



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 onsite

Datum: Dienstag, 29. September 2020

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Uhrzeit: 11:30 – 13:00

Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **16 Seiten** mit insgesamt **6 Aufgaben**.
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:
 - **alle elektronischen und nicht elektronischen Hilfsmittel**
 - **ausdrücklich nicht** erlaubt sind Internet und Teamarbeit
- 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.
- Das Kopieren von Lösungsvorschlägen aus Altklausuren oder anderen Quellen stellt keine Eigenleistung dar. Wir behalten uns vor, in derartigen Fällen die jeweilige Aufgabe mit 0 Punkten zu bewerten.
- Schreiben Sie weder mit roter/grüner Farbe noch mit Bleistift.

Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____

Aufgabe 1 Multiple Choice (19 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind *Multiple Choice Multiple Answer* mit 1 Punkt pro richtigem und -1 Punkt pro falschem Kreuz. Es können mehrere Antworten richtig sein.

Die minimale Punktzahl pro Teilaufgabe beträgt 0 Punkte, d. h. Negativpunkte übertragen sich nicht auf andere Teilaufgaben.

Hinweise zur Bearbeitung auf Papier bzw. wenn Ihr PDF-Editor die Ankreuzfunktion nicht unterstützt:

Kreuzen Sie richtige Antworten an



Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden



Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden



a)* Bei einem Segment handelt es sich um eine ...

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

b)* Welche Aussagen zur Fouriertransformation sind zutreffend?

 Das Spektrum ist diskret. Das Spektrum ist kontinuierlich. Das Spektrum ist immer komplex. Das Spektrum ist immer begrenzt. Wird zur Analyse nicht-periodischer Signale verwendet. Wird zur Analyse periodischer Signale verwendet.

c)* Gegeben sei ein wertkontinuierliches Signal, welches mit 3 bit linear im Intervall $I = [7; 16]$ quantisiert werden soll. Bestimmen Sie den maximalen Quantisierungsfehler **innerhalb** von I auf zwei Dezimalstellen gerundet.

 1,00 3,00 1,13 0,56 anderer Wert

d)* Gegeben sei ein wertkontinuierliches Signal, welches mit 2 bit linear im Intervall $I = [0; 15]$ quantisiert werden soll. Bestimmen Sie den maximalen Quantisierungsfehler **außerhalb** von I auf zwei Dezimalstellen gerundet.

 3,75 1,88 7,50 2,50 anderer Wert

e)* Gegeben sei ein Leitungscode, der 3 bit pro Symbol kodiert. Es soll eine Datenrate von 8 Mbit/s erzielt werden. Bestimmen Sie die minimal notwendige Bandbreite unter den gegebenen Bedingungen auf zwei Dezimalstellen genau.

 anderer Wert 1,33 MHz 5,33 MHz 4,43 MHz 17,72 MHz

f)* Was versteht man unter Quellenkodierung?

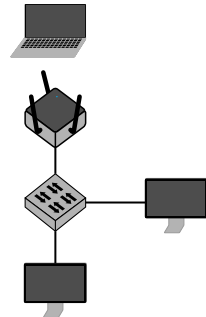
 Darstellung von Daten durch Abfolge von Sendegrundimpulsen Die Entfernung von Redundanz Gezieltes Hinzufügen von Redundanz nichts davon

g)* Gegeben sei eine Richtfunkstrecke, die in beide Richtungen die gleichen Bedingungen aufweist. Die Übertragungsrate sei mit 20 Mbit/s gegeben. Die Distanz betrage 126 km. Bestimmen Sie die RTT eines 1091 B großen Rahmens (z. B. Echo Request/Reply) auf zwei Dezimalstellen genau. Gehen Sie davon aus, dass durch Medienzugriff und Verarbeitung an den Knoten keine weiteren Zeitverzögerungen entstehen.

