



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 / Midterm

Datum: Freitag, 8. Juni 2018

Prüfer: Prof. Dr. Uwe Baumgarten

Uhrzeit: 16:30 – 17:15

	A 1	A 2	A 3	A 4
I				
II				

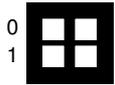
Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst
 - **8 Seiten** mit insgesamt **4 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 45 Punkte, welche dem Bonussystem entsprechend skaliert werden.
- 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.

Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____

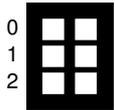
Aufgabe 1 Kurzaufgaben (6 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander zu beantworten.



a)* Was ist das Ziel der Quellenkodierung

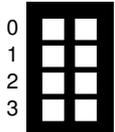
Entfernung von Redundanz.



b)* Gegeben sei die Adresse 172.16.121.71 / 18. Bestimmen Sie die zugehörige Netz- und Broadcastadresse.

Netzadresse: 172.16.64.0

Broadcastadresse: 172.16.127.255



c)* Gegeben sei ein Kanalcode mit der Abbildungsvorschrift $0 \mapsto 00$ und $1 \mapsto 11$. Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit des Übertragungskanals betrage $0 < \epsilon < 1$. Zeigen Sie, dass sich die Chance für ein fehlerhaft dekodiertes Kanalwort im Vergleich zur unkodierten Übertragung nicht ändert.

Die Wahrscheinlichkeit für ein falsches Codewort bei bitweiser Übertragung beträgt offensichtlich ϵ . Beim angegebenen Blockcode wird sicher falsch dekodiert, wenn zwei Bitfehler auftreten, und mit Wahrscheinlichkeit 0,5 bei nur einem Bitfehler (Ratewahrscheinlichkeit), womit sich

$$\epsilon^2 + 2 \cdot \epsilon(1 - \epsilon) \cdot 0,5 = \epsilon^2 + \epsilon - \epsilon^2 = \epsilon$$

ergibt.

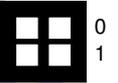
Aufgabe 2 HF-Trading und die Crux der Ausbreitungsgeschwindigkeit (7 Punkte)

High-Frequency-Trading (HF-Trading) ist eine Sparte des weltweiten Börsenhandels. Hierbei werden unter anderem kurzzeitige Kursdifferenzen zwischen verschiedenen Handelsplätzen ausgenutzt.

Wie heise.de am 1. April 2018 berichtete¹, hat das Startup *Shortwave Traders* „einen neuen Weg gefunden, die Latenz auf der Transatlantikstrecke zwischen Frankfurt und New York zu verringern“. In dieser Aufgabe sollen die Grenzen des neuen Verfahrens aufgedeckt werden.

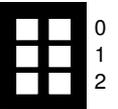
Die Transatlantikstrecke weist eine Distanz von ca. 6200 km auf. Herkömmlicherweise werden Glasfaserleitungen für diese Wegstrecke verwendet. Die Computer seien mit 1 Gbit/s an das Internet angeschlossen. Wir gehen vereinfachend von Paketen der Größe 1500 B aus.

a)* Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung auf der Transatlantikstrecke über konventionelle Glasfaserkabel.



$$t_p = \frac{d}{v \cdot c} = \frac{6200 \text{ km}}{2/3 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 31 \text{ ms}$$

b) Begründen Sie kurz, weswegen die Serialisierungszeit an der Schnittstelle zwischen den Kontinental- und Transatlantikabschnitten vermutlich keine Rolle spielt.



$$t_s = \frac{L}{r} = \frac{1500 \cdot 8 \text{ bit}}{10^9 \text{ bit/s}} = 12 \mu\text{s} \ll t_p$$

Die Serialisierungszeit bei 1 Gbit/s beträgt gerade mal 1/2583 der Ausbreitungsverzögerung über die gesamte Strecke. Da die Datenrate an der betreffenden Schnittstelle sicher nicht um Größenordnungen kleiner sein wird (eher das Gegenteil), kann t_s damit vernachlässigt werden.

