



**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 / Endterm onsite  
**Prüfer:** Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

**Datum:** Donnerstag, 30. Juli 2020  
**Uhrzeit:** 08:00 – 09:30

### Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **12 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.
- Schreiben Sie weder mit roter / grüner Farbe noch mit Bleistift.

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

Hörsaal verlassen von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ / Vorzeitige Abgabe um \_\_\_\_\_

## Aufgabe 1 Multiple Choice (18 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind *Multiple Choice Multiple Answer* mit 1 Punkt pro richtigem und -1 Punkt pro falschem Kreuz (Ausnahme Teilaufgaben c) und d) mit 0,5 Punkten pro 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 welcher dieser IP-Adressen handelt es sich um öffentlich routbare Adressen?

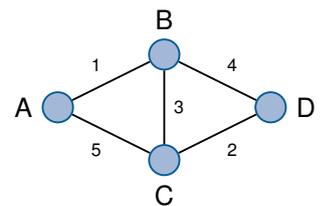
- 10.0.0.1                       fe80::95:13:42                       2001:db8::921:2e11:d2c6:938b  
 10.11.12.13                       192.168.36.2                       172.32.0.5

b)\* Wie viele rekursive DNS-Anfragen muss ein Client mindestens verschicken, um die Domain net.in.tum.de aufzulösen? Der DNS Cache ist leer.

- 3                       0                       2                       1                       5                       4

c)\* Welche Kanten sind im *Minimum Spanning Tree* des nebenstehenden Graphen enthalten?

- (A, B)                       (C, D)                       (B, D)                       (B, C)                       (A, C)



d)\* Welche Kanten sind im *Shortest Path Tree* mit Wurzel D des nebenstehenden Graphen enthalten?

- (A, C)                       (A, B)                       (C, D)                       (B, C)                       (B, D)

e)\* Gegeben sei ein Link mit einer Bandbreite von 872 Mbit/s und einer Ausbreitungsverzögerung von 96 ms. Bestimmen Sie das Bandbreitenverzögerungsprodukt.

- 9,08 Mbit                       83,71 Mbit                       41,86 Mbit                       18,17 Mbit

f)\* Gegeben sei das 2 B lange Datum 0100101000110111 in Little Endian. Wie lautet die Darstellung in Network Byte Order?

- 0100101000110111                       1110110001010010                       0011011101001010  
 1101110010100001                       0111001110100100                       keine davon

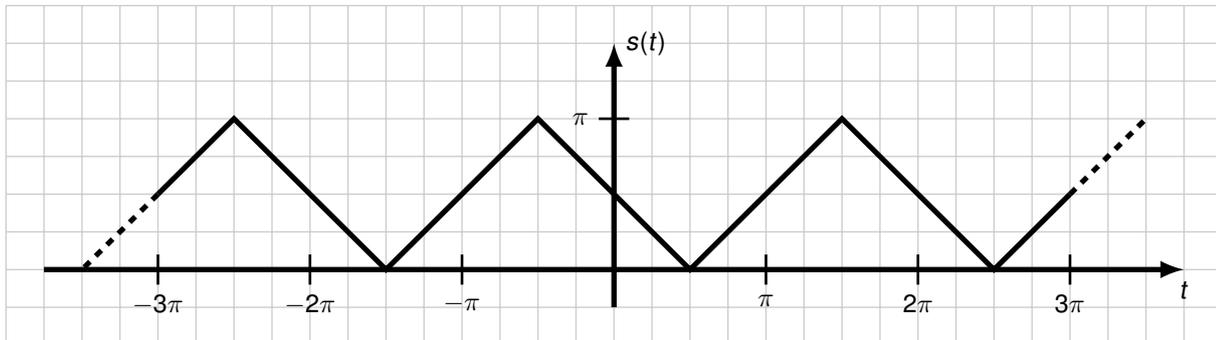
g)\* Gegeben sei eine binäre Nachrichtenquelle, die Symbole aus einem Alphabet bestehend aus 34 Zeichen emittiert deren Auftrittswahrscheinlichkeiten unabhängig und gleichverteilt sind. Wie lang ist die durchschnittliche Codewortlänge bei Nutzung eines Huffman-Codes?

