



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: Freitag, 15. Oktober 2021

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Uhrzeit: 11:30 – 13:00

Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **16 Seiten** mit insgesamt **5 Aufgaben**.
Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Prüfung beträgt 90.5 Punkte.
- Das Heraustrennen von Seiten aus der Prüfung ist untersagt.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
 - Der vom Lehrstuhl bereitgestellte Cheatsheet
 - 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 (13 Punkte)

Die folgenden Aufgaben 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 0,5 Punkten pro richtigem Kreuz und $-0,5$ Punkten pro falschem Kreuz bewertet. 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)* Kreuzen Sie zutreffende Eigenschaften des Informationsgehalts einer gedächtnislosen Quelle an:

- Der Informationsgehalt eines vorhersagbaren Zeichens beträgt 0 bit.
- Der Informationsgehalt ist genau dann maximal, wenn jedes der insgesamt N Zeichen mit Wahrscheinlichkeit $1/N$ auftritt.
- Je häufiger ein Zeichen auftritt, desto höher ist sein Informationsgehalt.
- Der Informationsgehalt einer Zeichenkette ist das Produkt der Informationsgehalte der einzelnen Zeichen.

b)* Gegeben seien der Rechtecksimpuls $s_1(t)$ sowie der \cos^2 -Impuls $s_2(t)$. Abbildung 1.1 zeigt vier verschiedene Spektren. Welche Aussagen sind zutreffend?

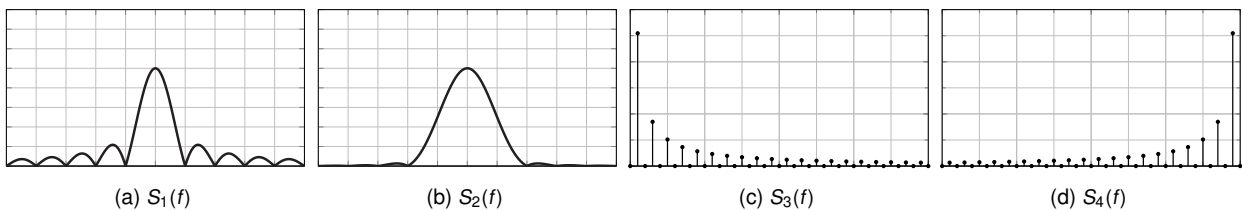


Abbildung 1.1: Spektren

- | | | | |
|--|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> $s_1(t) \leftrightarrow S_1(f)$ | <input type="checkbox"/> $s_1(t) \leftrightarrow S_4(f)$ | <input type="checkbox"/> $s_1(t) \leftrightarrow S_2(f)$ | <input type="checkbox"/> $s_1(t) \leftrightarrow S_3(f)$ |
| <input type="checkbox"/> $s_2(t) \leftrightarrow S_4(f)$ | <input type="checkbox"/> $s_2(t) \leftrightarrow S_3(f)$ | <input type="checkbox"/> $s_2(t) \leftrightarrow S_2(f)$ | <input type="checkbox"/> $s_2(t) \leftrightarrow S_1(f)$ |

c)* Welche Umrechnungen sind für 1 000 000 bit zutreffend?

- | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 MB | <input type="checkbox"/> 128 KiB | <input type="checkbox"/> 100 KiB | <input type="checkbox"/> 1 mbit |
| <input type="checkbox"/> 125 kB | <input type="checkbox"/> 1 MiB | <input type="checkbox"/> 1 Mibit | <input type="checkbox"/> 1000 kbit |

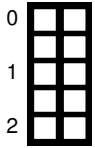
d)* Der Syscall `select()` ...

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> blockiert, bis mind. ein Socket bereit wird oder (falls angegeben) ein Timeout auftritt. | <input type="checkbox"/> überwacht eine Menge von Sockets. |
| <input type="checkbox"/> erzeugt einen neuen Socket. | <input type="checkbox"/> ist nur für TCP Sockets sinnvoll verwendbar. |
| | <input type="checkbox"/> wählt einen Socket zur Übertragung aus. |