- 420 ms
 840 ms
 873 ms
 436 ms
 1.713 ms
 856 ms

h)* Wenn das Notebook (NB) in der nebenstehenden Abbildung einen Rahmen an einen der PCs senden will, wessen MAC-Adresse(n) werden verwendet um das Ziel anzugeben?

- PC
 NB
 Switch
 AP



i)* Wenn das Notebook (NB) in der nebenstehenden Abbildung einen Rahmen an einen der PCs senden will, wessen IP-Adresse(n) werden verwendet um das Ziel anzugeben?

- PC
 AP
 Switch
 NB

j)* Was ist die Binärdarstellung der Zahl 0x474802?

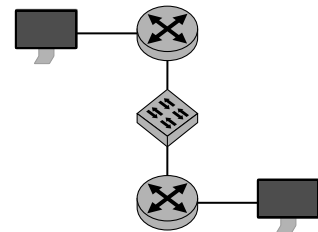
- 0010111010001001100011011
 100010001111011011110000
 010001110100100000000010
 101101011110011100101000
 100101001101100100011101
 011111001011101101100011

k)* Sie empfangen eine Nachricht von der IPv6-Adresse fd00:32:15:8:e7be:0dff:fe56:23a4. Was ist höchstwahrscheinlich die MAC-Adresse des sendenden Interfaces?

- e5:be:0d:56:23:a4
 0d:ff:fe:56:23:a4
 e7:be:0d:56:23:a4
 32:00:16:00:08:27

l)* Aus wie vielen Broadcast-Domänen besteht das nebenstehende Netzwerk?

- 1
 6
 4
 2
 3
 5



m)* Aus wie vielen Kollisionsdomänen besteht das nebenstehende Netzwerk?

- 6
 4
 5
 3
 2
 1

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

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

- H
 I
 A
 B
 F
 G

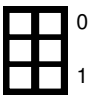
Aufgabe 3 I Spy (15 Punkte)

Ein Nachbar von Frau Roberts¹ sitzt im Café und betrachtet begeistert die Wand neben sich. Dabei fällt der nahe RJ45-Port auf. Geschwind wird der eigene Laptop, mit Interface eth0, an diesen Port, mit dem Patchkabel für besondere Fälle, angeschlossen. Kurz darauf kann der in Abbildung 3.1 dargestellte Rahmen beobachtet werden.

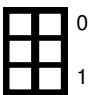
```
0x0000  52  54  00  e7  b2  31  52  54  00  40  83  6c  08  06  00  01
0x0010  08  00  06  04  00  02  52  54  00  40  83  6c  0a  0b  2f  2b
0x0020  52  54  00  e7  b2  31  0a  0b  2f  25
```

Abbildung 3.1: Zufällig beobachteter Ethernet-Rahmen

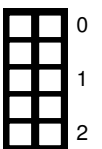
a)* Benennen Sie die in Abbildung 3.1 vorkommende Schicht 2 SDU. (Begründung!)



b)* Geben Sie die Art der in Abbildung 3.1 dargestellten Schicht 2 SDU an. (Begründung!)

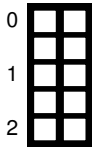


c)* Geben Sie für das 7. Header-Feld der Schicht 2 SDU aus Abbildung 3.1 Name, Wert und Funktionsbeschreibung an. Verwenden Sie dabei die jeweils übliche Darstellungsform. (Begründung!)

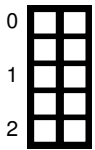


¹Fiktive Person; vgl. xkcd #341 ff.

Durch weitere Beobachtung fällt auf, dass einige der beobachtbaren Ethernet-Rahmen die IPv4-Adressen 10.29.13.53 und 10.53.37.17 enthalten.



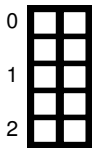
d)* Geben Sie für die beiden IPv4-Adressen das kleinste Netz an welches diese enthält. (Begründung!)



e) Geben Sie mit den im Verlauf dieser Aufgabe gesammelten Informationen eine gültige statische IPv4 Konfiguration für einen zusätzlichen Netzteilnehmer an.

