

**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

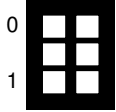
- Diese Klausur umfasst
  - **16 Seiten** mit insgesamt **6 Aufgaben** sowie
  - eine beidseitig bedruckte **Formelsammlung**.

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.

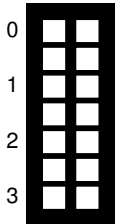
TCP/IP-Schicht



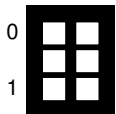
Verschlüsselungsschicht

Sicherheitsschicht

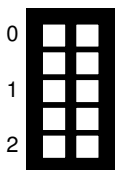
Benutzerschicht



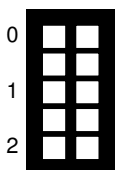
b)\* Erklären Sie detailliert die Funktionsweise von Traceroute.



c)\* Wozu dient ARP?

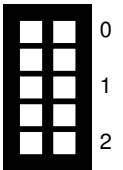


d)\* Erläutern Sie den Unterschied zwischen Abtastung und Quantisierung.

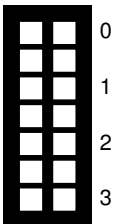


e)\* Erläutern Sie den Unterschied zwischen einem Resolver und einem Nameserver.

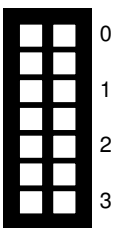
f)\* Erläutern sie das Medienzugriffsverfahren Token Passing.



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.

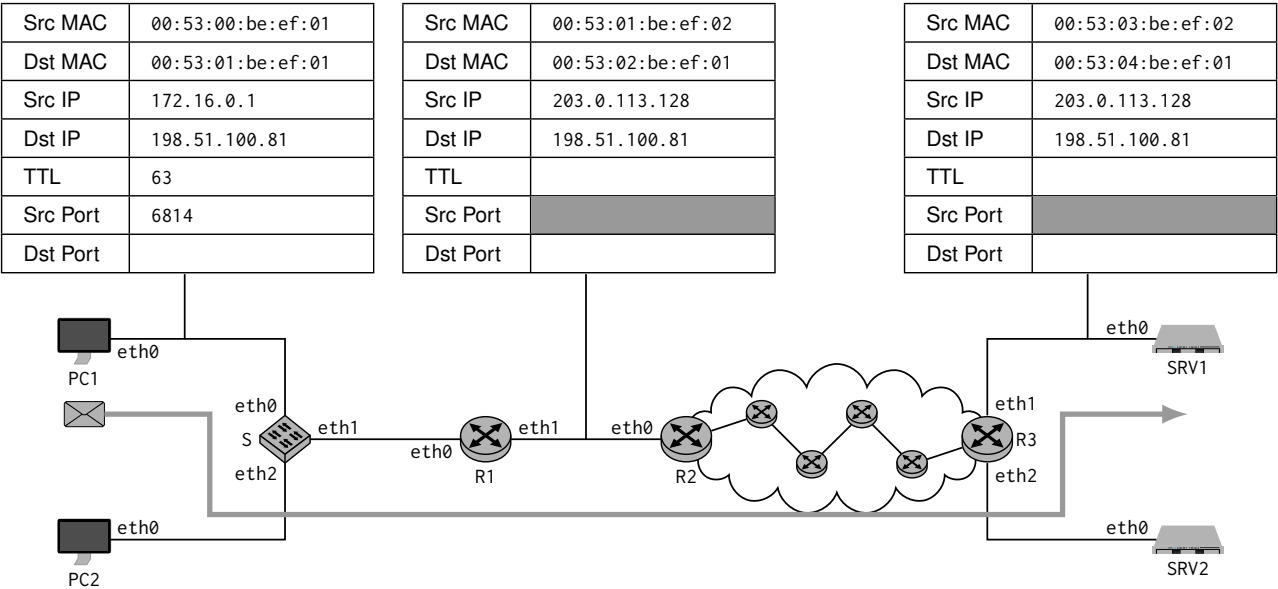


Abbildung 2.1: Netztopologie (ausgegraute Felder müssen nicht ausgefüllt werden)

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.

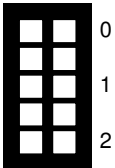
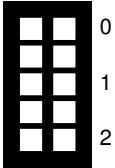
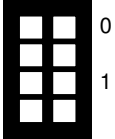
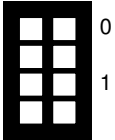
Private IP	Privater Src Port	Öffentlicher Src Port
172.16.0.2	6812	6812
172.16.0.2	6813	6813
172.16.0.2	6814	6814

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.

