distanz  $d = 4 \cdot 12 \text{ km} = 48 \text{ km}$

$$T = \frac{1}{r} \left( \left\lceil \frac{L}{p_{\max}} \right\rceil L_h + L + n(L_h + p_{\max}) \right) + \frac{d}{v c_0}$$

$$T = \frac{1}{0,2 \text{ B/s}} (5 \cdot 2 \text{ B} + 48 \text{ B} + 3(2 \text{ B} + 10 \text{ B})) + \frac{48 \text{ km}}{3 \cdot 10^5 \text{ km/s}} \approx 470 \text{ s}$$

	0
	1

i)\* Erläutern Sie, welchen Vorteil Paketvermittlung gegenüber **Nachrichtenvermittlung** hat.

Sie ist in der Regel schneller, da z.B.:

- Nicht die ganze Nachricht bei jeder Zwischenstation zwischengespeichert werden muss, sondern nur einzelne Pakete, ermöglicht dies eine schnellere Übertragung der ganzen Nachricht.
- Bei Fehlern nur ein Paket neu übertragen werden muss statt der ganzen Nachricht.
- Die Pakete verschiedene Routen im Internet nehmen können und dies einzelne Router entlastet.

	0
	1

j)\* Erläutern Sie, welchen Vorteil Paketvermittlung gegenüber **Leitungsvermittlung** hat.

- Pakete ermöglichen eine parallele Nutzung einer Leitung von mehreren Teilnehmern, da die Leitung nicht exklusiv belegt wird.
- Die Pakete können unterschiedliche Routen im Internet nehmen und so im Durchschnitt schneller ankommen.
- Metadaten (z.B. zur Fehlererkennung) können effektiver eingesetzt werden.

	0
	1

## Aufgabe 5 DNS (7 Punkte)

Sie sind Systemadministrator einer kleinen Firma, die sich die Domain grnvs.tips gesichert hat. Ihre Aufgabe ist es nun, folgendes Zonefile so auszufüllen, sodass die Anforderungen der einzelnen Teilaufgaben erfüllt werden. Der Anfang des Zonefiles ist bereits vorgegeben.

\$TTL 86400 ; 1 day

dns.lrz.eu. IN

SOA

ns.grnvs.tips. (

hostmaster.grnvs.tips.

164160 ; serial

1800 ; refresh (30 minutes)

300 ; retry (5 minutes)

604800 ; expire (1 week)

1800 ; nxdomain (30 minutes)

)

dns.lrz.eu.

10 mail.grnvs.tips.

NS

MX

134.102.13.9

grnvs.tips.

@ A

@ AAAA

\$ORIGIN grnvs.tips.

calendar AAAA

contacts CNAME

\$TTL 5400

mail CNAME

challenge TXT

134.102.13.9

2001:db8::2

2005:db1::affe

calendar

mail.adzone.com.

secret123

0	
1	
2	

- a)\* Wenn jemand grnvs.tips in seinem Browser aufruft, soll ihre Website angezeigt werden. Ihr Webserver hat die IP-Adressen 134.102.13.9 und 2001:db8::2.

0	
1	
2	

- b)\* Damit die Mitarbeiter besser zusammen arbeiten können, sollen die zwei Dienste calendar und contacts als Subdomain eingerichtet werden. Beide laufen auf dem Server mit der Adresse 2005:db1::affe

0	
1	
2	

- c)\* Sie wollen keinen eigenen Mailserver betreiben und haben deswegen den Mail-Service von adzone.com gebucht. Dazu müssen alle eingehenden Mails an die IP-Adresse von mail.adzone.com gesendet werden. Da Sie dies in Zukunft vielleicht ändern möchten, soll die maximale Gültigkeit dieses Eintrags 90 min betragen.

0	
1	

- d)\* Um dem Anbieter von adzone.com zu beweisen, dass Ihnen die Domain grnvs.tips wirklich gehört, soll der Text secret123 unter challenge.grnvs.tips hinterlegt werden.

## Aufgabe 6 Wohnheimsnetz goes Internet (15.5 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. Ein Ausschnitt des Netzes ist in Abbildung 6.1 gegeben.