Hinweis: Es darf davon ausgegangen werden, dass der Router die größte nutzbare Adresse besitzt.

Netzadresse	Default Gateway
Broadcast-Adresse	Laptop-Adresse eth0



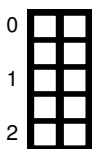
f)* Wie ließe sich validieren, dass die in Teilaufgabe e) gewählte IPv4-Adresse nicht mit der IPv4-Adresse eines anderen Teilnehmers kollidiert? (Begründung!)

```

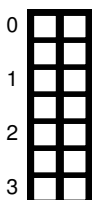
0x0000  33  33  00  01  00  02  52  54    00  07  47  13  86  dd  60  06
0x0010  62  d2  00  67  11  01  fe  80    00  00  00  00  00  00  0d  7e
0x0020  b9  f6  0d  46  86  2b  ff  02    00  00  00  00  00  00  00  00
0x0030  00  00  00  01  00  02  02  22    02  23  00  67  04  bd  01  ec
    
```

Abbildung 3.2: Beginn eines weiteren beobachteten Ethernet-Rahmens

Nach einer Weile kann der in Abbildung 3.2 dargestellte Ethernet-Rahmen beobachtet werden.



g)* Bestimmen Sie die verwendeten Protokolle auf den Schichten 3 und 4 im obigen Rahmen. (Begründung!)



h)* Geben Sie die auf den Schichten 2, 3 und 4 verwendeten Zieladressen in der jeweils üblichen Darstellung an. (Begründung!)

Aufgabe 4 NAT und Routing (18 Punkte)

Gegeben ist die Netztopologie aus Abbildung 4.1. PC1 und PC2 sind über den WLAN Access Point AP mit Router R1 verbunden, welcher Zugang zum Internet ermöglicht.