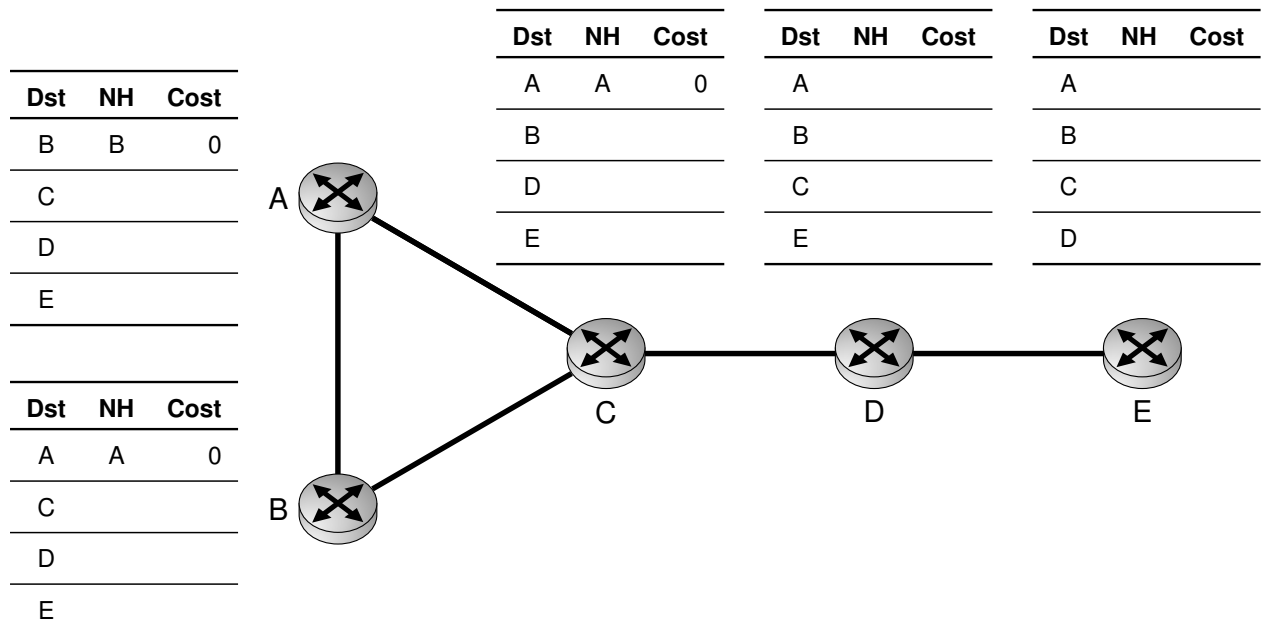


Abbildung 3.1: Topologie

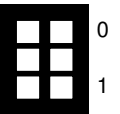
a)\* Welche Metrik verwendet RIP? (Ohne Begründung)

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

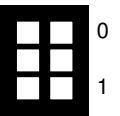
c)\* RIP gehört zur Klasse der Interior-Gateway-Protokolle. Erläutern Sie den Unterschied zu Exterior-Gateway-Protokollen.

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

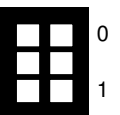
e)\* Welche Information enthalten Routingupdates bei RIP?



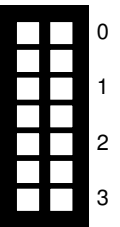
f)\* Begründen Sie, ob RIP stets die kürzeste Route (im Sinn zwischen Quelle und Ziel liegender Router) wählt.



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

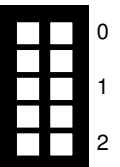


h) Vervollständigen Sie die Routingtabellen der Router in Abbildung 3.1 (ohne Angabe von Zwischenschritten), so dass ein Netzwerk kürzester Pfade gemäß der Metrik von RIP entsteht.

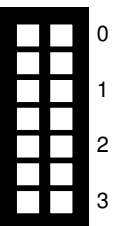


Es falle nun der Link zwischen Router D und E aus. Router D bemerkt den Ausfall offensichtlich sofort. Beantworten Sie die nachfolgenden Fragen in der gegebenen Reihenfolge.

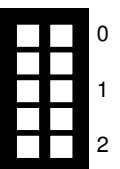
i) Router D sendet ein periodisches Update. Beschreiben Sie die Auswirkungen auf die Router A, B und C.



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.

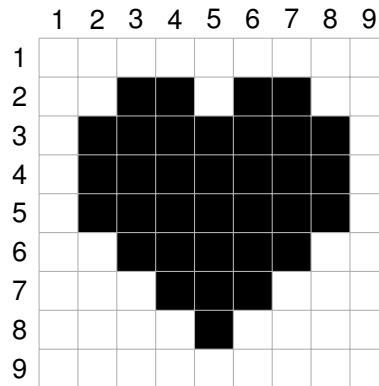
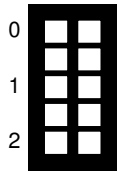
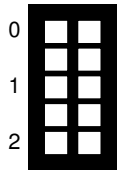


Abbildung 4.1: Pixelgrafik



a)\* Bestimmen Sie das Ergebnis der Lauflängenkodierung.