- = 5 bit                       < 5 bit                       > 5 bit                       Huffman Codes sind hier nicht anwendbar

h)\* Gegeben sei eine kabellose Übertragung mit Rahmenfehlerwahrscheinlichkeit  $\epsilon = 0.125$ . Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass 2 Übertragungen nicht ausreichen, um den Rahmen erfolgreich zu übertragen.

- 0.99805     
  keine davon     
  0.23438     
  0.01563     
  0.98438

i)\* Gegeben sei das untenstehende Zeitgsignal, das als Fourierreihe entwickelt werden soll.



Welche Aussagen über die Fourierkoeffizienten sind zutreffend?

- $a_{k>0} = 0$      
   $a_0 = 0$      
   $b_k = 0$      
   $a_0 \neq 0$      
   $b_k \neq 0$      
   $a_{k>0} \neq 0$

j)\* Gegeben sei die IPv4-Adresse 117.201.134.85. Wie würde der zugehörige PTR-Record im DNS lauten?

- 117.201.134.85.in-addr.arpa.     
  117.201.134.85.  
 85.134.201.117.in-addr.arpa.     
  keine dieser Antworten  
 85.134.201.117.     
  ein FQDN wie tum.de.

k)\* Welche der folgenden Systemaufrufe ergeben nur mit verbindungsorientierten Sockets Sinn?

- bind()     
  sendto()     
  accept()  
 listen()     
  close()     
  select()

l)\* Welche der nachfolgenden Begriffe beschreiben **nicht** ein bestimmtes Routingprotokoll, sondern eine ganze Klasse von Routingprotokollen?

- IS-IS     
  IGRP     
  EGP     
  RIP  
 BGP     
  OSPF     
  EIGRP     
  IGP

## Aufgabe 2 Design your own SmartHome (28 Punkte)

Sie wollen sich Ihr eigenes SmartHome einrichten. Aus verschiedenen Quellen haben Sie erfahren, dass viele Anbieter von „smarten“ Geräten das Thema Sicherheit aber nicht so ernst nehmen. Deswegen entscheiden Sie sich Ihre privaten Rechner und die SmartHome Geräte in unterschiedliche IPv4 Subnetze einzuteilen. Die Netztopologie ist in Abbildung 2.1 gegeben. **Beide Router** verwenden ein NAT jeweils auf Interface **eth0**.

Alle Geräte sollen mit anderen Geräten im gleichen Subnetz und dem Internet kommunizieren können. Die SmartHome Geräte (im Smartnet) sollen aber von sich aus keine Verbindung mit den privaten Rechnern (im Heimnetz) aufbauen können. Umgekehrt soll es aber funktionieren, um z. B. mit dem Laptop auf den SmartHome Controller zugreifen zu können.

0 


 a)\* Weisen Sie allen Interfaces in Ihrer Netztopologie eine sinnvolle IPv4 Adresse zu. Um der Konvention zu folgen, müssen Router immer eine der höchst möglichen IPs erhalten.

