

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

Datum: Freitag, 6. Oktober 2017

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Uhrzeit: 13:30 – 15:00

| | A 1 | A 2 | A 3 | A 4 | A 5 | A 6 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |

Bearbeitungshinweise

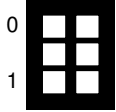
- Diese Klausur umfasst
 - **16 Seiten** mit insgesamt **6 Aufgaben** sowie
 - eine beidseitig bedruckte **Formelsammlung**.

Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.

- Das Heraustrennen von Seiten aus der Prüfung ist untersagt.
- 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.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Prüfung beträgt 90 Punkte.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
 - ein **analoges Wörterbuch** Deutsch ↔ Muttersprache **ohne Anmerkungen**
- Schalten Sie alle mitgeführten elektronischen Geräte vollständig aus, verstauen Sie diese in Ihrer Tasche und verschließen Sie diese.

Aufgabe 1 Kurzaufgaben (17 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.



a)* Streichen Sie **alle** Begriffe, welche **nicht** eine Schicht des ISO/OSI-Modells bezeichnen.

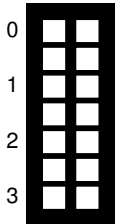
TCP/IP-Schicht



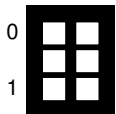
Verschlüsselungsschicht

Sicherheitsschicht

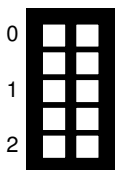
Benutzerschicht



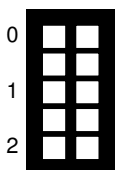
b)* Erklären Sie detailliert die Funktionsweise von Traceroute.



c)* Wozu dient ARP?

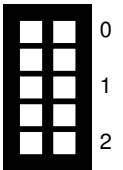


d)* Erläutern Sie den Unterschied zwischen Abtastung und Quantisierung.

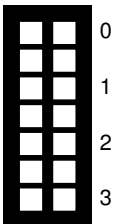


e)* Erläutern Sie den Unterschied zwischen einem Resolver und einem Nameserver.

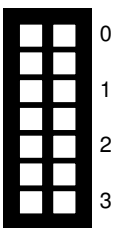
f)* Erläutern sie das Medienzugriffsverfahren Token Passing.



g)* Fassen Sie die 5 Netzbereiche 203.0.113.208/29, 203.0.113.216/29, 203.0.113.192/28, 203.0.113.224/29 und 203.0.113.160/27 soweit wie möglich zusammen, ohne dabei zusätzliche Netzbereiche einzuschließen.



h)* Gegeben sei die nachfolgend abgebildete Netztopologie. G stellt den von Ihrem Provider bereitgestellten Router dar (z. B. eine FritzBox!). Da Sie lieber einen eigenen Router nutzen würden, aber Ihr Provider sich weigert, Ihnen die Zugangsdaten bereitzustellen, installieren Sie kurzerhand einen eigenen Router R direkt hinter G.



Auf R konfigurieren Sie die private IP von G als Default Gateway. Weitere Konfigurationen werden nicht vorgenommen.

Im Anschluss können Sie von R aus Hosts im Internet erreichen. Ein hinter R angeschlossener Client im lokalen Netz, welcher R als Default Gateway nutzt, kann jedoch keine Verbindung zu Hosts im Internet aufbauen. Erklären Sie das Problem.



Aufgabe 2 NAT und statisches Routing (13 Punkte)

Gegeben sei die Netztopologie aus Abbildung 2.1. PC1 und PC2 sind Teil eines privaten Netzes, welches über R1 an das Internet angebunden ist. PC1 sendet eine Nachricht an den Server SRV1. Die Abbildung zeigt relevante Headerteile dieser Nachricht an drei unterschiedlichen Stellen im Netz.