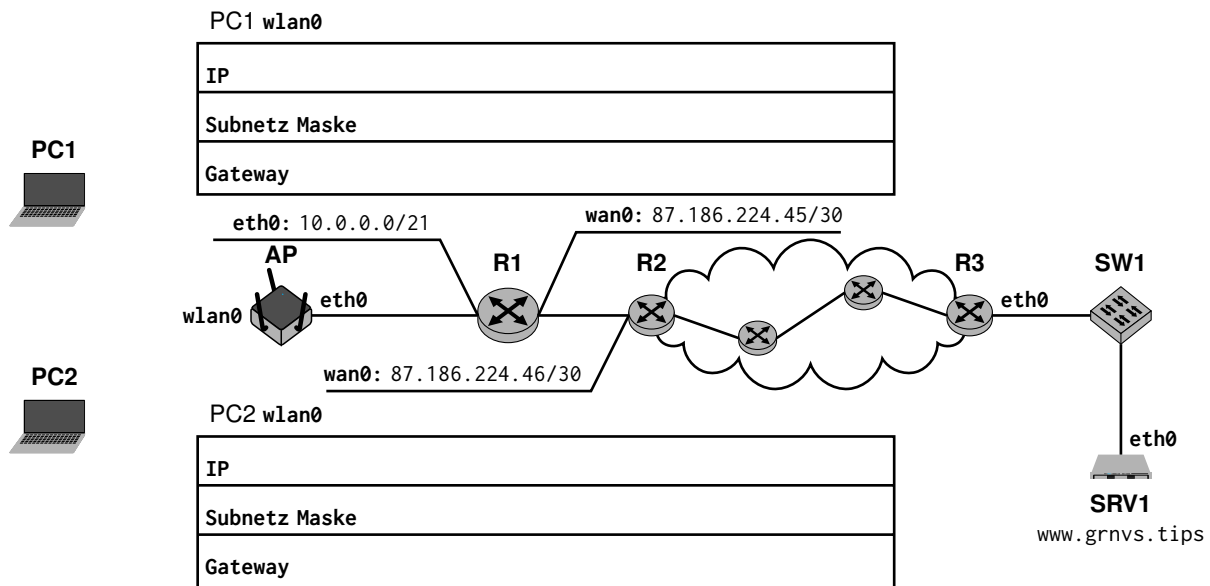


Abbildung 4.1: Netztopologie

a)* Begründen Sie, ob die Adresse 10.0.0.0 für das gegebene Präfix nutzbar ist. Falls nein, vergeben Sie an R1 eine sinnvolle Adresse im selben Netz.

0
1

b)* Bestimmen Sie die Netzadresse und Broadcastadresse des Netzwerks, in dem sich PC1, PC2 und R1 befinden.

0
1

c) Wie viele IP-Adressen stehen in diesem Netzwerk zur Adressierung von Geräten zur Verfügung? Geben Sie auch den Rechenweg an!

0
1

d) Weisen Sie PC1 und PC2 jeweils eine sinnvolle IP-Adresse, Subnetzmaske und Gateway-Adresse zu, so dass diese eine Verbindung zum Internet herstellen können. Tragen Sie die Werte direkt in Abbildung 4.1 ein. Beachten Sie eine eventuell abweichende IP von R1 aus Aufgabe a).

0
1
2

e)* Wie viele /21 Subnetze gibt es im Netz 10.0.0.0/8? Geben Sie auch den Rechenweg an!

0
1

0

 f)* Begründen Sie, weswegen R1 NAT unterstützen muss, damit PC1 und PC2 mit Hosts im Internet kommunizieren können.

1

--

0

 g)* Welche Informationen muss R1 mind. in seiner NAT-Tabelle vorhalten?

1

--

Im Folgenden kürzen wir IP- und MAC-Adressen nach folgendem Schema ab: <Gerätename> oder <Gerätename>.<Interface> wenn das Interface nicht eindeutig ist, z. B. PC1 oder R1.wan0. Beachten Sie zur Bearbeitung der beiden folgenden Teilaufgaben außerdem, dass sich zwischen R2 und R3 mehrere Router befinden. PC1 greift nun auf die Webseite <https://www.grnvs.tips> zu.

0

 h)* Ergänzen Sie für die Anfrage von PC1 an www.grnvs.tips die Headerfelder in den drei leeren Kästen in Abbildung 4.2. Sofern ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