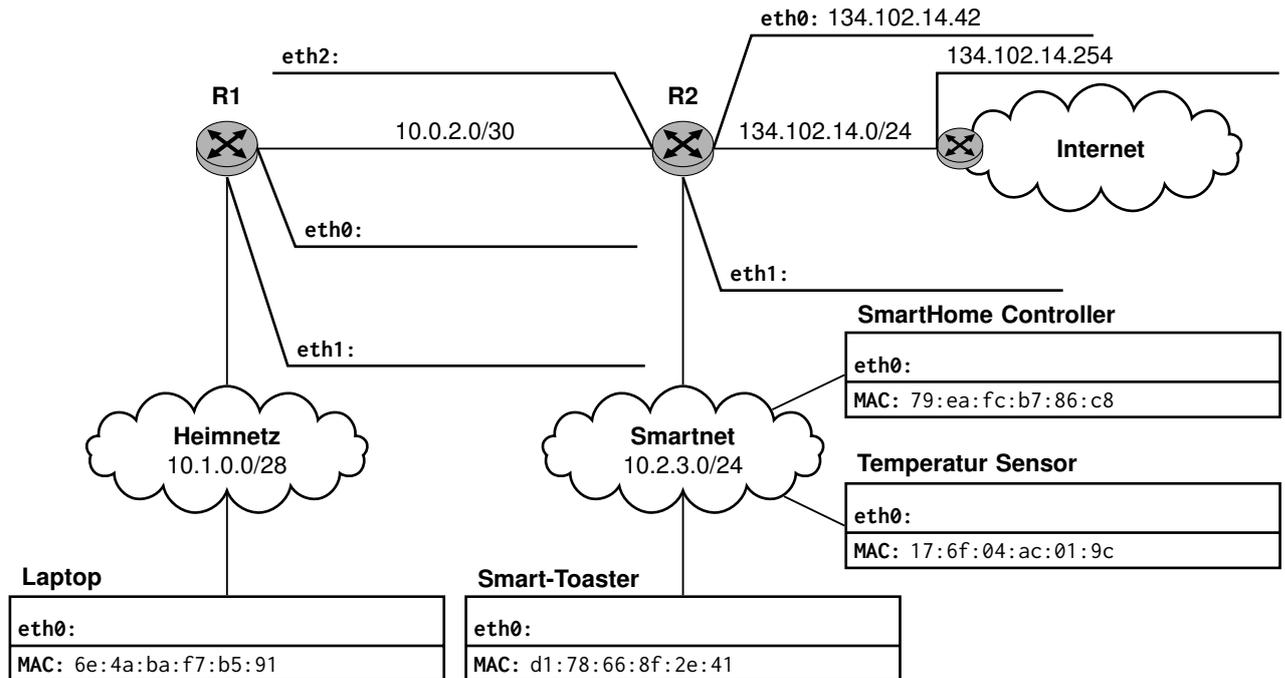


Abbildung 2.1: Netztopologie und IPv4 Adressierung

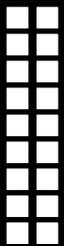
0 

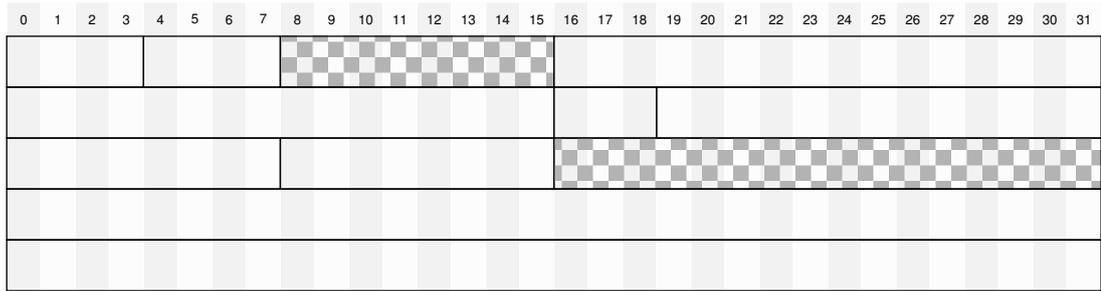

 b)\* Argumentieren Sie kurz, ob diese spezielle Netztopologie zusammen mit der NAT Funktionalität reicht, um Ihr Heimnetz abzusichern.

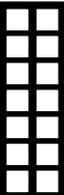
0 


 c)\* Erläutern Sie, welche IP Adresse einem Server im Internet als Kommunikationspartner erscheint, wenn Sie mit dem Laptop im Internet surfen.

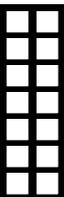


0  f) Füllen Sie für das erste von dem **Laptop** gesendete Layer 3 **Paket** aus Teilaufgabe e) den IPv4 Header aus. Gehen Sie davon aus, dass die Header keine Optionen enthalten. Es soll erkenntlich sein, ob die Felder binär, dezimal, hexadezimal oder als IP Adresse interpretiert werden sollen.



0  g) Betrachten Sie nun alle drei Pfadabschnitte aus Teilaufgabe e) und tragen Sie in dem Lösungsfeld je Pfadabschnitt die geforderten Informationen zu dem Paket mit der TCP-SYN Payload ein.