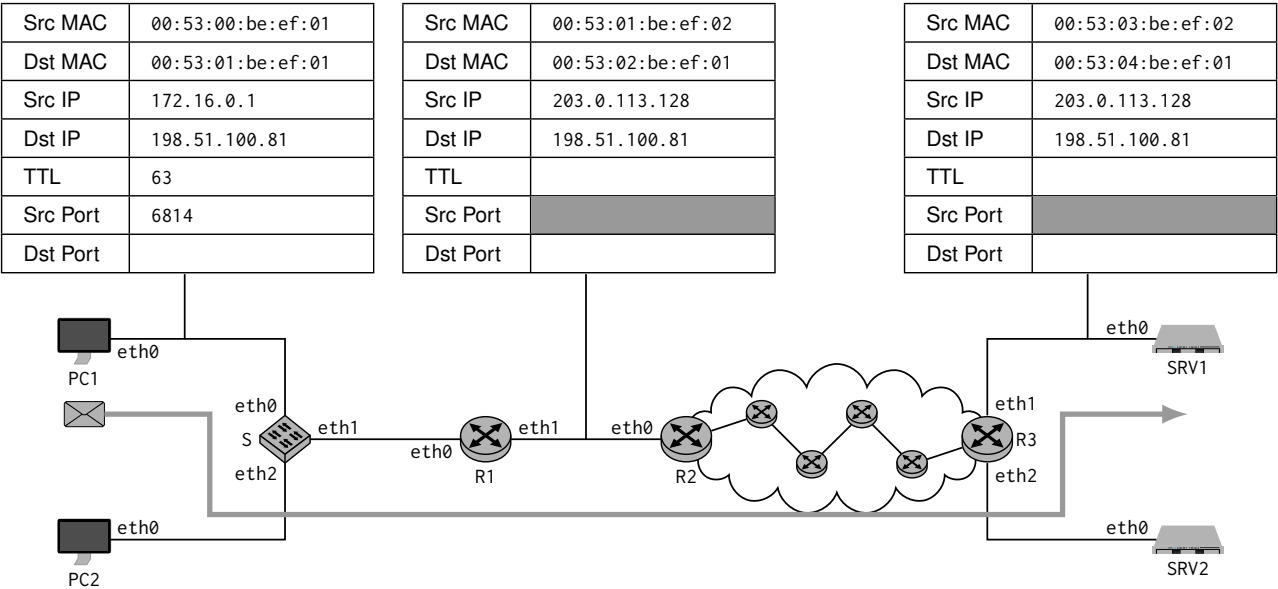


Abbildung 2.1: Netztopologie (ausgegraute Felder müssen nicht ausgefüllt werden)

0

1

2

3

4

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

a)* Bestimmen Sie die L2- und L3-Adressen der Geräte in Abbildung 2.1. Tragen Sie die entsprechenden Adressen vollständig in der untenstehenden Tabelle ein. Adressen, die nicht aus Abbildung 2.1 hervorgehen, markieren Sie durch einen Strich (—).

| L2-Adressen | | L3-Adressen | |
|-------------|--|-------------|--|
| PC1.eth0 | | PC1.eth0 | |
| S.eth0 | | S.eth0 | |
| S.eth1 | | S.eth1 | |
| R1.eth0 | | R1.eth0 | |
| R1.eth1 | | R1.eth1 | |
| R2.eth0 | | R2.eth0 | |
| R3.eth1 | | R3.eth1 | |
| SRV1.eth0 | | SRV1.eth0 | |

0

1

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |

b)* Vervollständigen Sie die Time-to-Live in Abbildung 2.1.

0

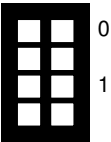
1

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |

c)* Vervollständigen Sie den Destination Port in Abbildung 2.1 unter der Annahme, dass PC1 mit der gesendeten Nachricht eine verschlüsselte Verbindung zu einer Webseite auf SRV1 aufzubauen versucht.

Tabelle 2.1 zeigt den Inhalt der NAT-Tabelle von R1 **vor** dem Verbindungsversuch durch PC1.

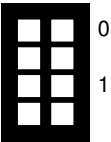
d)* Ergänzen Sie die Tabelle um den entstehenden Eintrag, sobald PC1 das erste Paket an SRV1 sendet.
Hinweis: Werfen Sie noch mal einen Blick auf Abbildung 2.1. Sollte ein Eintrag nicht eindeutig bestimmt sein, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.