Dem Wohnheim wurde die öffentliche IP Adresse 203.0.113.23 zugewiesen. Für die Zuordnung zwischen öffentlichen und privaten IP-Adressen verfügt der NAT-fähige Router über eine Abbildungstabelle, die die Beziehung zwischen lokalem und globalem Port speichert, sowie die IP-Adresse des internen Hosts. Der NAT-Router ist mit dem "Internet" verbunden. Dieses ist als Wolke dargestellt und hat eine nicht näher bestimmte Anzahl an Hops zwischen  $R_x$  und  $R_y$ .

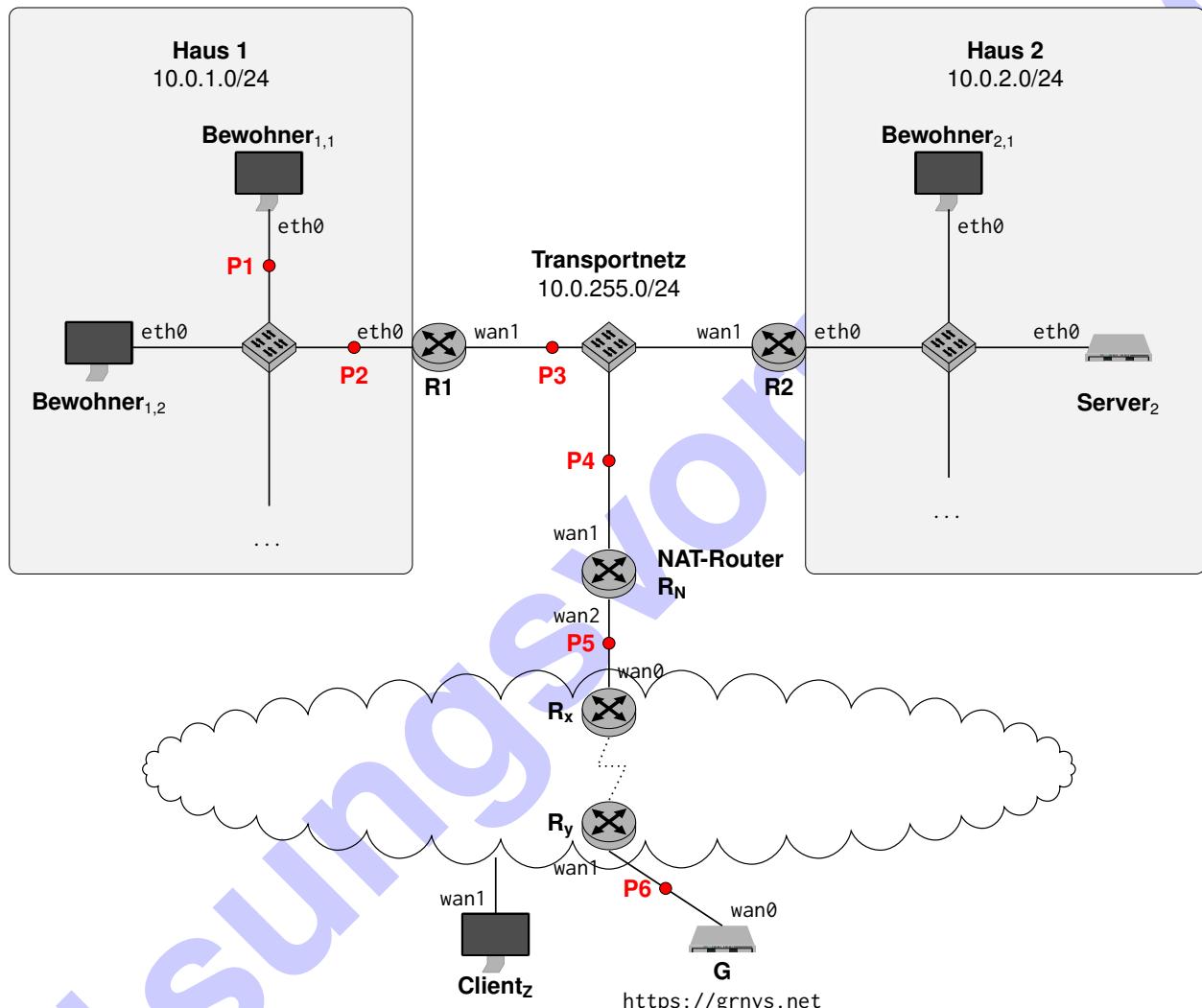
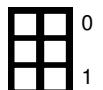


Abbildung 6.1: Ausschnitt des Wohnheimnetzes

a)\* Nennen Sie **zwei** Möglichkeiten den Hosts/Bewohnern IP-Adressen zuzuweisen?