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Src. IP:</td></tr> <tr><td>Src. Port:</td></tr> <tr><td>Dst. IP:</td></tr> <tr><td>Dst. Port:</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Laptop → R1</b></p>	Src. IP:	Src. Port:	Dst. IP:	Dst. Port:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Src. IP:</td></tr> <tr><td>Src. Port:</td></tr> <tr><td>Dst. IP:</td></tr> <tr><td>Dst. Port:</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>R1 → R2</b></p>	Src. IP:	Src. Port:	Dst. IP:	Dst. Port:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Src. IP:</td></tr> <tr><td>Src. Port:</td></tr> <tr><td>Dst. IP:</td></tr> <tr><td>Dst. Port:</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>R2 → SmartHome Controller</b></p>	Src. IP:	Src. Port:	Dst. IP:	Dst. Port:
Src. IP:														
Src. Port:														
Dst. IP:														
Dst. Port:														
Src. IP:														
Src. Port:														
Dst. IP:														
Dst. Port:														
Src. IP:														
Src. Port:														
Dst. IP:														
Dst. Port:														

0  h)\* Aus Neugier aktivieren Sie die IPv6 Unterstützung auf beiden Routern und wollen testen, ob immernoch alles ordentlich funktioniert. Mit dem Programm Wireshark schneiden Sie prompt folgenden Hexdump eines IP Pakets mit, das ein Gerät in Ihrem Smartnet versendet hat. Markieren Sie die verschiedenen Felder des Headers.

```

0x0000  60 04 02 14 00 2c 06 40      20 01 0d d8 00 00 00 00
0x0010  d3 78 66 ff fe 8f 2e 41     20 01 4c a0 20 01 00 13
0x0020  02 50 56 ff fe ba 37 ac
  
```

0  i) Mit Hilfe der Informationen aus Teilaufgabe h): Erläutern Sie, wie anscheinend das von Ihrem Provider zugeteilte globale /64 Präfix für Ihren Internet Anschluss lautet. Geben Sie es in der gekürzten Schreibweise an.

0  j) Begründen Sie, welches Gerät mit großer Wahrscheinlichkeit der Absender dieses Pakets ist.

### Aufgabe 3 Playing Sys-Admin for your own DNS zone (8 Punkte)

Sie sind Systemadministrator einer kleinen Firma, die sich die Domain `grnvs.tips` gesichert hat. Ihre Aufgabe ist es nun, folgendes Zonefile so auszufüllen, dass die Anforderungen der einzelnen Teilaufgaben erfüllt werden. Der Anfang des Zonefiles ist bereits vorgegeben.

```

$TTL 86400 ; 1 day
grnvs.tips. IN      SOA      ns.grnvs.tips. (
                    hostmaster.grnvs.tips.
                    164160 ; serial
                    1800  ; refresh (30 minutes)
                    300   ; retry (5 minutes)
                    604800 ; expire (1 week)
                    1800  ; nxdomain (30 minutes)
                    )
                    NS       ns.grnvs.tips.
                    NS       ns2.grnvs.tips.
                    A        134.102.13.8
                    AAAA     2001:db8::1

```


a)\* Sie haben bereits zwei Nameserver aufgesetzt. Diese müssen noch in das Zonefile eingetragen werden. Dabei soll der Server mit der IP `134.102.12.1` der Primary Nameserver sein und `134.102.12.2` als Fallback agieren.

	0
	1
	2

b)\* Wenn jemand `grnvs.tips` oder `www.grnvs.tips` in seinem Browser aufruft, soll in beiden Fällen derselbe Webserver antworten.

	0
	1
	2

c)\* Die Backend-Programmierer wünschen sich eine eigene Subdomain für ihren Server. Diese Subdomain soll unter `backend.grnvs.tips` erreichbar sein und hat bereits die IPs `134.102.16.1` und `2001:db20::af`.

	0
	1
	2

d)\* Sie haben einen Vertrag mit `big-muscles.fit` geschlossen und wollen deren Werbetracker auf Ihrer Seite anzeigen. Damit dies den Nutzern nicht sofort auffällt, soll die Subdomain `content.grnvs.tips` auf die Domain `ads.big-muscles.fit` verweisen. Da Sie aber der Firma nicht sehr vertrauen, wollen Sie die maximale Gültigkeit dieses Eintrags auf 2h reduzieren, um schnell auf Änderungen reagieren zu können.

