



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 (GRNVS)

Modul: IN0010
Klausur: Wiederholung

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
Datum: Freitag, 30. September 2016, 15:30 – 17:00

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

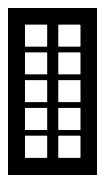
Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst
 - **19 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 85 Punkte.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
 - ein **nicht-programmierbarer Taschenrechner**
 - 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 (20 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.

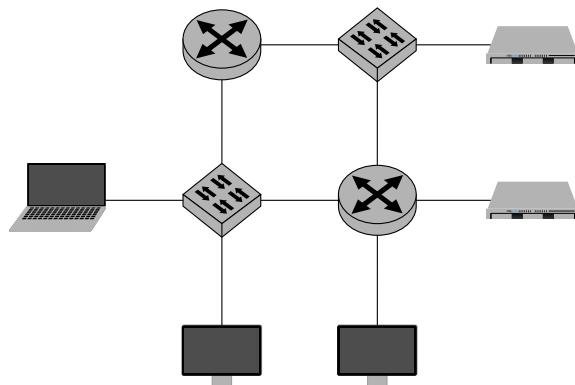
- 0 a)* Nennen Sie zwei wesentliche Dienste, welche von der Sicherungsschicht des ISO / OSI Modells erbracht werden.



- 0 b)* Gegeben sei das 64 bit lange Datum 0x0123456789abcdef in Network Byte Order. Wie lautet die Darstellung in Big Endian?



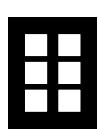
- 0 c)* Gegeben sei das folgende Netzwerk. Zeichnen Sie alle Broadcastdomänen ein.



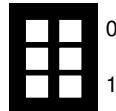
- 0 d)* Erläutern Sie den wesentlichen Vorteil von OSPF gegenüber RIP.



- 0 e)* Was versteht man unter *Classless Interdomain Routing*?



f)* Worin besteht der Unterschied zwischen einem Resolver und einem autoritativen Nameserver?



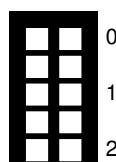
g)* Begründen Sie, ob sich ein Resolver im selben Subnetz wie der anfragende Client befinden muss.



h)* Bestimmen Sie die IP-Adresse zum Reverse-FQDN 60.50.66.128.in-addr.arpa..



i)* Damit ein Server eingehende UDP-Datagramme auf einem bestimmten Port liest, sind die Systemaufrufe socket(), bind() und recvfrom() erforderlich. Erläutern Sie kurz die Funktion der drei Systemaufrufe.

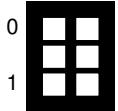


j)* Bestimmen Sie den Faktor, um den sich die Größe des IPv6-Adressraums gegenüber dem IPv4-Adressraum unterscheidet.

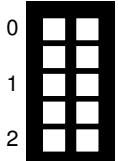


k)* Worin besteht der Unterschied zwischen privaten IPv4 Adressen und Link Local Adressen bei IPv6?

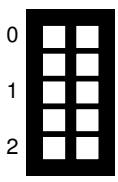




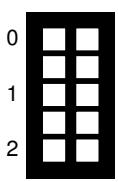
l)* Worin besteht der Unterschied zwischen *Interior* und *Exterior Gateway Protokollen* hinsichtlich ihrer Verwendung?



m)* Geben Sie **zwei** Gründe an, warum moderne IEEE 802.3-Netzwerke kollisionsfrei arbeiten.



n)* Gegeben sei ein Übertragungskanal der Bandbreite 20 MHz. Berechnen Sie die maximal erzielbare Datenrate bei einem Signal-Rausch-Abstand von 30 dB.



o)* Gegeben sei ein Alphabet mit insgesamt 64 unterschiedlichen Zeichen deren Auftrittswahrscheinlichkeit gleichverteilt ist. Begründen Sie, ob die durchschnittliche Codewortlänge bei Nutzung des Huffman-Codes größer, gleich oder kleiner 7 bit ist.

Aufgabe 2 Packet Pair Probing (11 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 2.1 dargestellte Netzwerk. Knoten 1 und 4 sind mit ihren Routern jeweils über ein fullduplex-fähiges Netzwerk verbunden. Die symmetrischen Datenraten auf den Links betragen r_{12} bzw. r_{34} . Die Verbindung zwischen Knoten 2 und 3 ist bedeutend langsamer, d. h. $r_{23} < r_{12}, r_{34}$. Die beiden Distanzen d_{12} und d_{23} seien im Verhältnis zu d_{23} vernachlässigbar klein.