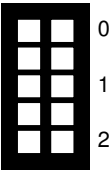
| Private IP | Privater Src Port | Öffentlicher Src Port |
|------------|-------------------|-----------------------|
| 172.16.0.2 | 6812 | 6812 |
| 172.16.0.2 | 6813 | 6813 |
| 172.16.0.2 | 6814 | 6814 |

Tabelle 2.1: NAT-Tabelle von R1

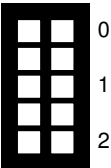
e) Geben Sie Ziel-IP, Quell-Port und Ziel-Port der Antwort von SRV1 an.
Hinweis: Sollte ein Wert nicht eindeutig bestimmt sein, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.



f) Erläutern Sie im Detail, wie R1 unterscheidet, ob die Antwort für PC1 oder PC2 bestimmt ist.



g) Erläutern Sie im Detail, welche Modifikationen R1 an der Antwort von SRV1 vornehmen muss.
(Angabe konkreter Werte sofern eindeutig bestimmt)



Aufgabe 3 Dynamisches Routing (19 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 3.1 dargestellte Netzwerk. Als Routingprotokoll werde RIP verwendet. Die Tabellen neben / oberhalb der Router stellen die Routingtabelle des jeweiligen Routers dar. Dabei stehen **Dst** für den jeweiligen Ziel-Router, **NH** für den jeweiligen NextHop und **Cost** für die Kosten zum jeweiligen Ziel.

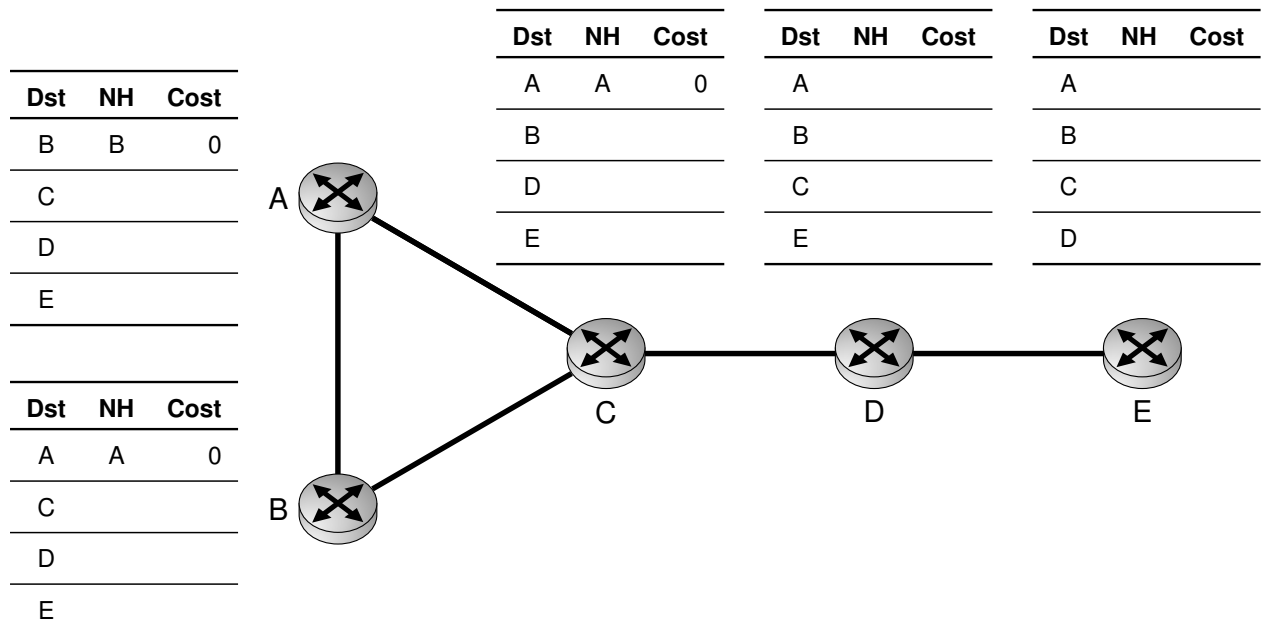


Abbildung 3.1: Topologie

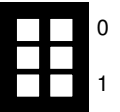
a)* Welche Metrik verwendet RIP? (Ohne Begründung)

b)* RIP ist ein Distanz-Vektor-Protokoll. Erläutern Sie den Unterschied zu Link-State-Protokollen.

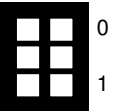
c)* RIP gehört zur Klasse der Interior-Gateway-Protokolle. Erläutern Sie den Unterschied zu Exterior-Gateway-Protokollen.

d)* Inwiefern sind Netzwerke, deren Router ausschließlich RIP als Routingprotokoll verwenden, in der Größe beschränkt?

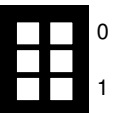
e)* Welche Information enthalten Routingupdates bei RIP?



f)* Begründen Sie, ob RIP stets die kürzeste Route (im Sinn zwischen Quelle und Ziel liegender Router) wählt.