- manuelle/statische Konfiguration
- DHCP



0  
½

b) Welche *zusätzliche* Möglichkeit der Zuweisung gibt es bei IPv6?

SLAAC

0  
1

c)\* Warum muss es einen NAT-fähigen Router geben?

Die IPv4 Adressen der Bewohner liegen im privaten Adressbereich 10.0.0.0/8.  
Diese werden nicht global geroutet.

0  
1

d) Welchen Vorteil bietet diese Architektur mit dem NAT?

Alle Bewohner können mit nur **einer** öffentlichen Adresse das Internet benutzen.  
Dies ist gerade im Hinblick auf die Adressknappheit von IPv4 ein Vorteil ist.

0  
1

e)\* Wieviele Einträge kann die Abbildungstabelle des NAT-Routers für TCP maximal haben?

$2^{16}$ (mögliche globale Ports)

Bewohner<sub>1,1</sub> möchte nun die Website mit der URL <https://grnvs.net> zugreifen und kennt dessen IP-Adresse 198.41.0.4.

0  
½

f)\* An welchen TCP-Port wird der Request wahrscheinlich adressiert? (ohne Begründung)

443

0  
½

g)\* Welche HTTP Methode wird wahrscheinlich verwendet? (ohne Begründung)

HTTP GET

h) Wir betrachten nun das Versenden des Requests. Geben Sie dafür die entsprechenden Headerfelder in der Tabelle an den in der Grafik markierten Punkten P1 bis P6 an. Verwenden Sie dafür die folgende Schreibweise: MAC(k.iface) für die MAC-Adresse des Interfaces iface von Knoten k, z.B. MAC(R7.eth9) für die MAC-Adresse das dem Interface eth9 am Router R7 zugewiesen ist; analog IP(k.iface) für die IP-Adresse. Bewohner<sub>x,y</sub> können Sie mit  $B_{x,y}$  abkürzen. Die Ports geben Sie bitte als Zahl an.

	<b>SRC-MAC</b>	<b>DST-MAC</b>	<b>SRC-IP</b>	<b>DST-IP</b>	<b>SRC-PORT</b>	<b>DST-PORT</b>
<b>P1</b>	MAC(B1,1)	MAC(R1.eth0)	IP(B1,1)	IP(G.wan0)	12345	443
<b>P2</b>	MAC(B1,1)	MAC(R1.eth0)	IP(B1,1)	IP(G.wan0)	12345	443
<b>P3</b>	MAC(R1.wan1)	MAC(NAT.wan1)	IP(B1,1)	IP(G.wan0)	12345	443
<b>P4</b>	MAC(R1.wan1)	MAC(NAT.wan1)	IP(B1,1)	IP(G.wan0)	12345	443
<b>P5</b>	MAC(NAT.wan2)	MAC( $R_x$ .wan0)	IP(NAT.wan2)	IP(G.wan0)	6789	443
<b>P6</b>	MAC( $R_y$ .wan1)	MAC(G.wan0)	IP(NAT.wan2)	IP(G.wan0)	6789	443

0
1
2
3
4
5
6

i)\* Wir nehmen nun an, dass der Host aufgrund von Verbindungsproblemen nicht erreichbar ist und der Router  $R_x$  eine ICMP Fehlermeldung zurückschickt. Wird diese bei Bewohner<sub>1,1</sub> ankommen? Begründen Sie.

Da es keine ausgehende ICMP Nachricht gab (wie z.B. bei einem Echo Request), wurde kein ICMP Identifier im NAT eingetragen. Allerdings enthalten ICMP 'Destination Unreachable' Nachrichten neben dem IP-Header auch die ersten 8 B der Nutzdaten. In diesen 8 B Nutzdaten befindet sich Quell- und Zielport des TCP Headers. Eine Zuordnung ist über den Quellport möglich, da dieser vom NAT gesetzt wurde und ein entsprechender Eintrag (als globaler Port) in der NAT-Tabelle erstellt wurde.

0
1
2

j)\* In Haus 2 betreibt ein Bewohner eigenen Server (**Server**<sub>2</sub>). Client<sub>Z</sub> von außerhalb des Wohnheims möchte diesen Webserver in Haus 2 erreichen. Begründen Sie, warum das nicht möglich ist.