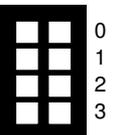
Das Startup versucht die Ausbreitungsverzögerung zu reduzieren, indem anstelle herkömmlicher Glasfaserkabel Kurzwellenfunk verwendet wird, dessen Signale sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Da Kurzwellenfunk aber nicht für hohe Datenraten geeignet ist, reduziert sich die maximale Datenrate auf 2,4 kbit/s.

c)* Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung auf der Transatlantikstrecke bei Nutzung von Kurzwellenfunk.



$$t_p = \frac{d}{v \cdot c} = \frac{6200 \text{ km}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} \approx 20,67 \text{ ms}$$

d) Bestimmen Sie die Rahmengröße, ab der das Verfahren keinen Vorteil mehr gegenüber herkömmlichen Glasfaserleitungen bietet.



$$\frac{L^*}{2400 \text{ bit/s}} = 31 \text{ ms} - 20,67 \text{ ms}$$

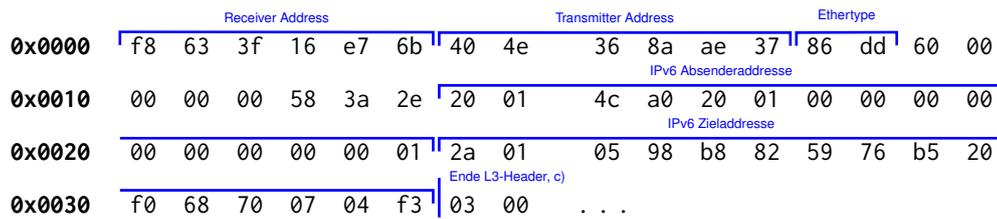
$$L^* = 31 \cdot 10^{-3} \text{ s} \cdot 2400 \text{ bit/s}$$

$$\approx 24,80 \text{ bit} \Rightarrow 3 \text{ B}$$

¹<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Boersenhandel-beschert-Kurzwellenfunk-ein-Comeback-4008891.html>

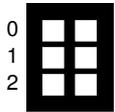
Aufgabe 3 Hexfun (19 Punkte)

Abbildung 3.1 zeigt einen Ethernet-Rahmen (inkl. Header aber ohne FCS). Dieser soll im Folgenden genauer untersucht werden.



Hinweis: Verwenden Sie für diese Aufgabe das beiliegenden Cheatsheet.

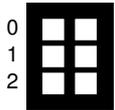
Werden für die nachfolgenden Teilaufgaben keine Begründungen angegeben, so werden diese mit 0 Punkten bewertet.



a)* Markieren **und** benennen Sie alle Felder des Ethernet-Headers direkt in Abbildung 3.1.

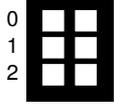
b) Welches Protokoll wird auf Schicht 3 verwendet?

Protokoll: IPv6
Begründung: Ethertype 0x86dd



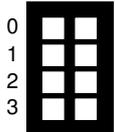
c) Markieren Sie das Ende des Header der Schicht 3 in Abbildung 3.1.

Begründung: IPv6-Header hat feste Länge von 40 B



d) Geben Sie Absender- und Zieladresse der Schicht 3 in ihrer üblichen und (sofern zutreffend) vollständig gekürzten Schreibweise an. Denken Sie daran, Absender- und Zieladresse als solche kenntlich zu machen.

Absender: 2001:4ca0:2001::1
Ziel: 2a01:598:b882:5976:b520:f068:7007:4f3



e) Was folgt auf den Header der Schicht 3?

Protokoll / Header: ICMPv6
Begründung: Next Header 0x3a

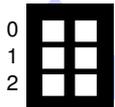


Abbildung 3.2 stellt eine ICMPv6-Nachricht beginnend beim ICMPv6-Header dar.