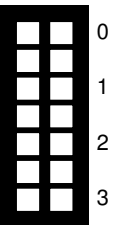


g)* Begründen Sie, ob RIP stets die schnellste Route (im Sinn von Übertragungsrate) zu einem Ziel wählt.

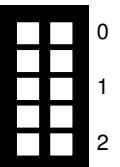


h) Vervollständigen Sie die Routingtabellen der Router in Abbildung 3.1 (ohne Angabe von Zwischenschritten), so dass ein Netzwerk kürzester Pfade gemäß der Metrik von RIP entsteht.

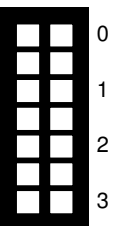
Es falle nun der Link zwischen Router D und E aus. Router D bemerkt den Ausfall offensichtlich sofort. Beantworten Sie die nachfolgenden Fragen in der gegebenen Reihenfolge.



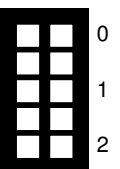
i) Router D sendet ein periodisches Update. Beschreiben Sie die Auswirkungen auf die Router A, B und C.



j) Router A sendet nun ein periodisches Update. Beschreiben Sie die Auswirkungen auf die Router B, C und D.



k) Beschreiben Sie das auftretende Problem sowie dessen Lösung.



Aufgabe 4 Huffman (22 Punkte)

In dieser Aufgabe betrachten wir eine vereinfachte Version des ITU T.30 Protokolls, bekannt als Telefax. Dieses verwendet eine Kombination aus Lauflängenkodierung (RLE) und Huffman-Code. Die Lauflängenkodierung soll beginnend bei „weiß“ abwechselnd die Anzahl der weißen und schwarzen Pixel angeben. Wir betrachten zunächst die Pixelgrafik in Abbildung 4.1.

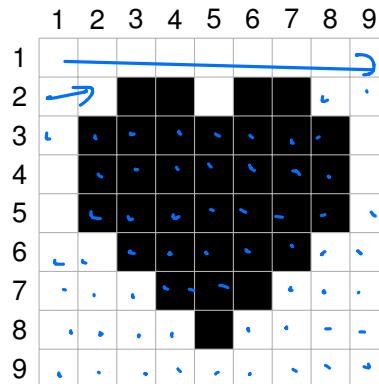
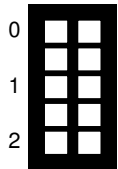


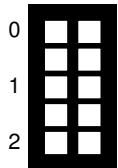
Abbildung 4.1: Pixelgrafik

RLE → Huffman-Code



a)* Bestimmen Sie das Ergebnis der Lauflängenkodierung.