	0
	1
	2

## Aufgabe 4 WEIRDER — Weltraumweiter Inter-Raumstationen Datenverkehr (21 Punkte)

Nach Bewunderung der Technologien aus *Raumpatrouille Orion*<sup>1</sup> begannen Teile der Übungsleitung über diese zu sinnieren. Insbesondere die Möglichkeiten der Textnachrichtenübermittlung führten zu der Frage: Was kann alles schief gehen, wenn man versucht, diese Übertragung mit GRNVS-Methoden umzusetzen? Nachfolgend wird angenommen, dass für die Übertragung der Nachrichten **TCP und IPv4** verwendet werden. Auf Layer 2 wird eine Variante des *Advanced Orbiting Systems (AOS) Space Data Link Protocol*<sup>2</sup> – siehe Abbildung 4.1 – verwendet.

Feld	Länge
Transfer Frame Primary Header	6–9 Oktette
Operational Control Field	4 Oktette
Frame Error Control Field	2 Oktette

Tabelle 4.1: PCI des AOS Space Data Link Protocol

0  a)\* Welche Möglichkeit hat eine Anwendung, das Puffern von Daten durch den TCP-Stack zu unterbinden?

1

0  b)\* Wann kann das Verhindern von Puffern durch den TCP-Stack sinnvoll sein? (Begründung!)

1

0  c)\* Warum ist es im Allgemeinen sinnvoll, dass TCP versucht Daten zu puffern? (Begründung!)

1

0  d)\* Bestimmen Sie die maximale Länge eines TCP Headers. (Begründung!)

1

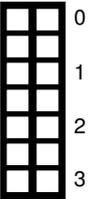
0  e)\* Geben Sie die maximale Größe eines IPv4 Headers in Byte an. (Begründung!)

1

<sup>1</sup>Deutsche Science-Fiction-Fernsehserie

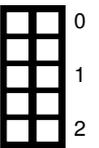
<sup>2</sup>Layer 2 Protokoll, vorgestellt vom *Consultative Committee for Space Data Systems*

f) Bestimmen Sie das minimale Verhältnis von Layer 4 SDU zu Layer 2 PDU, für ein Daten enthaltendes Segment einer aufgebauten TCP Verbindung. (Begründung!)

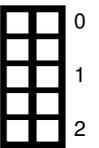


In RFC 791 Abschnitt 3.2 findet sich die folgende Aussage: „Every internet module must be able to forward a datagram of 68 octets without further fragmentation.“<sup>3</sup> (Das Wort *datagram* beschreibt hier ein Paket.)

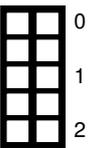
g)\* Begründen Sie obige Aussage des RFC 791.



h) Begründen Sie, wie viele Pakete maximal benötigt werden, minimale MTU vorausgesetzt, um eine 1 B lange TCP SDU zu transportieren.



i) Welchen Einfluss hätte das Setzen des IPv4 Header-Feldes DF auf die Zahl der beim Empfänger ankommenden IPv4 Pakete? (Begründung!)



Obige Rechnung geht unter anderem von der Verwendung von IPv4 aus. Nachfolgend soll der Einfluss eines Wechsels auf IPv6 untersucht werden.

j) Welche Herausforderung für die Berechnung des Verhältnisses von Layer 4 SDU zu Layer 2 PDU (wie in Teilaufgabe f) zu bestimmen) entsteht durch Verwendung von IPv6?



<sup>3</sup>Sinngemäß: Jeder Internetknoten muss in der Lage sein 68 Oktett Pakete ohne Fragmentierung weiterzuleiten.

Im IPv6 spezifizierenden RFC 8200 findet sich folgende Passage:  
 „IPv6 requires that every link in the Internet have an MTU of 1280 octets or greater.“<sup>4</sup>

0  k) Angenommen der Layer 3 Header kann mit 120 B abgeschätzt werden. Was folgt aus der zitierten RFC 8200 Passage für die Zahl der übertragenen IPv6 Pakete?

1 

Um die Verwendung von IPv6 über das AOS Space Data Link Protocol ermöglichen, wird dessen MTU je nach Link auf 1500 B oder 1280 B gesetzt. In dem in Abbildung 4.1 dargestellten Netzwerk will Station Orion Station Challenger eine Layer 3 PDU von 1400 B senden. Alle nötigen Adressenzuordnungen sind bekannt.