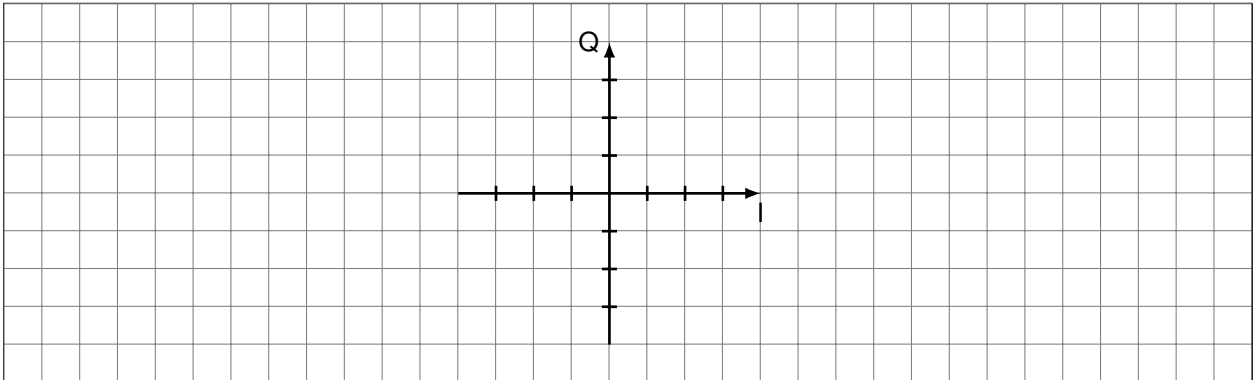
Aufgabe 2 Kurzaufgaben (16.5 Punkte)



a)* Erklären Sie kurz die Aufgaben der Kanalkodierung.



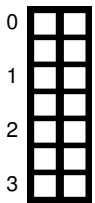
b)* Zeichnen Sie in untenstehendes Diagramm eine sinnvolle Signalraumzuordnung für QAM, die **unmissverständlich nicht** mit einem anderen Modulationsverfahren verwechselt werden kann. Achten Sie dabei auf eine ausreichende und sinnvolle Menge an Signalraumpunkten!



c)* Erläutern Sie kurz inwieweit sich Simplex und Half-Duplex unterscheiden.



d)* Nennen Sie einen Vorteil der Paketvermittlung gegenüber der Nachrichtenvermittlung.



e)* Aus der Vorlesung ist der Ausdruck

$$T_{PV} = \underbrace{\frac{1}{r} \left(\left\lceil \frac{L}{p_{\max}} \right\rceil \cdot L_h + L \right)}_{(1)} + \underbrace{\frac{d}{v c_0}}_{(2)} + \underbrace{n \cdot \frac{L_h + p_{\max}}{r}}_{(3)} \quad (2.1)$$

zur Berechnung der Übertragungszeit bei Paketvermittlung bekannt. Erläutern Sie kurz die drei Summanden. **Hinweis:** Es ist **nicht** nach der Bedeutung der einzelnen Variablen gefragt.

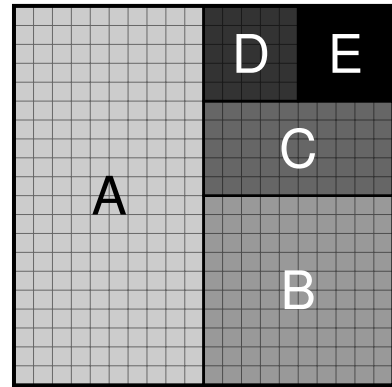
(1)

(2)

(3)

f)* Aus der Vorlesung ist die nebenstehende Abbildung zu den IPv4-Adressklassen bekannt. Geben Sie zu jeder Klasse die jeweils erste IP-Adresse an.

A
 B
 C
 D
 E



	0
	1
	2

g)* Worin besteht die Aufgabe der TCP-Staukontrolle?

	0
	1

h)* Welches Problem tritt bei NAT auf, wenn ein *ICMP Echo Reply* empfangen wird, und wie wird dieses gelöst?

	0
	1
	2

i)* Welches Problem tritt bei NAT auf, wenn ein *ICMP Destination Unreachable / Time Exceeded in Transit* empfangen wird, und wie wird dieses gelöst?

	0
	1
	2
	3

Aufgabe 3 Kompression von Daten (22 Punkte)

In dieser Aufgabe wird eine vereinfachte Version des ITU T.30-Protokolls, besser bekannt als Telefax („Fax“) betrachtet. Abbildung 3.1 stellt einen 9×45 Pixel großen Ausschnitt einer Seite dar, welche per Fax übertragen werden soll.