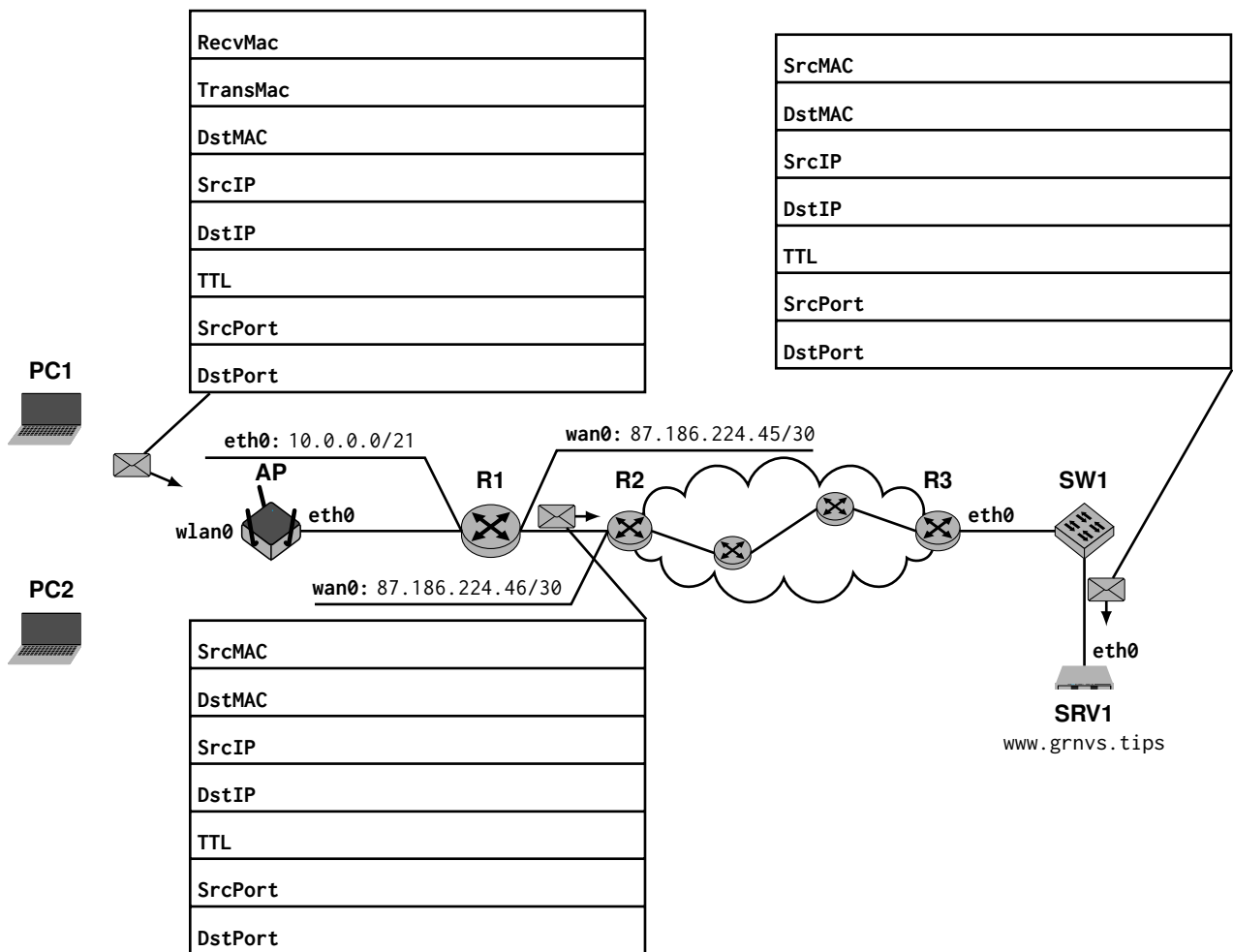


Abbildung 4.2: Netztopologie

i) Ergänzen Sie für die Antwort von `www.grnvs.tips` an PC1 die Headerfelder in den drei leeren Kästen in Abbildung 4.3. Sofern ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