Abbildung 4.1: Inter-Raumstationen-Netz

0  l)\* Zeichnen Sie die ausgetauschten Rahmen ein, wenn IPv4 als Layer 3 Protokoll verwendet wird. Geben Sie die verwendeten Layer 2 und Layer 3 Protokolle an.

1 

2 

Orion

Hydra

Challenger

↓

↓

↓

0  m)\* Zeichnen Sie die ausgetauschten Rahmen ein, wenn IPv6 als Layer 3 Protokoll verwendet wird. Geben Sie die verwendeten Layer 2 und Layer 3 Protokolle an.

1 

2 

Orion

Hydra

Challenger

↓

↓

↓

<sup>4</sup>Sinngemäß: IPv6 schreibt vor, dass im Internet jeder Link eine MTU von mindestens 1280 Oktetten hat.

## Aufgabe 5 Datennetz über Blechdosen (10 Punkte)

Gegeben sei das nachfolgend abgebildete Netz bestehend aus den Blechdosen 1 und 2, die mittels einer gespannten Schnur miteinander verbunden sind.

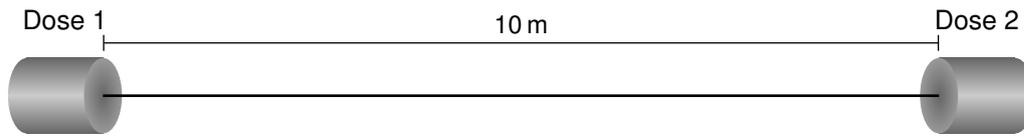


Abbildung 5.1: Direktverbindung zweier Blechdosen mit einer gespannten Schnur.

Information wird in Form der Dauer eines Tons einer bestimmten Frequenz kodiert:

- ein Ton von 200 ms bedeutet ein Startbit
- ein Ton von 100 ms bedeutet logisch 1
- ein Ton von 75 ms bedeutet logisch 0
- die einzelnen Töne sind durch 75 ms idle (kein Ton) voneinander getrennt

Die Ausbreitungsverzögerung von Schall zwischen den Blechdosen werde mit 2000 m/s angenommen.

a)\* Nennen Sie das Analogon zum Startbit bei Ethernet. (ohne Begründung)



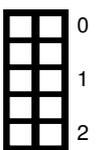
b)\* Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung zwischen den Dosen.



c)\* Von welchem technischen Aspekt ist die maximal erzielbare Datenrate abhängig?

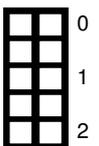


d)\* Bestimmen Sie die durchschnittlich erzielbare Datenrate in bit/s unter der Annahme, dass ein redundanzfreier Datenstrom gesendet werden soll.



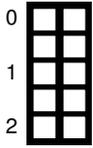
Der String „GAD“ (ohne Anführungszeichen) soll ASCII-kodiert übertragen werden.

e)\* Geben Sie den zu übertragenden String binär an. Markieren Sie Beginn und Ende jedes Codeworts!



f) Bestimmen Sie die Serialisierungszeit (einschließlich Startbit) für diese Nachricht.





g)\* Begründen Sie, ob unter den gegebenen Umständen eine Full-Duplex-Kommunikation möglich ist.

### Aufgabe 6 Kurzaufgaben (5 Punkte)



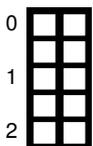
a)\* Für einen Pfad im Internet haben Sie eine MTU von 1500 B bestimmt. Geben Sie eine sinnvolle MSS für TCP-Verbindungen über IPv4 an. Gehen Sie davon aus, dass Sie keine TCP oder IP Optionen für die Verbindung verwenden.



b)\* Erläutern Sie, wieso es sinnvoll ist eine MSS für TCP-Verbindungen in Abhängigkeit der Layer 2 MTU zu bestimmen und nicht einen willkürlich großen Wert zu nehmen.



c)\* Wieso ist bei der Verwendung von TCP (im Gegensatz zu UDP) bei Unix Sockets ein Aufruf von connect() erforderlich, bevor man Daten senden kann?



d)\* Sie sehen im Folgenden mehrere Layer 4 Segmente, die A zu B schickt. Zwei davon gehen verloren. Tragen Sie die korrekten Sequenznummern ein, die B beim Empfangen des jeweiligen Segments bestätigt. Es wird das **Go-Back-N** Verfahren verwendet.