Eine einfache Möglichkeit besteht darin, schwarze Pixel durch eine logische 0 und weiße Pixel durch eine logische 1 zu kodieren. Wir bezeichnen diese Art der Kodierung im Folgenden als *einfachen Code*.

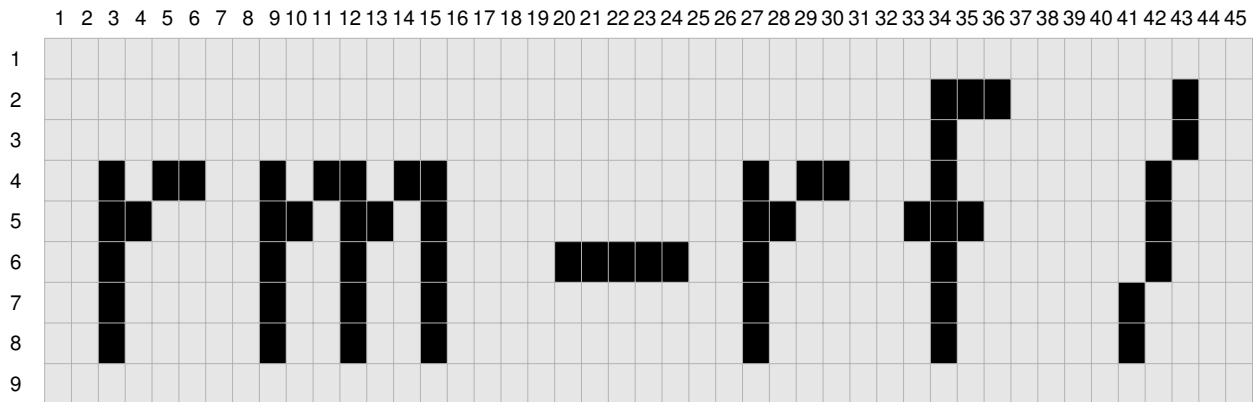

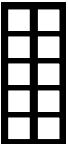



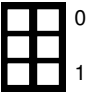
Abbildung 3.1: Ausschnitt einer schwarz/weißen Telefaxseite. Die Zahlen am linken Rand geben die Zeilennummer an, die Zahlen am oberen Rand die Spaltennummer.

0  a)* Berechnen Sie die Länge der zu übertragenden Daten in bit, wenn der Seitenausschnitt mit diesem einfachen Code kodiert wird.

0  b) Bestimmen Sie den Informationsgehalt der beiden verwendeten Codewörter.
Hinweis: Der Seitenausschnitt besteht aus 58 schwarzen Pixeln.

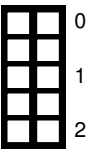
0  c) Bestimmen Sie die Entropie des Seitenausschnitts.

d) Was lässt sich hinsichtlich der Datenkompression aus dem Ergebnis von Teilaufgabe c) folgern?

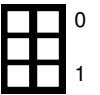


Zur verlustfreien Kompression verwendet ITU T.30 eine Kombination aus Lauflängenkodierung (engl. Run Length Encoding, RLE) und anschließender Huffman-Kodierung. Hierzu werden zunächst zeilenweise die Anzahl gleichfarbiger aufeinanderfolgender Pixel zusammen mit dem jeweiligen Farbwert (schwarz oder weiß) kodiert, beispielsweise 3w bzw. 4s für drei aufeinanderfolgende weiße bzw. vier aufeinanderfolgende schwarze Pixel.

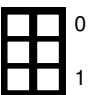
e)* Geben Sie die **zweite** Zeile des Seitenausschnitts in Abbildung 3.1 laulängenkodiert im Lösungsfeld unterhalb von Abbildung 3.1 (siehe Seite 6) an.



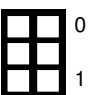
f)* Der Huffman-Code ist ein sogenannter präfixfreier Code. Erläutern Sie, was man darunter versteht.



g) Inwiefern erleichtert die Verwendung präfixfreier Codes die Dekompression?



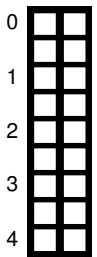
h)* Erläutern Sie, was man unter verlustfreier Kompression versteht.