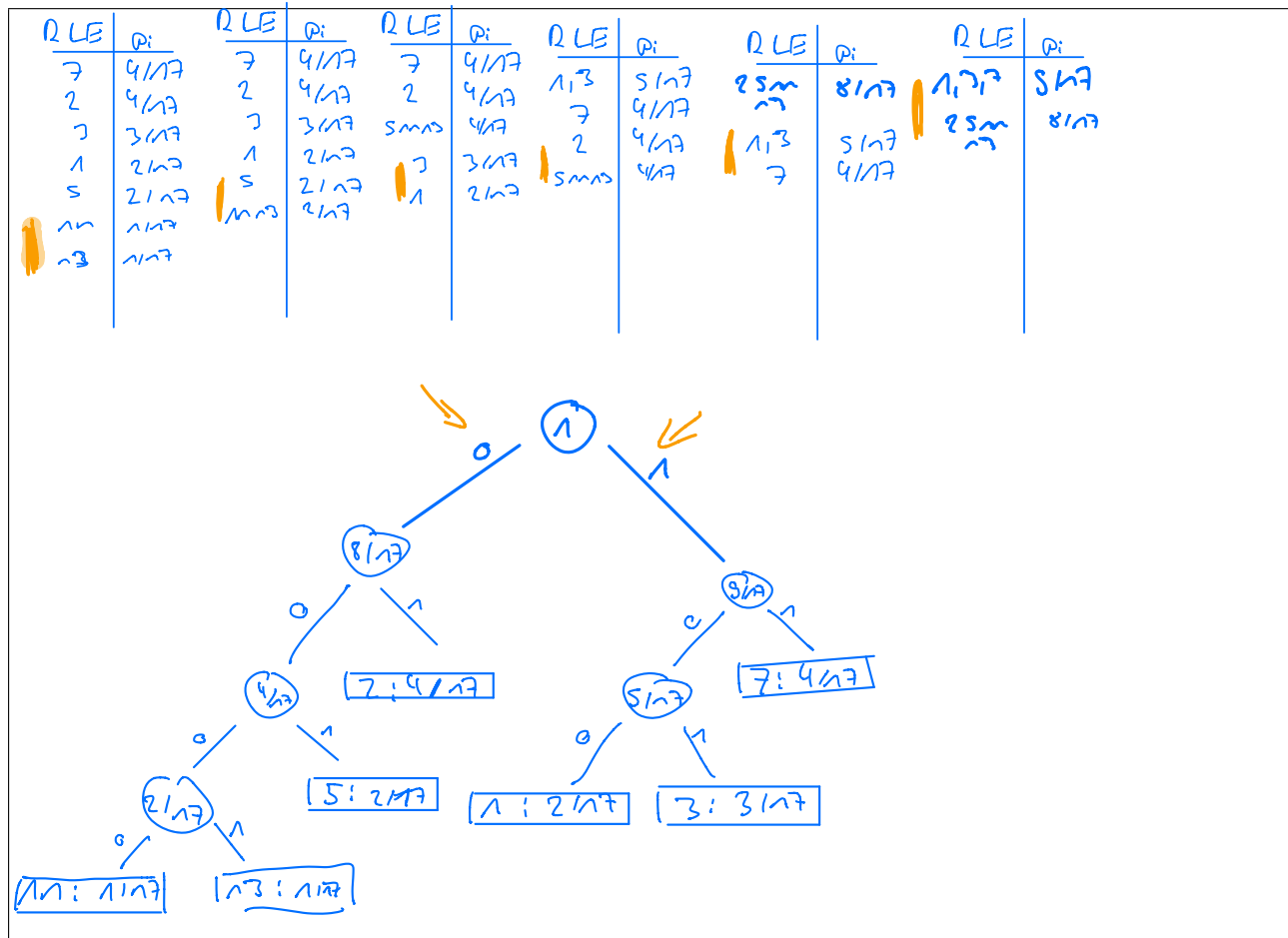
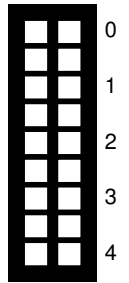
11, 2, 1, 2, 3, 7, 2, 7, 2, 7, 3, 5, 5, 3, 7, 1, 13



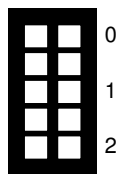
b) Bestimmen Sie die Auftrittswahrscheinlichkeiten p_i , der einzelnen RLE-Codewörter.

| RLE | p_i |
|-----|-------|
| 1 | 2/17 |
| 2 | 4/17 |
| 3 | 3/17 |
| 5 | 2/17 |
| 7 | 4/17 |
| 11 | 1/17 |
| 13 | 1/17 |

c) Erstellen Sie einen passenden binären Huffman-Code. Beschriften Sie die Blätter mit den entsprechenden RLE-Codewörtern, **alle** Knoten mit den entsprechenden Wahrscheinlichkeiten und weisen Sie den Kanten passende Abschnitte der Huffman-Codewörter zu.



d) Erstellen Sie ein Codebuch für den Huffman-Code.

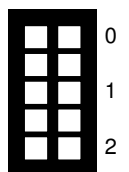


| RLE | Huffman |
|-----|---------|
| 1 | 1000 |
| 2 | 01 |
| 3 | 101 |
| 5 | 001 |
| 7 | 11 |
| 11 | 0000 |
| 13 | 0001 |

⇒ Der Huffman Code ist immer präfixfrei!

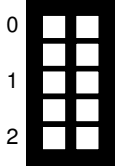
⇒ Decodierung Greedy (Cheese Zeit) machen.

e) Kodieren Sie die Pixelgrafik mit dem erstellten Huffman-Code.