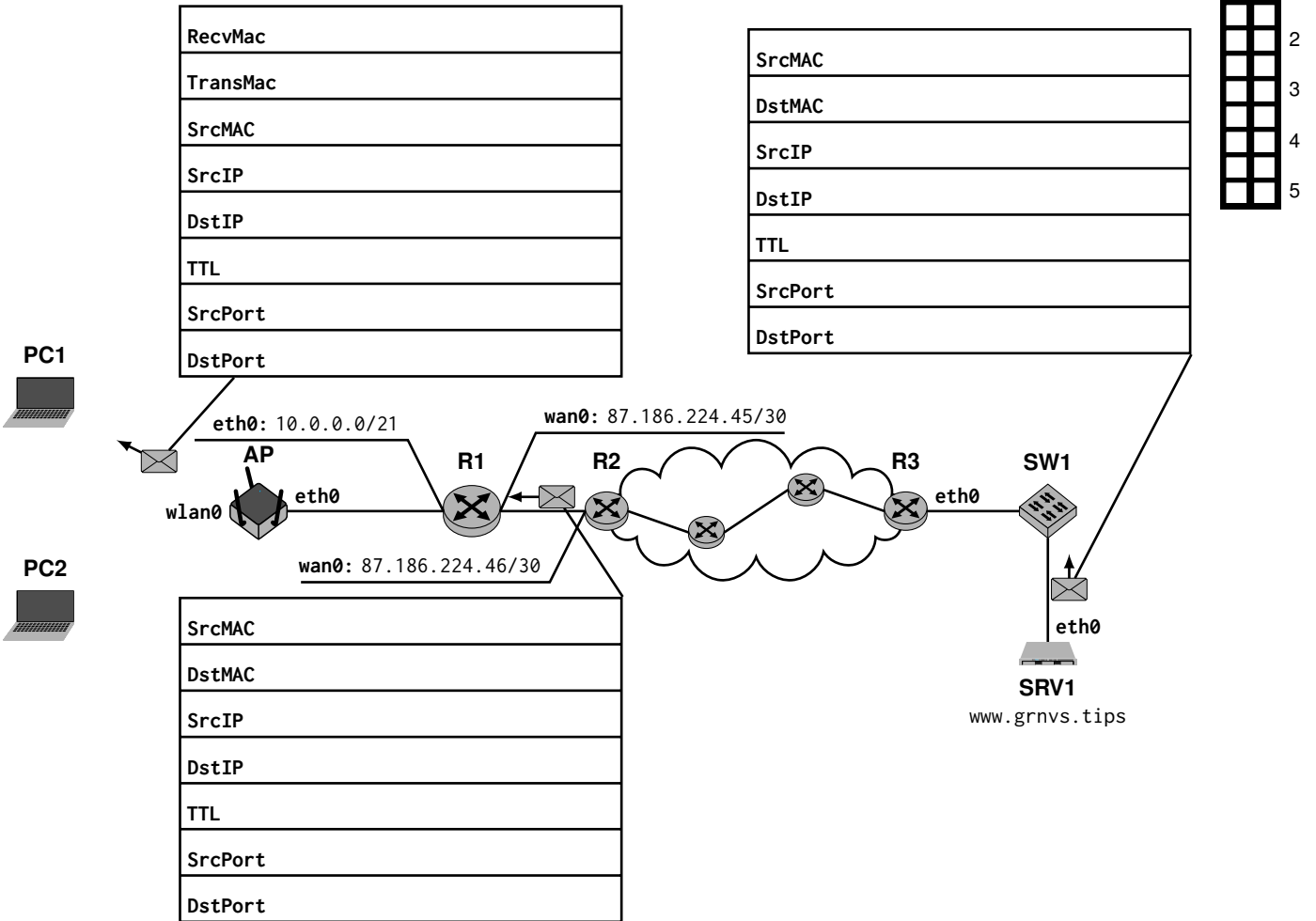



Abbildung 4.3: Netztopologie

Aufgabe 5 Verlustfreie Datenkompression (10.5 Punkte)

Um Ihre Internetleitung noch effizienter nutzen zu können und mehr Daten schneller zu übertragen, verwenden Sie eine verlustfreie Kompression: Einen Huffman-Code. Da Sie im Vorfeld nicht wissen, welche Daten übertragen werden sollen, orientieren Sie sich an den in der Vergangenheit übertragenen Daten und haben bereits Codewörter erlernt.

Gegeben ist das Alphabet $\mathcal{A} = \{I, L, Q, A, W, G, O, Y, U\}$ und folgende Tabelle mit den gelernten Codewörtern für jedes Zeichen $x \in \mathcal{A}$:


x	Codewort	x	Codewort
I	00	G	0111
L	10	O	0101
Q	110	Y	01001
A	111	U	01000
W	0110		


0  a)* Wie lang ist jedes Codewort, wenn sie statt dem Huffman-Code einen uniformen Code verwenden würden? Geben Sie auch den Rechenweg an!