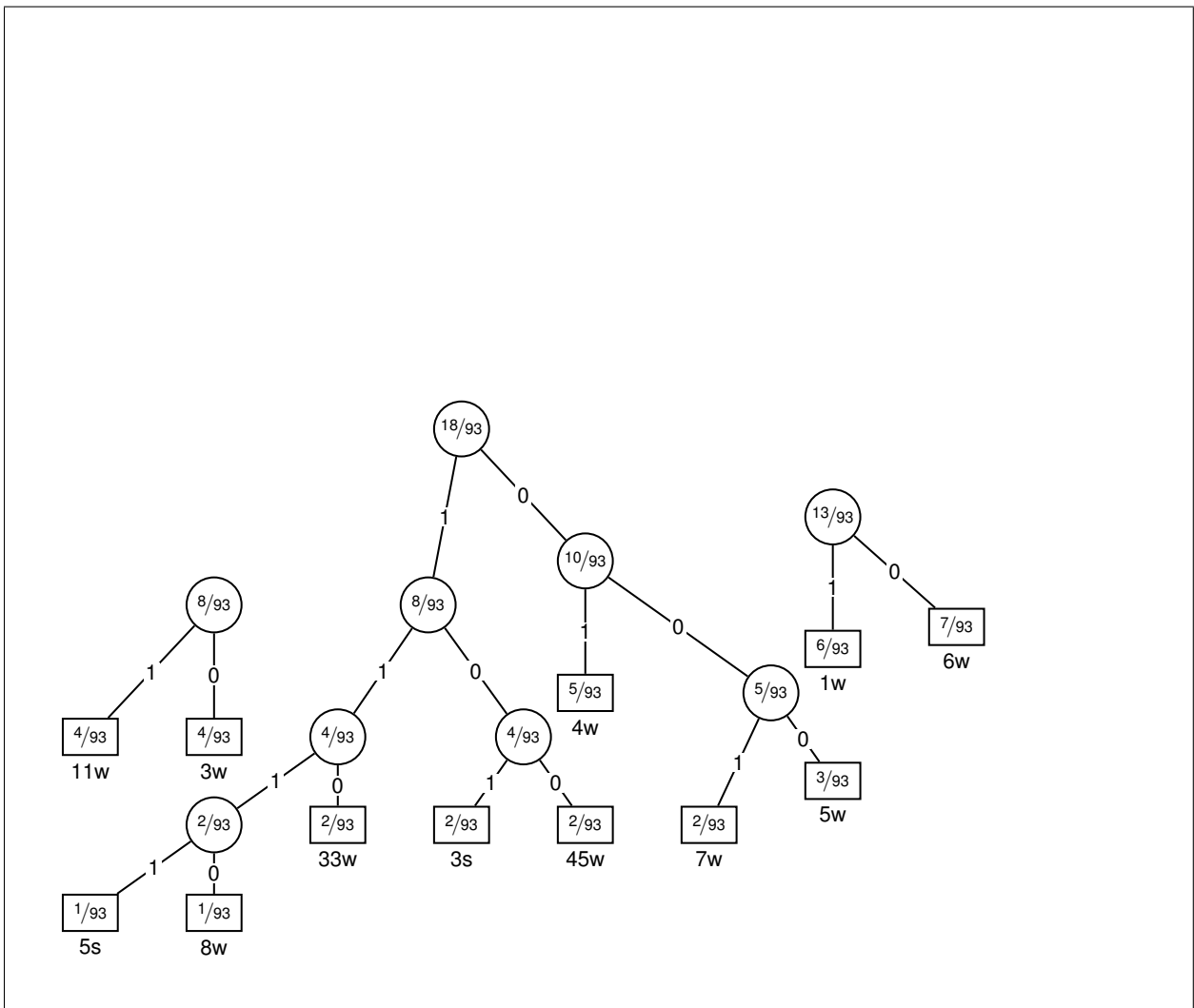
Über den gesamten Seitenausschnitt ergeben sich die in Tabelle 3.1 aufgelisteten RLE-Codewörter mit angegebenen absoluten Häufigkeiten. Die Gesamtzahl der RLE-Codewörter für den Seitenausschnitt ist 93.

RLE-Wort	Häufigkeit	Codewortlänge [bit]	RLE-Wort	Häufigkeit	Codewortlänge [bit]
1s	31		2w	15	
2s	8		6w	7	
1w	6		4w	5	
3w	4		11w	4	
5w	3		7w	2	
45w	2		3s	2	
33w	2		8w	1	
5s	1				

Tabelle 3.1: RLE-Codewörter, sortiert nach Häufigkeit im Seitenausschnitt aus Abbildung 3.1.