Ein NAT-Router legt bei Verbindungen aus dem Wohnheim heraus entsprechende Einträge in der NAT-Tabelle an. Wenn Client<sub>Z</sub> nun eine Verbindung zum Server aufbauen möchte (z.B. über HTTP/Port 80) gibt es für diesen globalen Port keinen Eintrag in der NAT-Tabelle. Der NAT-Router weiß deshalb nicht, wohin der das Paket leiten soll.

0
1

k) Wie kann dieses Problem umgangen werden?

Einrichten von statischem *Portforwarding*.

0
1

## Aufgabe 7 Stau im Fluss (14 Punkte)

In dieser Aufgabe betrachten wir die Auswirkungen von Störungen im Netzwerk auf die Transportschicht. Dabei wird eine vereinfachte Form von TCP Reno betrachtet, wie sie auch in der Vorlesung vorgestellt wurde.

0  
1

a)\* Erklären Sie das Ziel der Staukontrolle bei TCP, sowie deren Umsetzung.

Ziel der Staukontrolle ist es, Überlastsituationen im Netz zu vermeiden.  
Dazu muss der *Sender* Engpässe im Netz erkennen und die Größe des *Sendefensters* entsprechend anpassen.

0  
1

b)\* Erklären Sie das Ziel der Flusskontrolle bei TCP, sowie deren Umsetzung.

Ziel der Flusskontrolle ist es, Überlastsituationen beim Empfänger zu vermeiden.  
Dies wird erreicht, indem der *Empfänger* eine Maximalgröße für das *Sendefenster* des Senders vorgibt.

Wir betrachten nun eine Folge von Ereignissen und wie sich diese auf die Größe des Empfangsfensters auswirkt. Im untenstehenden Diagramm sind die Fenstergröße  $w_c$  in Vielfachen der MSS angeben, die Zeit in Vielfachen der RTT zwischen den kommunizierenden Hosts.