11, 2, 1, 2, 3, 7, 2, 7, 2, 7, 3, 5, 5, 3, 7, 1, 13

0000 01 100 01 101 11 01 1101 11 001 001 101 11 100 0001



f) Bestimmen Sie den Kompressionsfaktor gegenüber einer direkten Übertragung, bei der jedes Pixel mit 1 bit („schwarz“ oder „weiß“) übertragen wird.

$$\frac{|\text{bits ohne codierung}|}{|\text{bits mit codierung}|} = \frac{8 \cdot 6.4}{45 \cdot 6.4} = \frac{9}{5} = 1.8$$

Wir betrachten nun im Folgenden den Huffman Baum aus Abbildung 4.2. Wir gehen davon aus, dass dieser benutzt wird, um eine gedächtnislose Quelle mit dem Alphabet $\mathcal{A} = \{a, b, c\}$ zu kodieren. Die Auftretswahrscheinlichkeiten p_i der Zeichen $i \in \mathcal{A}$ sind ebenfalls in der Abbildung eingezeichnet.

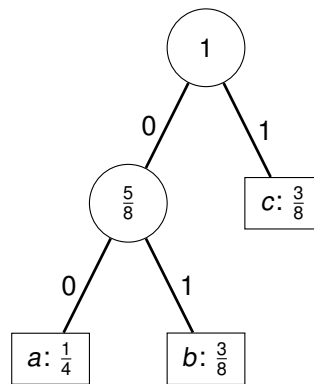
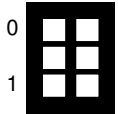
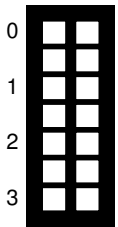


Abbildung 4.2: Huffman Baum



g)* Begründen Sie, wieviel bit ein uniformer Code durchschnittlich zur Kodierung eines Zeichens benötigt.

$$\lceil \log_2(3) \rceil = 2 \text{ bit}$$



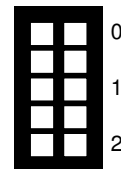
h)* Bestimmen Sie den Informationsgehalt $I(p_i)$ der Zeichen $i \in \mathcal{A}$

Hinweis: Alle Ergebnisse sind vollständig auszurechnen. Nutzen Sie ggf. die Plots am Cheatsheet zur Bestimmung von Zahlenwerten.

i) Bestimmen Sie die Entropie der Quelle.

Hinweis: Alle Ergebnisse sind vollständig auszurechnen.

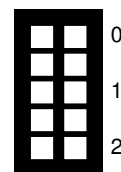
$$H(x) = 1,55 \text{ bit}$$



j)* Bestimmen Sie die durchschnittliche Huffman-Codewortlänge.

Hinweis: Alle Ergebnisse sind vollständig auszurechnen.

$$\bar{L} = 1,625 \text{ bit}$$



Aufgabe 5 Wireshark (12 Punkte)

Gegeben sei das Netzwerk aus Abbildung 5.1. PC1 und PC2 sind über den Ethernet-Switch S mit Router R verbunden.

Srv sende nun ein Paket an PC1. Der betreffende Ethernet-Rahmen werde unmittelbar nach dem Ethernet-Interface von Srv abgegriffen und ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