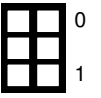
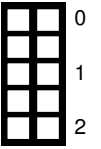


i)* Vervollständigen Sie den Huffman-Baum im Lösungsfeld. Berücksichtigen Sie hierbei insbesondere auch die noch fehlenden Codewörter 2s, 2w und 1s. Geben Sie für jedes Codewort und jeden inneren Knoten die entsprechenden Auftrittswahrscheinlichkeiten an.

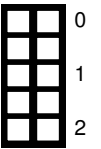


j) Tragen Sie die Länge der Codewörter des von Ihnen konstruierten Codes an in Tabelle 3.1 ein.

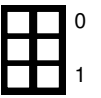
k) Geben Sie die Codewörter für die Symbole $2w$, $7w$ und $11w$ des von Ihnen konstruierten Codes an.



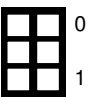
l) Bestimmen Sie die Gesamtlänge des komprimierten Seitenausschnitts in bit.



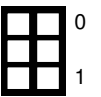
m) Bestimmen Sie den Prozentwert, um den der komprimierte Seitenausschnitt im Vergleich zur einfachen Kodierung kürzer ist.



n)* Erläutern Sie, welche Information (abgesehen von den komprimierten Daten) auf der Empfängerseite zur Dekodierung noch benötigt wird.



o) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, wie das Problem aus Teilaufgabe n) in der Praxis gelöst werden kann.



Aufgabe 4 Solarlink 2.0 (19 Punkte)


Durch die Besiedelung des Mars ist Solarlink gefragt: Ein interplanetares Satellitennetzwerk, das unser ganzes Sonnensystem mit dem Internet versorgt. Erst kürzlich wurde Solarlink zum Internet Service Provider mit einem eigenem Autonomem System (AS).

Solarlink hat eine Customer-Provider (C2P) Verbindung zu den Upstream Providern Sprint und AT&T ausgehandelt. Telemars auf dem Mars und ThePirateStation im Asteroidengürtel konnten als Kunden gewonnen werden.


Damit die TUM bessere Netzwerkmessungen durchführen kann, bekommt das TUM AS durch eine Solarlink-Satellitenschüssel direkten kostenlosen Zugang zum Solarlink AS und umgekehrt.

0  a)* Was ist ein AS?


1

0  b)* Was versteht man unter Policy-Based Routing? Geben Sie auch ein Beispiel für solch eine Policy an.


1

0  c)* Begründen Sie, ob Solarlink ein Tier 1 oder 2 Provider ist.


1

0  d)* Welchen Vorteil hat es für Solarlink, mehrere C2P Verbindung zu Upstream Providern zu betreiben?


1

0  e)* Wie heißt die Art der Verbindung zum TUM AS?

1/2

0  f) Beschreiben Sie, inwiefern sich diese Verbindung zum TUM AS von einer C2P Verbindung unterscheidet.

1

0  g)* An wen zahlt bzw. von wem bekommt Solarlink Geld, wenn eine Verbindung genutzt wird? Berücksichtigen Sie Sprint, Telemars und das TUM AS. Begründen Sie!