1 


Sie wollen nun folgendes Wort (20 Zeichen) mit dem obigen Code komprimieren:

W I I A I Y L I G L Y W A L I Q L Q Q O

0  b)* Sei X die Zufallsvariable einer gedächtnislosen Quelle, die das Wort erzeugt hat. Leiten Sie aus der Menge der jeweiligen Zeichen die Auftrittswahrscheinlichkeit $P[X = x]$ für alle $x \in \mathcal{A}$ ab. Es reicht, die Wahrscheinlichkeit als gekürzten Bruch anzugeben.

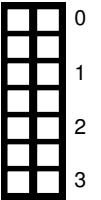
1 

2 

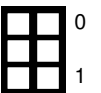
3 

x	$P[X = x]$	x	$P[X = x]$
I		G	
L		O	
Q		Y	
A		U	
W			

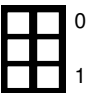
c) Wie groß ist die mittlere Codewortlänge, falls die Wahrscheinlichkeiten aus Teilaufgabe b) für die Quelle repräsentativ wären? Geben Sie einen nachvollziehbaren Rechenweg an.



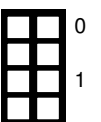
d) Die tatsächliche mittlere Codewortlänge beträgt 2,9 bit/Zeichen. Wieso unterscheidet sich dieser Wert von dem errechneten Wert aus Teilaufgabe c)?



e) Wie groß ist die erwartete Einsparung bei Kompression vieler Wörter dieser Quelle mit diesem Code im Vergleich zu einem uniformen Code? Geben Sie einen nachvollziehbaren Rechenweg an.



f)* Kodieren Sie die ersten 6 Zeichen des Wortes mit dem angegebenen Huffman-Code.



Aufgabe 6 IPv6 (20.5 Punkte)

Gegeben ist die Netzwerktopologie in Abbildung 6.1. 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.

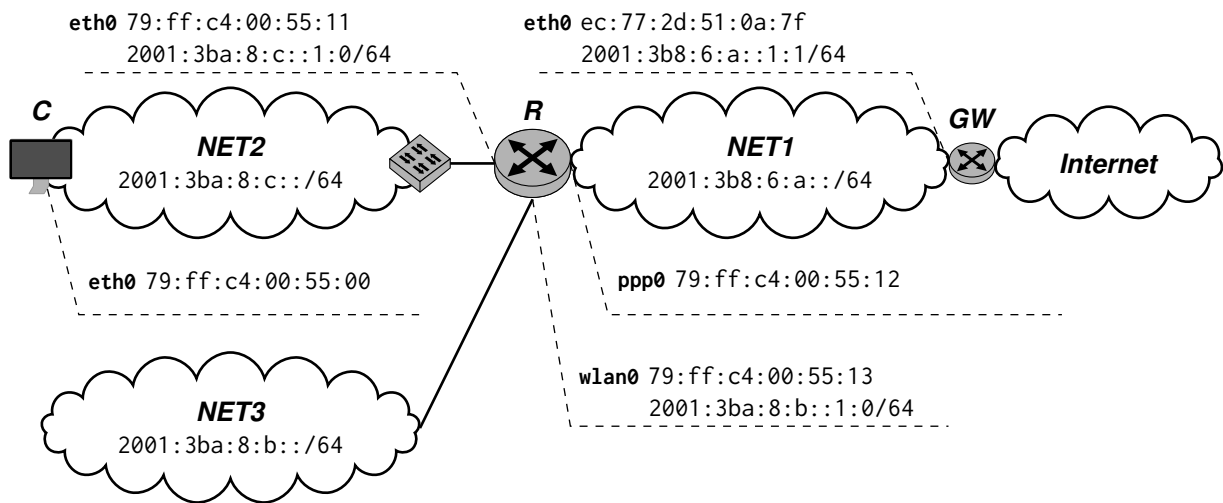










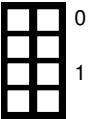
Abbildung 6.1: Topologie

0  a)* Welche IP-Adresse wird *R* am Interface *ppp0* durch SLAAC erhalten?
1 

0  b) Erläutern Sie woher die einzelnen Teile dieser IP-Adresse stammen.
1 
2 

0  c)* Zeigen Sie, dass *NET2* und *NET3* auf *GW* nicht aggregiert werden können.
1 
2 

d)* Tragen Sie die üblichen Spaltennamen in der Routingtabelle 6.1 ein.



e) Vervollständigen Sie die Routingtabelle 6.1 für *R*, sodass die angeschlossenen Netze das Internet erreichen und von dort erreicht werden können. Aggregieren Sie soweit möglich.