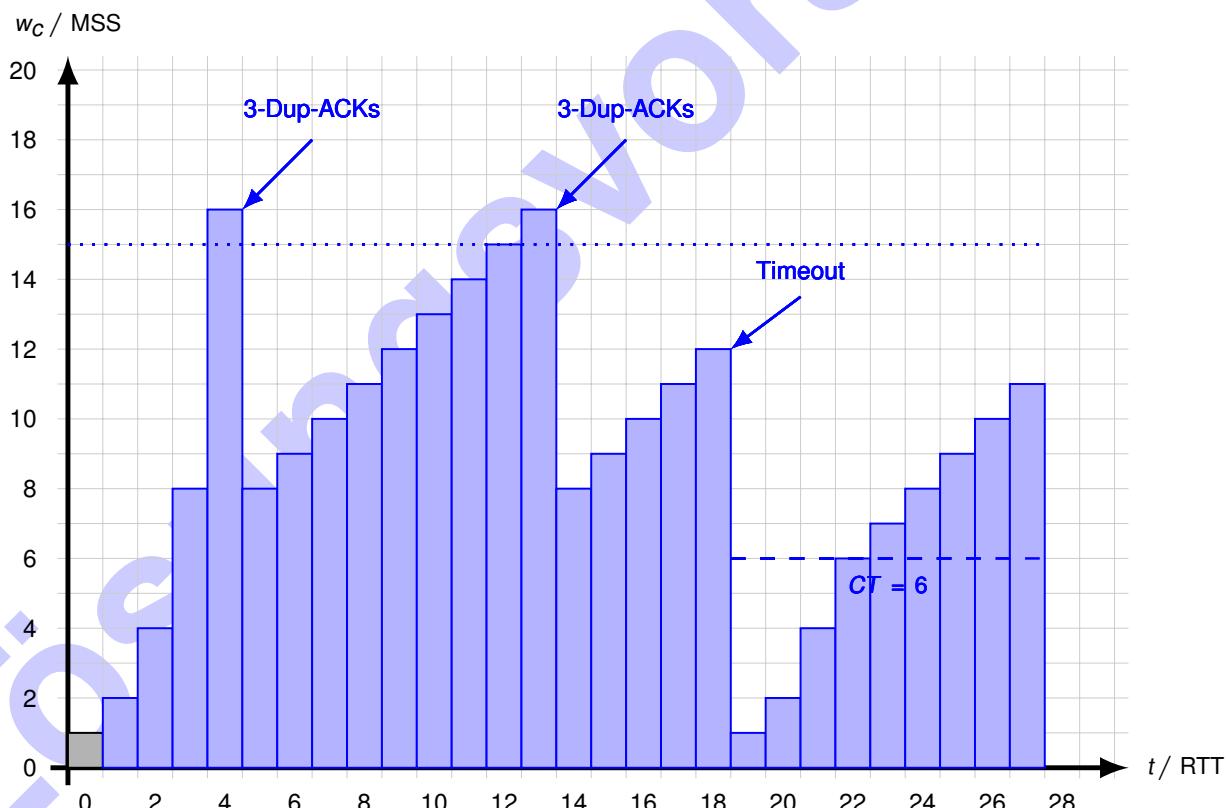


Abbildung 7.1: Vorrangreihenfolge (Vordruck) für Aufgaben c) und f). Einen weiteren Vorrangreihenfolge finden Sie hinten. Bitte markieren Sie dies ggfs. deutlich.

Es gilt  $w_c(0) = 1$ . Wir nehmen an, dass die Bandbreite auf dem Pfad im Netzwerk maximal 15 MSS/RTT beträgt. Es kommt vorerst zu keinen Timeouts.

c)\* Zeichnen Sie den Verlauf von  $w_c$  für  $t < 18$  RTT ein und begründen Sie.

Am Anfang sind wir in der "Slow-Start" Phase, bei der  $w_c$  exponentiell anwächst (Verdoppelung pro RTT).

Bei  $w_c = 16 > 15$  bzw. bei  $t = 4$  RTT wird der Sender 3 Duplicate ACKs bekommen, da ein Segment nicht ankommen wird.

Danach folgt die "Congestion Avoidance" Phase mit halbiertem  $w_c = 8$  und einer CT von ebenfalls 8.  $w_c$  wird nun schrittweise um 1 erhöht, bis eine weitere Störung auftritt.

Bei  $t = 13$  RTT ist erneut  $w_c = 16 > 15$ , dadurch kommt es erneut zu 3 Duplicate ACKs.

Dadurch wird  $w_c$  wiederum halbiert auf  $w_c = 8$  mit unverändertem CT.

Danach weiterhin CA-Phase, dadurch wieder linearer Anstieg.

0
1
2
3
4
5

0
1

0
1

0
1
2

d) Wenn man vom Beginn absieht, mit welcher effektiven Übertragungsrate kann die Kommunikation stattfinden, wenn keine anderen Störungen auftreten? Geben Sie das Ergebnis in Abhängigkeit der MSS an.

$$\text{Durch Abzählen: } \frac{(8+9+10+11+12+13+14+15+16) \text{ MSS}}{9 \text{ RTT}} \approx 11,89 \frac{\text{MSS}}{\text{RTT}}$$

Alternativ:  $n = \frac{3}{8}x^2 + \frac{3}{4}x$ , für  $x = 16$  folgt:  $n = 108$ , mit einer Verlustrate von  $\theta = \frac{1}{108}$ . Daraus folgt als Zeit zwischen Segmentverlusten  $T = \left(\frac{x}{2} + 1\right) \cdot \text{RTT} = \left(\frac{16}{2} + 1\right) \text{ RTT} = 9 \text{ RTT}$ . Daraus folgt ein Durchsatz  $r_{TCP} = \frac{108 \text{ MSS}}{9 \text{ RTT}} \cdot \left(1 - \frac{1}{108}\right) \approx 11,89 \frac{\text{MSS}}{\text{RTT}}$ .

Bei  $t = 18$  RTT tritt nun ein Timeout auf.

e)\* Was könnte eine Ursache dafür sein?

Alle Segmente bzw. ACKs gehen verloren bzw. kommen erst nach dem Timeout an. (Wenn einzelne noch ankämen, dann käme es zu duplicate ACKs, keinem Timeout.) Dies kann bei einer *kompletten* Überlastung des Netzwerkes der Fall sein, oder bei Ausfall einzelner Knoten/Links.

f) Es treten danach keine weiteren Störungen mehr auf. Vervollständigen Sie das Diagramm bis  $t \leq 28$  RTT und begründen Sie.

Durch den Timeout wird der CT auf  $w_c/2 = 12/2 = 6$  reduziert,  $w_c$  auf 1 gesetzt, und erneut in die "Slow-Start" Phase gewechselt.

In der Slow-Start Phase wird erneut verdoppelt bis  $w_c = 6 = \text{CT}$  bzw.  $t = 22$  RTT

Danach linearer Anstieg in der CA-Phase.