1

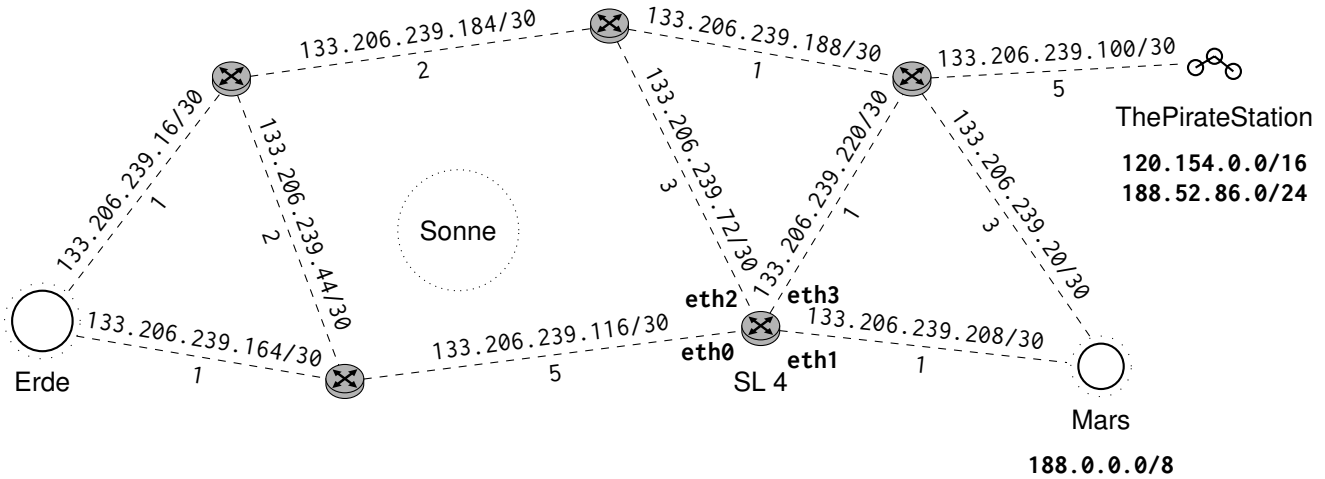


Abbildung 4.1: Solarlink Netz-Topologie. Links zwischen Satelliten und Planeten sind mit ihren Kosten eingetragen.

h)* Zeichnen Sie den Shortest Path Tree ausgehend von SL 4 in Abbildung 4.1 ein.

i)* Weisen Sie den Interfaces von SL 4 die jeweils kleinstmögliche IP-Adresse im jeweiligen Subnetz zu.

<u>eth0</u>	<u>eth2</u>
<u>eth1</u>	<u>eth3</u>

0
1
2

0
1
2

j) Füllen Sie die folgende statische Routing-Tabelle von SL 4 aus, damit alle **fett** markierten Subnetze und die Erde aus Abbildung 4.1 erreichbar sind. Nehmen Sie die Route(n) mit den minimalen Kosten. Per Default senden Sie zur Erde. Sortieren Sie die Einträge gemäß Longest Prefix Matching.

Destination	NextHop	Costs	Interface

0
1
2
3
4
5
6

SL 4 empfängt ein Paket an die IP Adresse 188.52.4.40.

k) Von welchem Interface wird es weitergeleitet?

- eth1
 eth0
 eth3
 eth2

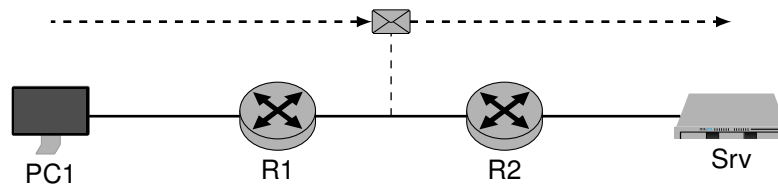
l) Geben Sie das für dieses Paket passende Ziel aus der Routingtabelle von SL 4 an.

--

0
1

Aufgabe 5 Wireshark (20 Punkte)

Gegeben sei das Netzwerk aus Abbildung 5.1a. Das abgebildete Paket ist von *PC1* an *Srv* gerichtet.



(a) Netztopologie

```

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

(b) Ethernet-Rahmen zwischen R1 und R2

Abbildung 5.1

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

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

Beispiel: Bestimmen Sie die Layer 2 Adresse des Empfängers.

Offset: 0x0000 Länge: 6

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

0	
1	
2	
3	

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

Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____ gehört zu Knoten: _____

0	
1	

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

0	
1	
2	

c) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Empfängers.

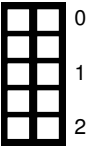
Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____

d) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Absenders.

Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____



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

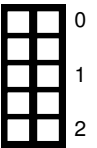


f)* Markieren Sie deutlich die Stelle in Abbildung 5.1b, aus der hervorgeht, dass die IPv4-Payload TCP ist.



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

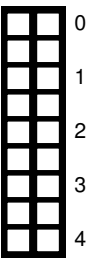
g)* Geben Sie den Destination Port an. (ohne Begründung)



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

Offset: _____

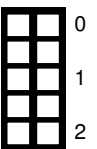
Flag								
Wert								



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



j)* Bestimmen Sie die exakte Länge des TCP-Headers aus Abbildung 5.1b. (mit Begründung)



k) Begründen Sie, was den Längenunterschied verursacht.



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