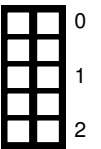
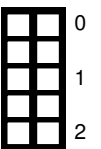


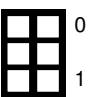
Tabelle 6.1: Routingtabelle auf *R*

f) Argumentieren Sie, wohin Router *R* ein Paket mit der Zieladresse `fe80::5:7:ff:fe42:3899` weiterleitet.



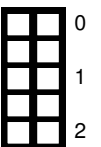
Client *C* ist nicht IPv6-fähig. Um Kommunikation zwischen *C* und dem Internet zuzulassen, hat der Netzadministrator *R* am Interface `eth0` lediglich die IPv4-Adresse `10.1.0.10/24` zugewiesen.

g)* Mit welchem Verfahren könnte man *C* eine IPv4-Adresse aus diesem Netz automatisch zuweisen?

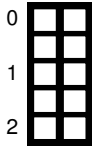


Der Netzadministrator weißt nun *C* manuell die IP-Adresse `10.1.0.11/24` zu und setzt das Default-Gateway von *C* auf die IPv4-Adresse von Interface `eth0` auf *R*.

h)* Argumentieren Sie, ob *C* nun mit dem Internet kommunizieren kann.



Um einige Probleme zu lösen, versucht der Netzadministrator einen Mapping-Mechanismus von IPv4 zu IPv6 zu installieren. Dieser soll die Kommunikation zwischen für IPv4 und IPv6 konfigurierten Geräten ermöglichen. Um Client *C* vom Internet aus erreichbar zu machen, wird für Client *C* eine virtuelle IPv6-Adresse generiert. Diese besteht aus dem IPv6-Präfix des Netzes, in welchem sich *C* befindet, wobei die niederwertigen Bits gleich der IPv4-Adresse gesetzt werden.



i)* Geben Sie die so generierte virtuelle IPv6-Adresse von *C* an und argumentieren Sie, wieso diese Adresse sinnvoll gewählt ist. Benutzen Sie die für IPv6-Adressen übliche Notationsweise.

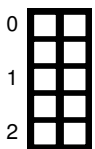
Der Mapping-Mechanismus funktioniert nun und eingehende Pakete an die virtuelle IPv6-Adresse werden korrekt in IPv4-Pakete übersetzt.



j)* Ein Server *S* befindet sich im Internet. Kann *S* eine Nachricht an *C* senden?



k) Was muss in Router *R* passieren, damit eine bidirektionale Kommunikation zwischen *S* und *C* möglich ist?



l) Client *C* möchte nun einen Steuerbefehl an eine Drohne mit der IP Adresse `2001:db8:1:c::c1a7:19f0` senden, welche per WLAN durch *NET3* mit *R* verbunden ist. Erklären Sie, zu welchen Problemen es bei der Kommunikation kommen kann und wie diese vom Netzadministrator behoben werden können. Der Drohne eine IPv4-Adresse zu geben, ist leider nicht möglich.



m) Um das Problem zu lösen, legt der Administor eine Mapping-Tabelle in *R* an. Tragen Sie in Tabelle 6.2 alle Mappings ein, um eine reibungslose Kommunikation zwischen *C* und der Drohne zu ermöglichen.

IPv6-Adresse	IPv4-Adresse

Tabelle 6.2: IPv6-zu-IPv4 Mapping-Tabelle auf *R*

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