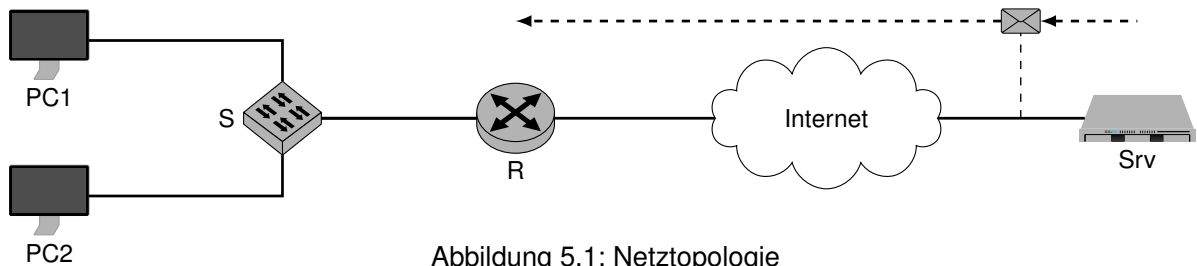


Abbildung 5.1: Netztopologie

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0x000 | f8 | 63 | 3f | 16 | e7 | 6b | 58 | 23 | 8c | 26 | b2 | 44 | 86 | dd | 60 | 00 |
| 0x010 | 00 | 00 | 00 | 40 | 3a | 38 | 2a | 01 | 04 | f8 | 0d | 16 | 19 | 43 | 00 | 00 |
| 0x020 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 02 | 20 | 01 | 4c | 50 | 04 | ac | 9e | 00 | fa | 63 |
| 0x030 | 3f | ff | fe | 16 | e7 | 6b | 81 | 00 | 20 | e3 | 52 | cf | 00 | 0e | 0d | ba |
| 0x040 | d0 | 59 | 00 | 00 | 00 | 00 | e3 | a5 | 06 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 10 | 11 |
| 0x050 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 1a | 1b | 1c | 1d | 1e | 1f | 20 | 21 |
| 0x060 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 2a | 2b | 2c | 2d | 2e | 2f | 30 | 31 |
| 0x070 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 89 | a7 | 1f | fe | | | | | | |

Abbildung 5.2: Ethernet-Rahmen zwischen Srv und R inkl. Checksumme

Zu allen Teilaufgaben ist eine kurze Begründung anzugeben, z.B. Angabe oder Markierung des betreffenden Headerfelds, Hinweis auf die Bedeutung des jeweiligen Felds, etwaige Skalierung von Feldern etc.

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

0



a)* Markieren und beschriften Sie alle Felder von Schicht 2 in Abbildung 5.2.

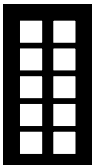
1

b)* Bestimmen Sie die L2-Adressen der Geräte aus Abbildung 5.1, soweit diese aus dem L2-Header hervorgehen.

0

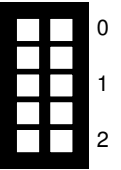


0

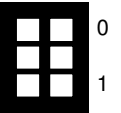


c)* Der Ethertype ist 0x86dd, das IP-Versions-Feld weist auf IPv6 hin. Begründen Sie, weswegen alleine aus dem Versions-Feld ohne Kenntnis des Ethertypes nicht auf IPv6 geschlossen werden kann.

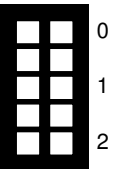
d) Bestimmen Sie die Quell- und Zieladresse auf Schicht 3 des Pakets in ihrer üblichen Schreibweise.



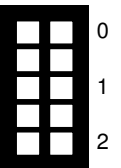
e) Begründen Sie, ob die Zieladresse aus Teilaufgabe d) die Adresse von PC1, S oder R ist.



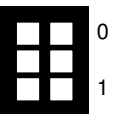
f) Bestimmen Sie die Länge des L3-Headers einschließlich evtl. Optionen oder Extension Header.



g) Bestimmen Sie die Gesamtlänge des Pakets, d. h. Header der Schicht 3 inkl. Payload.



h)* Angenommen das Paket von Srv an PC1 ist ein ICMP Echo Reply. Auf PC1 laufen zwei Instanzen einer Anwendung, die ein solches von Srv gesendetes Paket erwarten. Wie wird unterschieden, für welche der beiden Instanzen das Paket bestimmt ist?



Aufgabe 6 CRC (7 Punkte)

Gegeben sei das CRC-Polynom $x^2 + x$ sowie die binäre Nachricht $m = 00110001$.

a)* Geben Sie das CRC-Polynom in binärer Schreibweise an.

$$r(x) = x^2 + x = 110$$

$$\deg(r(x)) = 2$$

b) Bestimmen Sie die zu m passende Checksumme.

$$\begin{array}{r} 0011000100 : 110 = \dots R 10 \\ \oplus 110 \\ \hline 00000100 \\ \oplus 110 \\ \hline 010 \end{array}$$

Checksumme: 10

c) Geben Sie die gesicherte Bitfolge an, die übertragen wird. $m = 00110001$

$$\begin{array}{r} N: 0011000100 \\ C: \quad \quad \quad 10 \\ \hline 0011000110 \end{array}$$

d)* Erläutern Sie, was in Teilaufgabe c) „gesichert“ bedeutet.

„Gesichert“ bedeutet durch die Fehlererkennung CRC können Bitfehler bei der Übertragung der gesicherten Nachricht festgestellt werden, in dem deren Rest ungleich 0 ist. \Rightarrow Fehler können nicht korrigiert werden.

This image shows a full page of blank graph paper. The background is a very light gray, and it is covered by a precise grid of thin, darker gray lines. The grid consists of small, equal-sized squares that extend across the entire area of the page, providing a standard template for technical drawing or mathematics. There are no margins, text, or other markings present.