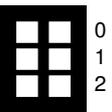
0x0000	03 00 93 78 00 00 00 00	60 0c e6 67 00 28 3a 01
0x0010	2a 01 05 98 b8 82 59 76	b5 20 f0 68 70 07 04 f3
0x0020	2a 00 47 00 00 00 00 09	02 16 3e ff fe 4d 5e 04
0x0030	80 00 3d 1e 62 3d 00 35	48 49 4a 4b 4c 4d 4e 4f
0x0040	50 51 52 53 54 55 56 57	58 59 5a 5b 5c 5d 5e 5f
0x0050	60 61 62 63 64 65 66 67	

Abbildung 3.2: ICMPv6-Nachricht

f)* Um was für eine ICMPv6-Nachricht handelt es sich im Detail?

Art der Nachricht: Time Exceeded / Hop Limit Exceeded in Transit

Begründung: Type = 0x3, Code = 0



g) Was bedeutet eine ICMPv6-Nachricht wie aus Teilaufgabe f) im Allgemeinen?

Das Hop Limit (max. Anzahl der Hops von Quelle zu Ziel) wurde überschritten, bevor das Ziel erreicht wurde. Das Paket wurde deshalb von einem Router verworfen.



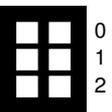
h) Nennen Sie ein mögliches Szenario, bei der ICMPv6-Nachrichten wie aus Teilaufgabe f) absichtlich provoziert werden. (keine Begründung)

Traceroute



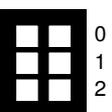
i) Markieren Sie das Ende des ICMPv6-Headers in Abbildung 3.2.

Begründung: Time Exceeded hat feste Länge von 8 B



j) Was ist im Allgemeinen die Payload einer solchen ICMPv6-Nachricht?

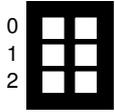
Der IP-Header sowie die ersten 8 B der darauffolgenden Payload desjenigen Pakets, welches den Timeout verursacht hat. (Alternativ nach RFC 4443: so viel wie möglich vom auslösenden Paket, ohne dass die minimum IPv6 MTU überschritten wird.)



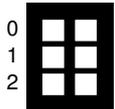
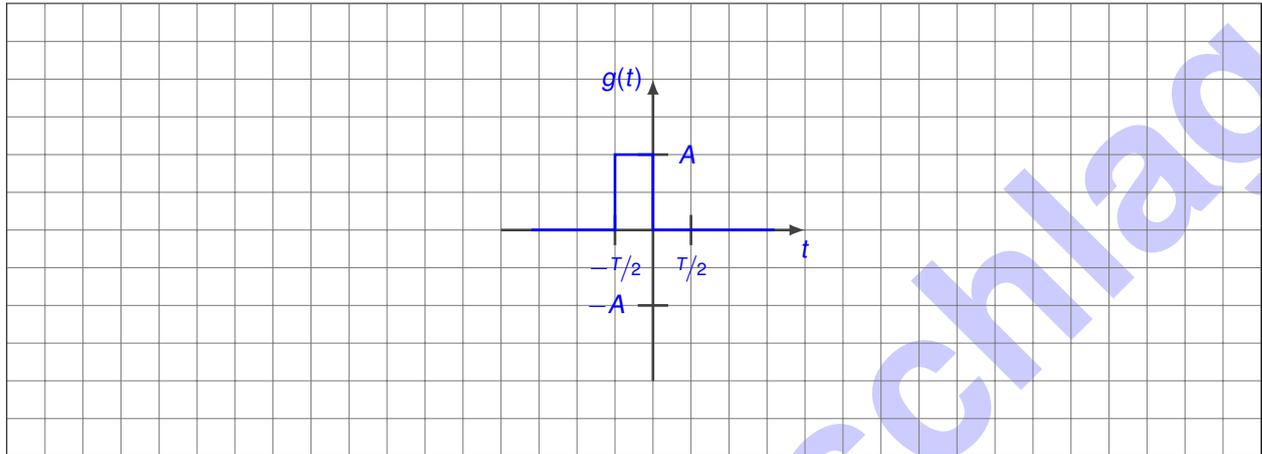
Aufgabe 4 Leitungscodes (13 Punkte)

In dieser Aufgabe betrachten wir den RZ-Grundimpuls

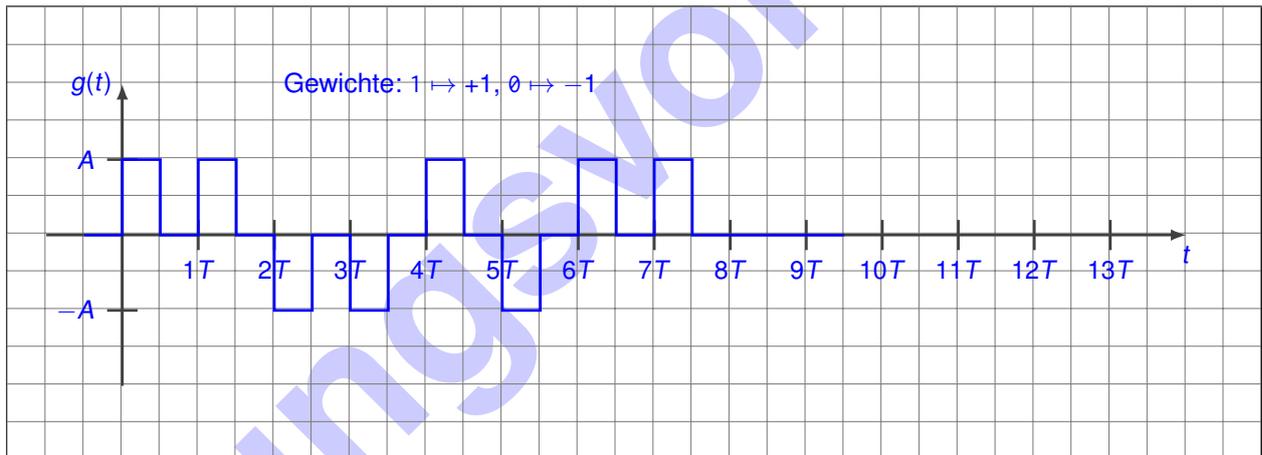
$$g(t) = \begin{cases} A & -T/2 \leq t \leq 0 \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (1)$$



a)* Zeichnen Sie $g(t)$ in das Koordinatensystem ein. Achten Sie auf eine vollständige Beschriftung!



b) Es soll nun die Bitsequenz 1100 1011 übertragen werden. Geben Sie das entstehende Basisbandsignal $s(t)$ an. **Hinweis:** Es gibt zwei gültige Lösungen.

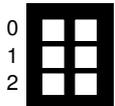


Wir wollen nun das Spektrum $G(f) \bullet \circ g(t)$ untersuchen.



c)* Begründen Sie, weswegen eine Reihenentwicklung von $g(t)$ mittels Fourierreihe nicht möglich ist.

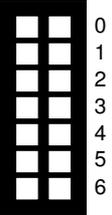
$g(t)$ ist nicht periodisch, mittels Fourierreihe lassen sich aber nur periodische Signale darstellen.



d)* Begründen Sie, ob $G(f)$ ausschließlich reell oder imaginär ist bzw. sowohl reelle als auch imaginäre Anteile enthält.

$g(t)$ ist weder punkt- noch achsensymmetrisch, weswegen $G(f)$ sowohl reelle als auch imaginäre Anteile enthalten muss.

e)* Bestimmen Sie rechnerisch das Spektrum $G(f)$.



$$\begin{aligned} G(f) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{-j2\pi ft} dt \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \int_{-T/2}^0 \cos(2\pi ft) - j \sin(2\pi ft) dt \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{2\pi f} \left([\sin(2\pi ft)]_{-T/2}^0 - j[-\cos(2\pi ft)]_{-T/2}^0 \right) \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{2\pi f} ([0 - \sin(-\pi fT)] + j[1 - \cos(-\pi fT)]) \\ &= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \frac{\sin(\pi fT) + j(1 - \cos(\pi fT))}{2\pi f} \end{aligned}$$

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