11, 2,

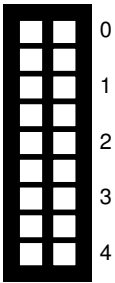


b) Bestimmen Sie die Auftrittswahrscheinlichkeiten  $p_i$ , der einzelnen RLE-Codewörter.

RLE	$p_i$

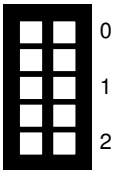


c) Erstellen Sie einen passenden binären Huffman-Code. Beschriften Sie die Blätter mit den entsprechenden RLE-Codewörtern, **alle** Knoten mit den entsprechenden Wahrscheinlichkeiten und weisen Sie den Kanten passende Abschnitte der Huffman-Codewörter zu.

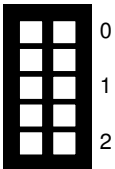


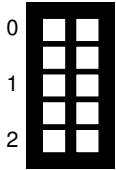
d) Erstellen Sie ein Codebuch für den Huffman-Code.

RLE	Huffman



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





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

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.

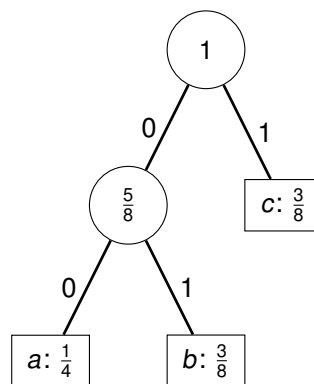
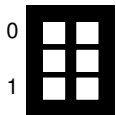
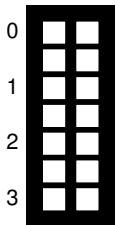


Abbildung 4.2: Huffman Baum



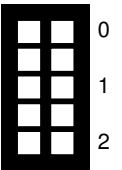
g)\* Begründen Sie, wieviel bit ein uniformer Code durchschnittlich zur Kodierung eines Zeichens benötigt.



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.

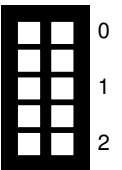
i) Bestimmen Sie die Entropie der Quelle.

**Hinweis:** Alle Ergebnisse sind vollständig auszurechnen.



j)\* Bestimmen Sie die durchschnittliche Huffman-Codewortlänge.

**Hinweis:** Alle Ergebnisse sind vollständig auszurechnen.



## 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.

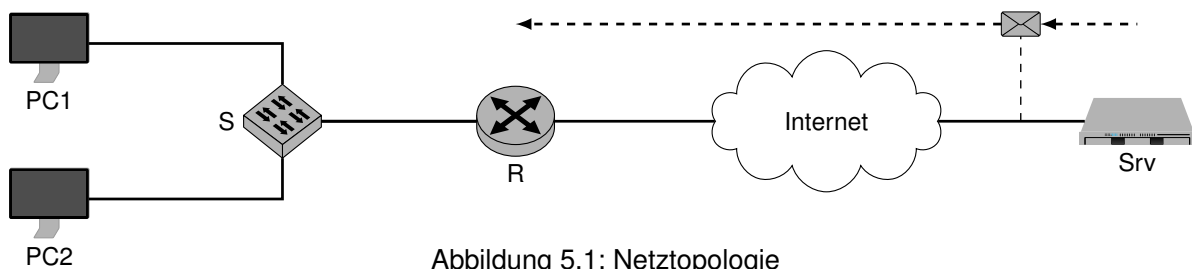




Abbildung 5.1: Netztopologie

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

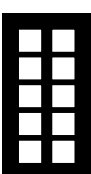


Zu allen Teilaufgaben ist eine kurze Begründung anzugeben, z.B. Angabe oder Markierung des betreffenden Headerfelds, Hinweis auf die Bedeutung des jeweiligen Felds, etwaige Skalierung von Feldern etc.

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

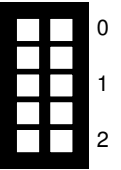
- 0  a)\* Markieren und beschriften Sie alle Felder von Schicht 2 in Abbildung 5.2.
- 1  b)\* Bestimmen Sie die L2-Adressen der Geräte aus Abbildung 5.1, soweit diese aus dem L2-Header hervorgehen.

0 

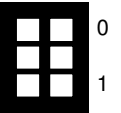
1 

- 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 Ethernets nicht auf IPv6 geschlossen werden kann.
- 1 
- 2 

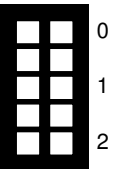
d) Bestimmen Sie die Quell- und Zieladresse auf Schicht 3 des Pakets in ihrer üblichen Schreibweise.



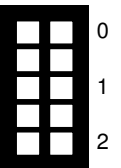
e) Begründen Sie, ob die Zieladresse aus Teilaufgabe d) die Adresse von PC1, S oder R ist.



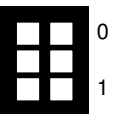
f) Bestimmen Sie die Länge des L3-Headers einschließlich evtl. Optionen oder Extension Header.



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.  $m = 00110001$

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

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.

[illegible]