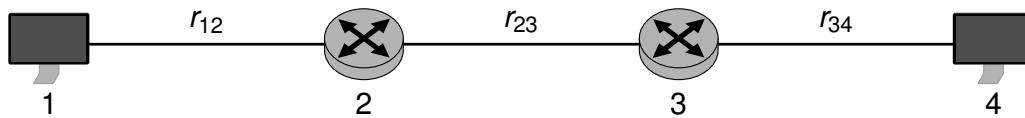


Abbildung 2.1: Vereinfachte Netztopologie

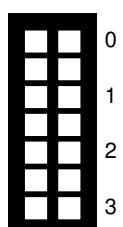
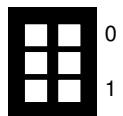
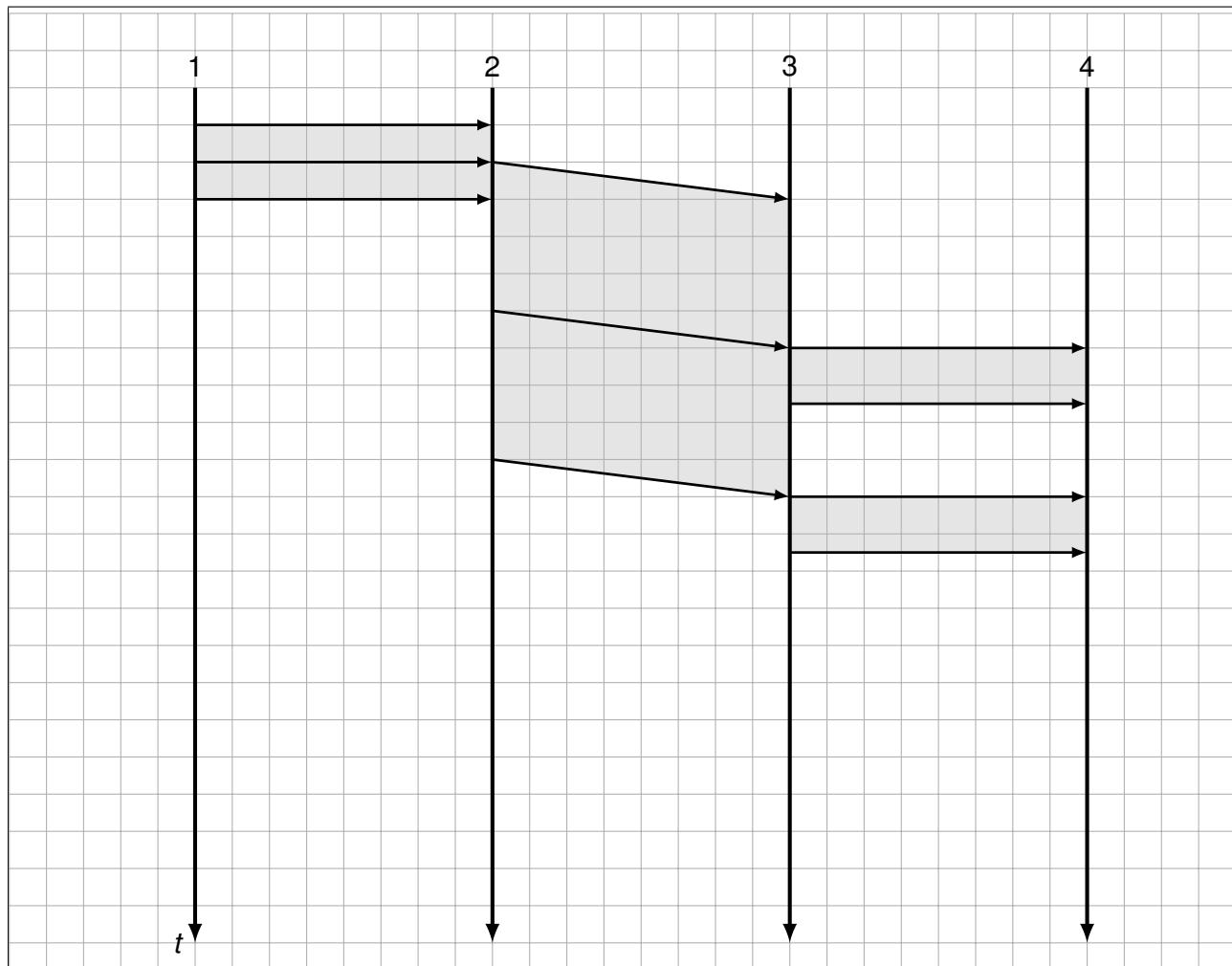
Knoten 1 soll die Datenrate r_{23} bestimmen, so dass möglichst wenig Last auf der ohnehin langsamen Verbindung entsteht. Dabei sei angenommen, dass alle Knoten über einen gewöhnlichen IP-Stack verfügen und ICMP Pakete zwischen Knoten 1 und 4 ausgetauscht werden können.

- a)* Geben Sie die Serialierungszeit und Ausbreitungsverzögerung zwischen zwei benachbarten Knoten i und j in Abhängigkeit der Paketgröße p , Datenrate r_{ij} und Distanz d_{ij} an.

Knoten 1 sende nun unmittelbar nacheinander zwei ICMP-Echo-Requests der Länge p an Knoten 4. Dabei sei p genau so groß gewählt, dass entlang des Pfads zu Knoten 4 keine Fragmentierung notwendig ist. Knoten 4 wird auf jeden Echo Request mit einem Echo Reply derselben Größe p antworten. Vereinfachend seien Verarbeitungszeiten an den Knoten zu vernachlässigen.

- b)* Ergänzen Sie das im Lösungsfeld abgebildete Weg-Zeit-Diagramm.

Hinweis: Bei Bedarf finden Sie am Ende der Prüfung einen Ersatzvordruck.



Durch die geringe Übertragungsrate zwischen Knoten 2 und 3 entsteht an Knoten 1 eine Empfangspause Δt . Diese kann von Knoten 1 gemessen und zur Bestimmung der gesuchten Übertragungsrate zwischen Knoten 2 und 3 verwendet werden.

c) Markieren Sie Δt in Ihrer Lösung von Teilaufgabe b).

d) Von welchen Größen hängt Δt ab, falls $r_{34} \geq r_{23}$ gilt.

e) Begründen Sie, was sich im Vergleich zur vorherigen Teilaufgabe ändern würde, falls $r_{34} < r_{23}$ gilt.

f) Bestimmen Sie Δt allgemein für $r_{23} < r_{12}, r_{34}$. Vereinfachen Sie das Ergebnis soweit wie möglich.

g) Geben Sie einen Ausdruck für die gesuchte Datenrate r_{23} an. Vereinfachen Sie das Ergebnis soweit wie möglich.

Aufgabe 3 IP-Fragmentierung (24 Punkte)

Wir betrachten das Netzwerk aus Abbildung 3.1. PC1 und PC2 kommunizieren mittels IPv4 über die beiden Router R1 und R2 miteinander.

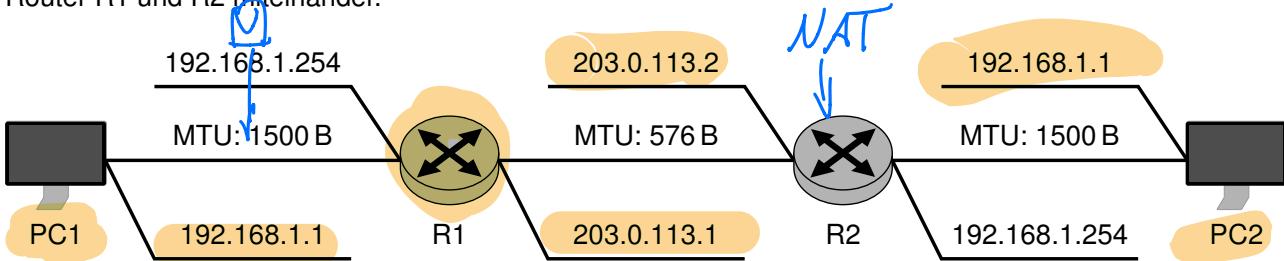


Abbildung 3.1: Netztopologie und MTU der einzelnen Abschnitte

Die drei Netzsegmente sind voneinander unabhängig und verwenden verschiedene Übertragungsverfahren auf den Schichten 1 und 2, so dass sich die in der Abbildung ersichtlichen MTUs ergeben.

a)* Erläutern Sie allgemein den Unterschied zwischen MTU und MSS.

MTU beschreibt maximale Größe der Ethernet Payload (L3-POU)

MSS beschreibt die maximale Größe des TCP Payload (L4-SDU)

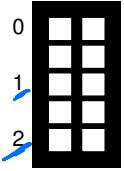
b) Wie sollte im Allgemeinen die MSS für TCP in Abhängigkeit von der MTU gewählt werden (Begründung oder Rechnung)?

$$\begin{aligned} \text{MTU} &= (\text{IP Header}) + (\text{TCP Header}) + \text{MSS} \\ &= 20 \text{ B} + 20 \text{ B} + \text{MSS} \\ \Leftrightarrow \text{MSS} &= \text{MTU} - 40 \text{ B} \end{aligned}$$

c)* Begründen Sie, ob ein bereits fragmentiertes Paket nochmals fragmentiert werden kann.

Ja, falls das DF (Don't Fragment) Bit nicht gesetzt ist, kann ein Paket beliebig oft fragmentiert werden.

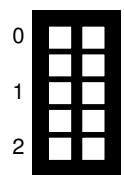
Zuordnung erfolgt dann beim Empfangen durch ID und Fragment Offset.



d)* Erläutern Sie, an welcher Stelle im Allgemeinen Fragmente wieder reassembliert werden können.

i.A. nur beim Empfänger!

Denn nur dieser erhält i.A. alle Fragmente und kann diese an Hand der ID und Fragment Offset reassemblieren.

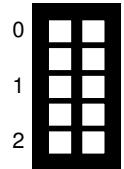
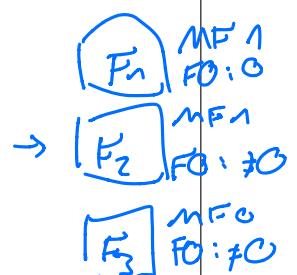


e)* Wie erkennt der Empfänger, dass ein Paket ein Fragment eines größeren Pakets ist?

Zwei Fälle:

① MF bit = 1 und Fragment Offset = 0

② Fragment Offset ≠ 0



f)* Was geschieht auf Schicht 3, wenn ein oder mehrere Fragmente nicht ankommen?

Dann verzerrt der Empfänger alle bereits erhaltenen Fragmente.

Dann sendet er eine ICMPv4 Nachricht an den Sender, dass nicht alle Fragmente erhalten wurden.

Das erneut senden des Ursprungspakets passiert nicht automatisch.

⇒ Muss entl. von höheren Schichten übernommen werden.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0B	0x4		0x5																														
4B																						0	0										
8B																																	
12B																																	
16B																																	
20B																																	

Abbildung 3.2: Darstellung des von PC1 in Richtung PC2 gesendeten IP-Pakets

Im Folgenden soll die Übertragung des in Abbildung 3.2 dargestellten IP-Pakets mit allen notwendigen Zwischenschritten nachvollzogen werden. Nutzen Sie bei Bedarf die auf dem Cheatsheet abgebildeten Protokoll-Header.

g)* Begründen Sie kurz, weswegen PC1 203.0.113.2 als Ziel-Adresse nutzt.

Da Router 2 ein NAT betreibt muss, da die IP-Adresse von PC2 eine private ist.

h)* An welcher Stelle im Netz wird das von PC1 gesendete Paket fragmentiert?

Bei Router 1, da die MTU nach diesem zu klein ist für das Paket.

i)* Weswegen muss das erste Fragment eine Länge von 572 B anstatt der erwarteten 576 B aufweisen?

$$576 \text{ B} - 20 \text{ B} = 556 \text{ B}$$

nicht teilbar
durch 8

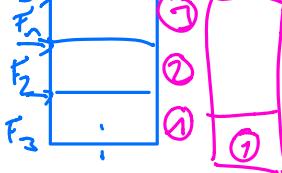
$$\text{Header } 20 \text{ B}$$

$$572 \text{ B} - 20 \text{ B} = 552 \text{ B} \rightarrow \text{teilbar}$$

durch 8

Das erste Fragment hat eine Länge von 572 B, da dessen Payload-Größe (552 B) durch 8 teilbar sein muss.
Da das Fragment Offset in Vielfachen von 8 B angegeben wird.

Zu überregelte Rechen: 1480 B
Max. Frequenzgröße: 572 B (nur nicht $576 \text{ B} = \text{MIU}$)



j)* Bestimmen Sie die GesamtgröÙe sowie Größe der Payload für alle Fragmente.

Fragment #	Fragment Größe	Fragment Order	Unschlüssige Datei	Fragment Offset
# 1	S72B	S52B	S28B	0
# 2	S72B	S52D	S96B	$\frac{S52D + S52D}{8} = 69$
# 3	S96B	S76B	0B	$\frac{S52D + S52D}{8} = 138$

k) In Abbildung 3.3 sind Vordrucke für die IPv4-Header der einzelnen Fragmente gegeben. Füllen Sie die Vordrucke vollständig aus. Sollte ein Feld nicht eindeutig festgelegt sein, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

Hinweis: Es sind möglicherweise mehr Vordrucke als notwendig vorhanden.

I)* Welche Veränderung wurde bei der Fragmentierung mit IPv6 vorgenommen?

Der Sender muss bei PEG fragen: Wer.

m) Aus welchem Grund ist die in Teilaufgabe l) angegebene Veränderung sinnvoll?

- 1) Dadurch werden Router im Netz entlastet, da diese keine Fragmentierung mehr durchführen müssen.
 - 2) Die Sender die gefragte Info mitgeteilt bekommen, kann

⇒ Keine Frequenzierung mehr nötig ← ICMPv6 (Packet too big)
⇒ höhere Effizienz.

Abbildung 3.3: Vordrucke für Teilaufgabe k)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0B	0x4		0x5																													
4B			0xdead														01				572(ne)											
8B			62(ne)																		69(ne)											
12B																																
16B																																
20B																																

F₂

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0B	0x4		0x5																													
4B			0xdead														00			39G(ne)												
8B			62(ne)																	138(ne)												
12B																																
16B																																
20B																																

F₃

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0B																																
4B																																
8B																																
12B																																
16B																																
20B																																

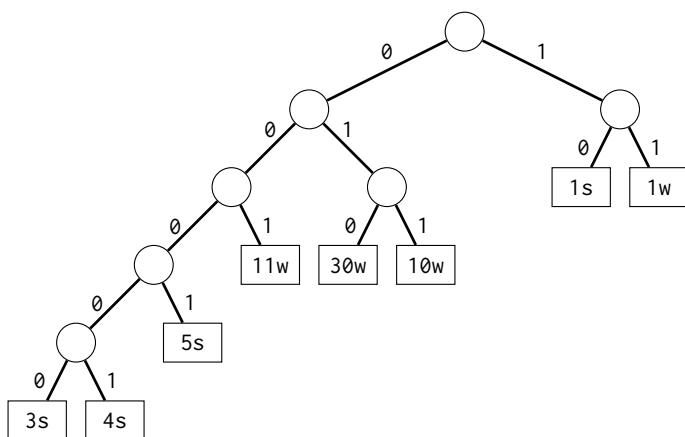
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0B																																
4B																																
8B																																
12B																																
16B																																
20B																																

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0B																																
4B																																
8B																																
12B																																
16B																																
20B																																

Abbildung 3.3: Vordrucke für Teilaufgabe k) (Fortsetzung)

Aufgabe 4 Datenkompression (10 Punkte)

In dieser Aufgabe betrachten wir eine vereinfachte Version des ITU T.30-Protokolls, besser bekannt als Telefax („Fax“). Dieses verwendet eine Kombination aus Huffman-Code und Lauflängenkodierung (RLE). Der zugehörige Huffman-Baum ist in Abbildung 4.1a dargestellt. Abbildung 4.1b stellt das Codebuch dar, welches die binären Huffman-Codewörter (in Teilaufgabe b) zu bestimmen auf RLE-Codewörter abbildet.



RLE	Huffman-Codeword
1s	
1w	
30w	
10w	
11w	
5s	
4s	
3s	

(a) Huffman-Baum

(b) Codebuch

Abbildung 4.1: Huffman-Baum und Codebuch

a)* Erklären Sie kurz den Aufbau des Huffman-Baums aus Abbildung 4.1a.

b) Vervollständigen Sie das Codebuch in Abbildung 4.1b.

Sie erhalten die in Abbildung 4.2 dargestellte binäre Nachricht. Diese ist zunächst mittels Huffman kodiert.

```
01001001001100001110001011001101110111011101  
1100110011011101110111011100110011011101110  
1110111001100110110000011101110011010010010
```

Abbildung 4.2: Empfangene Nachricht als binärer Datenstrom

c) Geben Sie die zu den **schwarz** gedruckten Teilen des Datenstroms zugehörigen RLE-Codewörter an.
Hinweis: Das erste Bit des zweiten schwarz gedruckten Blocks stellt den Beginn eines Huffman-Codewortes dar.

A vertical black bar with white squares arranged in a grid pattern. The squares are organized into four horizontal rows, labeled 0, 1, 2, and 3 from top to bottom. Each row contains four squares, creating a total of 16 squares in a 4x4 grid.

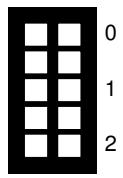
As a result, the *labeled* version of the model is able to learn the underlying structure of the data, while the *unlabeled* version is able to learn the specific features of the data. This allows the model to make accurate predictions even when it has never seen a particular input before.

Die RLE-Codewörter wiederum sind stets nach dem Schema <Zahl><w|s> aufgebaut. Ein RLE-Codewort gibt die Anzahl innerhalb einer Zeile aufeinander folgender weißer (w) oder schwarzer (s) Pixel an, wodurch zeilenweise eine Pixeldarstellung der Nachricht entsteht.

d) Vervollständigen Sie die Pixeldarstellung der Nachricht.

Hinweise:

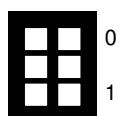
- Die Zeilen 5 – 7 entsprechen dem ausgegrauten Teil der Nachricht aus Abbildung 4.2.
- Bei Bedarf finden Sie am Ende der Aufgabe einen weiteren Vordruck.



	1	10	20	30
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

e)* Um welchen Faktor ist die unkomprimierte Nachricht, bei der jedes Pixel binär kodiert wird (0 = schwarz, 1 = weiß), länger als die so komprimierte Nachricht?

Hinweis: Die komprimierte Nachricht aus Abbildung 4.2 hat eine Gesamtlänge von 127 bit.



Zusätzlicher Vordruck für Teilaufgabe d). Streichen Sie ungültige Lösungen deutlich!

	1	10	20	30
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

Aufgabe 5 Drahthai (13 Punkte)

Gegeben sei der in Abbildung 5.1 dargestellte Hexdump in Network-Byte-Order des Beginn eines Ethernet-Rahmens, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

	Destination Address (MAC)						Source-MAC						Ethernet type		S	T	C
0x0000	00	16	3e	c7	6d	64	00	25	90	57	22	4a	86	dd	00	60	00
0x0010	00	00	00	58	3a	38	26	06	28	00	42	00	3f	ff	00	00	00
0x0020	00	00	00	00	00	15	20	01	4c	a0	20	01	00	13	02	16	
0x0030	...																

Abbildung 5.1: Hexdump eines Ethernet-Rahmens in Network-Byte-Order

Hinweis: Zur Lösung der Aufgabe sind Informationen von dem zusätzlich ausgeteilten Hilfsblatt notwendig.

a)* Markieren Sie in Abbildung 5.1 Beginn und Ende des Ethernet-Headers.

b) Begründen Sie, welches Protokoll auf Schicht 3 \xrightarrow{IP} verwendet wird.

EtherType \Rightarrow 0x 86 dd $\hat{=}$ IPv6

c) Bestimmen Sie die Länge des Headers auf Schicht 3 (Begründung).

Die interne Header-Länge von IPv6 ist 40B
(keine Extension Header)

d) Geben Sie – sofern im Paket enthalten – TTL bzw. Hop Limit in dezimaler **und** hexadezimaler Schreibweise an.

ex 38 56 (no)

e) Geben Sie die Absenderadresse der Schicht 3 in der üblichen Schreibweise an.

20C6:2800:4200:3fff::15

f) Woran ist zu erkennen, dass die Payload des Pakets zu ICMPv6 gehört?

Da Next Header = 0x3a \Rightarrow ICMP v6

Wir betrachten von nun an die in Abbildung 5.2 dargestellte Payload des Pakets. Von dieser sei bekannt, dass es sich um ICMPv6 handelt.

	Type	Code	Checksum	00	58	94	00	00	00	00	ICMPv6	Header	60	00	00	00	28	3a	01
0x0000	03	00																	
0x0010	20	01	4c	a0	20	01	00	13			02	16	3e	ff	fe	c7	6d	64	
0x0020	26	06	28	00	02	20	00	01			02	48	18	93	25	c8	19	46	
0x0030	80	00	e9	ab	3c	43	00	21			48	49	4a	4b	4c	4d	4e	4f	
0x0040	50	51	52	53	54	55	56	57			58	59	5a	5b	5c	5d	5e	5f	
0x0050	60	61	62	63	64	65	66	67											

Abbildung 5.2: ICMPv6-Nachricht inklusive ICMPv6-Header in Network-Byte-Order

g)* Bestimmen Sie Typ und Code der ICMP-Nachricht.

Type: 0x03 Time Exceeded
Code: 0x00 Hop limit exceeded in transit

h) Wodurch wird eine solche Nachricht hervorgerufen?

In einem vorherigen Paket wurde das Hop Limit auf 0 dekrementiert und der damit assoziierte Router hat das Paket verworfen und diese ICMPv6 Nachricht generiert.

i)* Markieren Sie das Ende des ICMP-Headers in Abbildung 5.2.

j) Erläutern Sie, was die Payload einer solchen Nachricht grundsätzlich enthält.

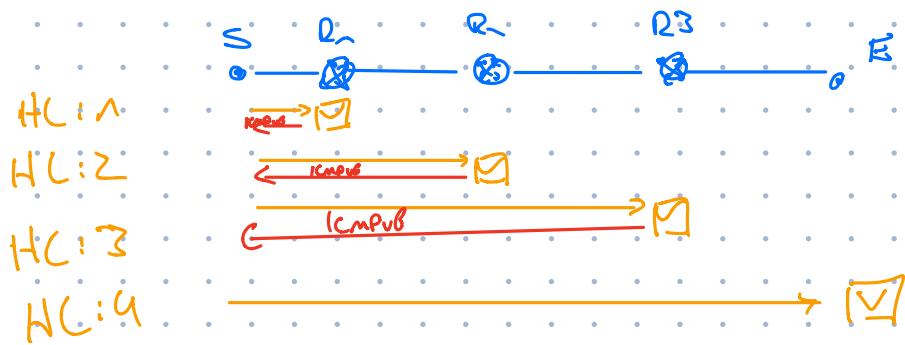
Auf eine ICMP Time Exceeded Nachricht folgt die 64-Bit-ID des erzeugten Pakets.

k)* Das Paket wurde im Rahmen eines Traceroutes aufgezeichnet. Erklären die kurz die Funktionsweise von Traceroute.

Es werden Pakete mit einem aufsteigend inkrementierten Hop Count an den Empfänger gesendet. Damit wird jeder Router auf dem Pfad zum Empfänger ein Paket verworfen und eine ICMPv6 Nachricht zum Sender schicken.

Somit kann der Sender herausfinden welche Router sich auf dem Pfad zwischen ihm und dem Empfänger befinden.

Traceroute:

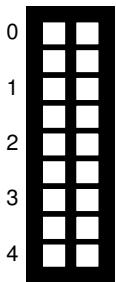


Erkennen, welche Router auf dem Pfad $S \rightarrow E$ liegen

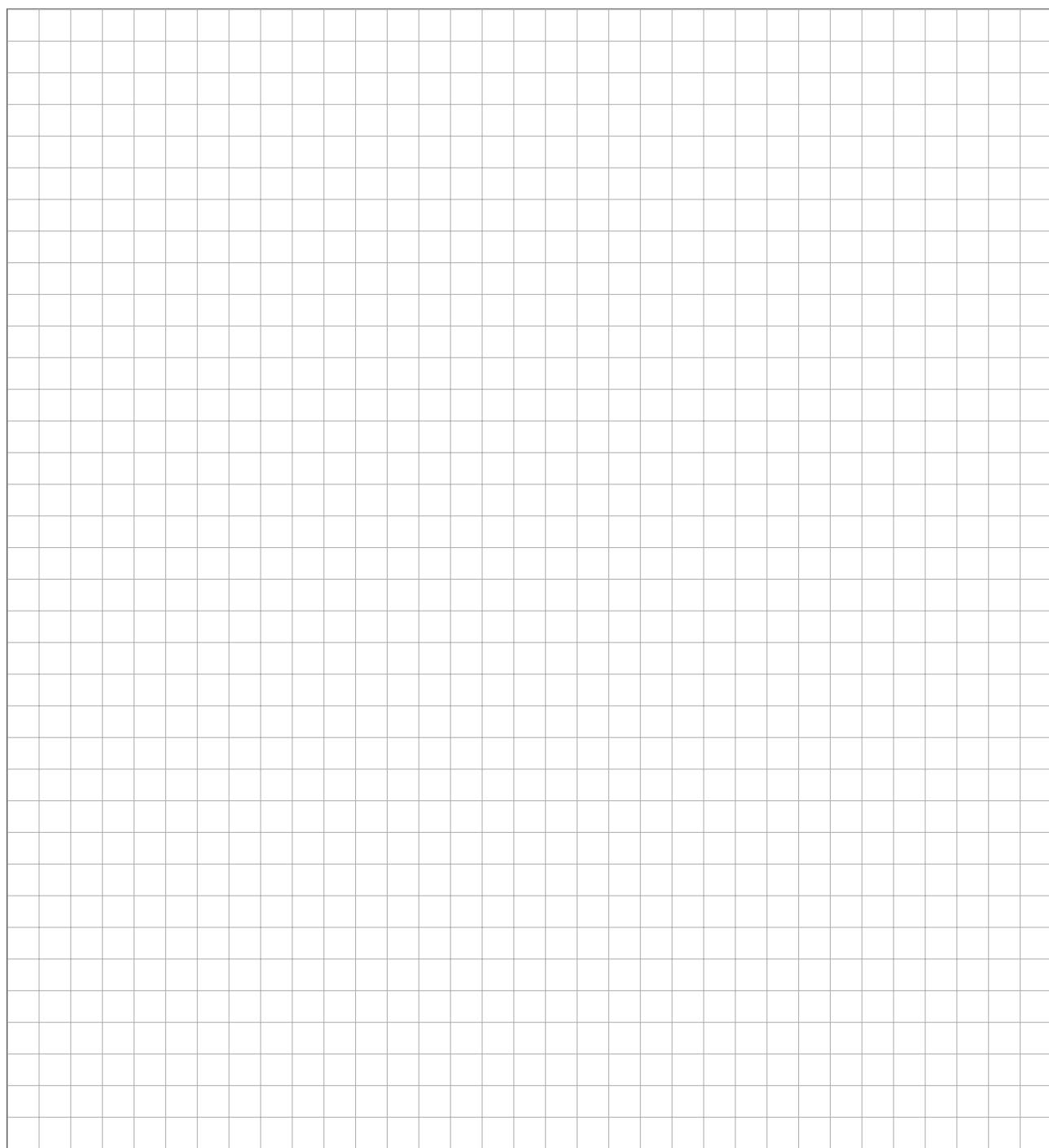
Aufgabe 6 CRC (7 Punkte)

In dieser Aufgabe soll die zwei Oktette lange Nachricht 01101011 10101111 mittels des in der Vorlesung vorgestellten CRC-Verfahrens gesichert werden. Das Reduktionspolynom sei $r(x) = x^4 + x^2 + 1$.

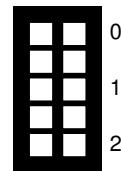
a)* Bestimmen Sie die gesicherte Nachricht $s(x)$.



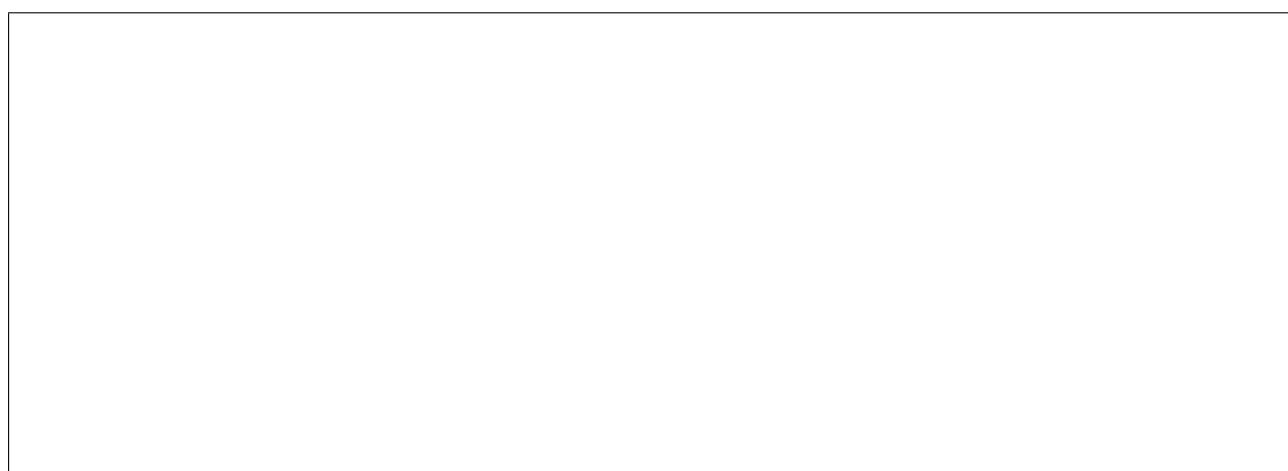
b)* Bei der Übertragung trete nun das Fehlermuster 00000000 00101010 0000 auf. Zeigen oder begründen Sie, ob der Fehler erkannt wird.



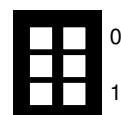
A large rectangular grid consisting of 10 columns and 20 rows of small squares, intended for handwritten responses to question b).



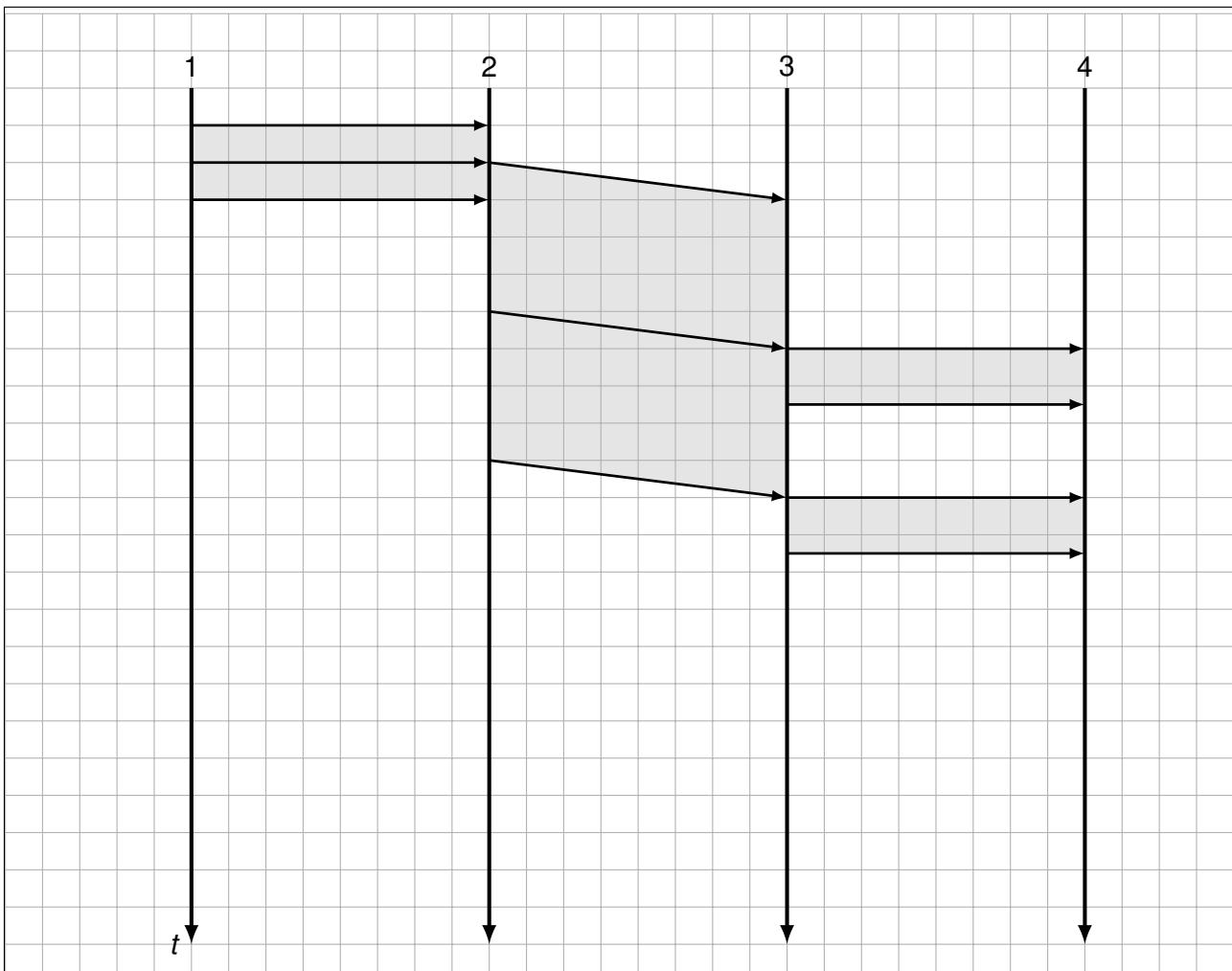
c)* Erläutern sie kurz, welche Fehler mittels CRC korrigiert werden können.



A large rectangular box for handwritten responses to question c).



Zusätzlicher Vordruck für Aufgabe 2:



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