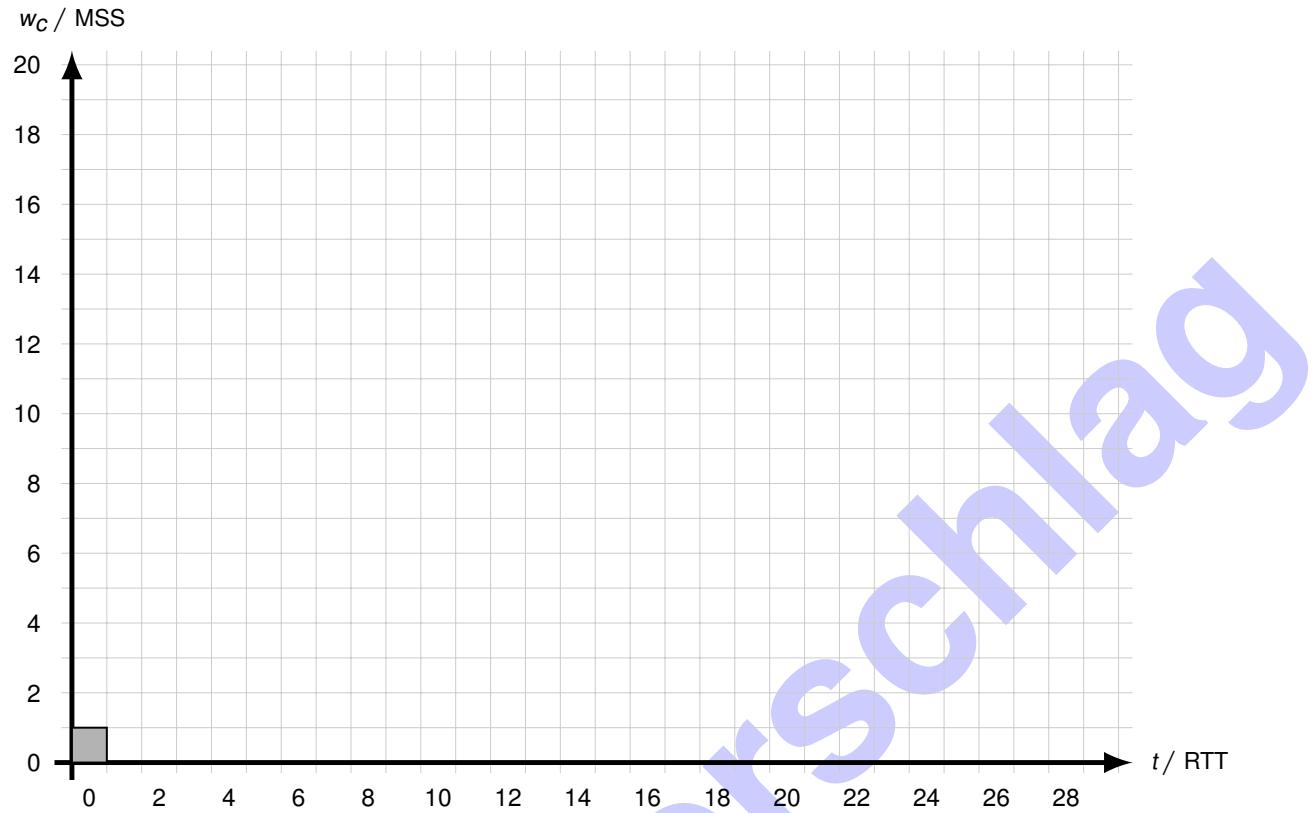
0
1
2
3
4
5

g)\* Welches Problem ergibt sich bei einer Unzuverlässigkeit von Schicht 1 bis 3 bei Verwendung von TCP?

Die TCP Congestion Control interpretiert den Verlust von Segmenten stets als Folge einer Überlastsituation im Netzwerk. Die Datenrate wird dadurch unnötig gedrosselt, falls in den unteren Schichten Fehler (z.B. Bitfehlern) auftreten. In diesem Fall hilft eine Reduzierung der Datenrate nicht um eine ordnungsgemäße Übermittlung sicherzustellen.

0
1
2

**Zusätzlicher Vordruck für Aufgabe 7:**



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

A large grid area for solutions, with a large blue watermark 'Lösungsvorschlag' diagonally across it.

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag