

Name

Vorname

Studiengang (Hauptfach)

Fachrichtung (Nebenfach)

Matrikelnummer

Unterschrift der Kandidatin/des Kandidaten

\_\_\_\_\_  
Note

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

## Fakultät für Informatik

- Midterm
- Endterm
- Wiederholung

**Prüfungsfach:** Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

**Prüfer:** Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

**Datum:** 22.09.2014

**Hörsaal:** \_\_\_\_\_ **Reihe:** \_\_\_\_\_ **Platz:** \_\_\_\_\_

I II

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Σ

--	--

Nur von der Aufsicht auszufüllen:

Hörsaal verlassen von \_\_\_\_ : \_\_\_\_ bis \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Vorzeitig abgegeben um \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Besondere Bemerkungen:







# Wiederholungs-Klausur

## Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle  
Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste  
Fakultät für Informatik  
Technische Universität München

**Montag, 22.09.2014**  
**11:30 – 13:00 Uhr**

- Diese Klausur umfasst **19 Seiten** und insgesamt **6 Aufgaben** sowie ein zusätzlich ausgeteiltes Hilfsblatt mit Protokollheadern. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Schreiben Sie bitte in die Kopfzeile **jeder Seite** Namen und Matrikelnummer.
- Schreiben Sie weder mit roter / grüner Farbe noch mit Bleistift.
- Die Gesamtzahl der Punkte beträgt 85.
- Als Hilfsmittel sind **ein beidseitig handschriftlich beschriebenes DIN-A4-Blatt** sowie **ein nicht-programmierbarer Taschenrechner** zugelassen. Bitte entfernen Sie alle anderen Unterlagen von Ihrem Tisch, schalten Sie Ihre Mobiltelefone aus und packen Sie diese weg.
- Mit \* gekennzeichnete Aufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorhergehender Teilaufgaben lösbar.
- Halten Sie sich bei der Bearbeitung nicht zulange mit einer (Teil-)Aufgabe auf. Wenn Sie die Aufgabe nicht sofort lösen können, machen Sie lieber mit der nächsten Aufgabe weiter.
- **Es werden nur solche Ergebnisse gewertet, bei denen ein Lösungsweg erkennbar ist.** Textaufgaben sind **grundsätzlich zu begründen**, falls es in der jeweiligen Teilaufgabe nicht ausdrücklich anders vermerkt ist.

**Aufgabe 1** Nochmal Fourierreihe (13 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 1.1 dargestellte, periodische Signal, welches im Folgenden als Fourierreihe

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t))$$

dargestellt werden soll. Die Koeffizienten für alle ganzzahligen  $k > 0$  lassen sich, wie aus der Vorlesung bekannt, wie folgt bestimmen:

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(k\omega t) dt, \quad b_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \sin(k\omega t) dt.$$

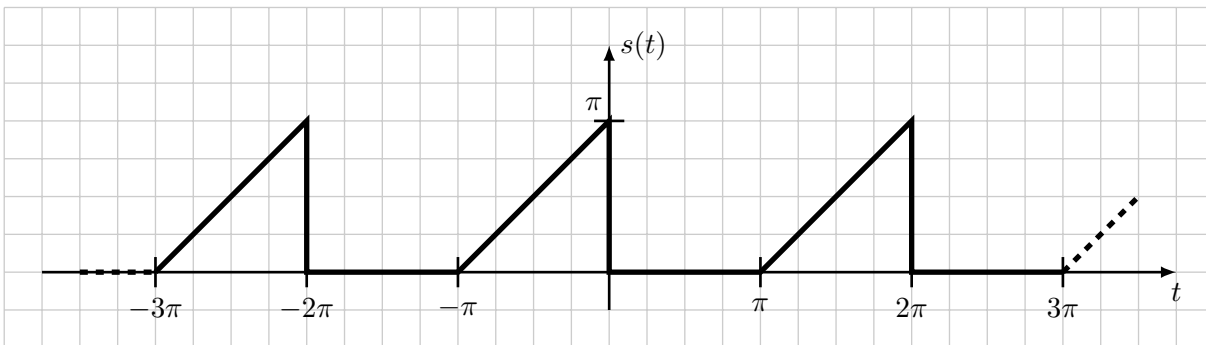
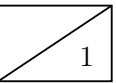
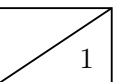


Abbildung 1.1: Periodischer Dreiecksimpuls  $s(t)$

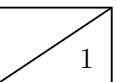
a)\* Begründen Sie, weswegen dieser Grundimpuls nicht gleichstromfrei ist.

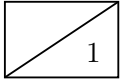


b)\* Bestimmen Sie die Periodendauer  $T$  und Kreisfrequenz  $\omega$  des Signals.

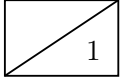


c)\* Geben Sie einen analytischen Ausdruck für den Sendegrundimpuls an, also für  $s(t)$  im Intervall  $t \in [-\pi; \pi)$  an.

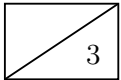




d)\* Bestimmen Sie den Gleichanteil  $\frac{a_0}{2}$ .



e)\* Was lässt sich über  $a_k$  und  $b_k$  für  $k > 0$  sagen? (Begründung!)



f) Bestimmen Sie die Kosinusanteile  $a_k$  für  $k > 0$ .

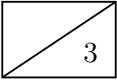
**Hinweis:** Je nach Lösungsweg ist einer der beiden folgenden Hinweise hilfreich:

$$\int t \cos(kt) dt = \frac{kt \sin(kt) + \cos(kt)}{k^2} + const$$
$$\int_a^b f'(t) \cdot g(t) dt = [f(t) \cdot g(t)]_a^b - \int_a^b f(t) \cdot g'(t) dt$$

g) Bestimmen Sie die Sinusanteile  $b_k$  für  $k > 0$ .

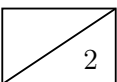
**Hinweis:** Je nach Lösungsweg ist einer der beiden folgenden Hinweise hilfreich:

$$\int t \sin(kt) dt = \frac{\sin(kt) - kt \cos(kt)}{k^2} + const$$
$$\int_a^b f'(t) \cdot g(t) dt = [f(t) \cdot g(t)]_a^b - \int_a^b f(t) \cdot g'(t) dt$$



h) Skizzieren Sie das approximierte Signal  $s'(t) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t)$  in Abbildung 1.1.

**Hinweis:** Die Amplitude muss nicht exakt<sup>1</sup> stimmen. Wichtig ist, dass das Signal phasenrichtig eingezeichnet ist. Es kann hilfreich sein, zunächst die beiden Anteile getrennt einzuzichnen und anschließend deren Summe zu skizzieren.

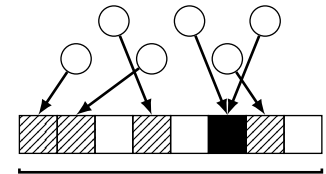


<sup>1</sup>„Nicht exakt“ heißt, dass die Amplitude auf etwa  $\pm 2$  mm stimmen sollte. Außerdem sollten Sinus bzw. Kosinus als solche erkennbar sein.

## Aufgabe 2 Framed Slotted ALOHA (15 Punkte)

Im Folgenden betrachten wir Framed Slotted ALOHA, eine Erweiterung zu Slotted Aloha, welches als Medienzugriffsverfahren bei RFID<sup>2</sup> zum Einsatz kommen kann. Wir gehen davon aus, dass eine Menge von  $n$  Stationen, im Folgenden Tags genannt, mit einem so genannten Reader kommunizieren. Wir betrachten in dieser Aufgabe lediglich einen Anwendungsfall, nämlich das Auffinden der verschiedenen Tags durch den Reader. Dies geschieht wie folgt:

- Der Reader sendet die Framelänge  $s$  an alle Tags in Reichweite. Die Framelänge ist dabei eine natürliche Zahl, welche die Anzahl der Slots angibt.
- Jeder Tag  $N_i$ ,  $1 \leq i \leq n$ , wählt zufällig und gleichverteilt einen Slot  $S_j$ ,  $1 \leq j \leq s$ , während dem der eigene Identifier an den Reader gesendet wird.
- Wenn mehrere Tags im selben Slot senden, kommt es zu einer Kollision. Diese wird vom Reader durch die Überprüfung der Prüfsumme erkannt.
- Ein Slot, in welchem eine Identifizierung gelingt, d.h. genau ein Tag sendet, wird als **Discovery Slot** bezeichnet.



Frame mit  $s$  Slots

○ RFID-Tag (Anzahl  $n$ )

□ Freier Slot

▨ Discovery Slot

■ Slot mit Kollisionen

Abbildung 2.1: Funktionsweise Framed Slotted Aloha

a)\* Um welche Art von Multiplexing-Verfahren handelt es sich hierbei?

b)\* Bestimmen Sie allgemein die Wahrscheinlichkeit  $p$ , dass ein Tag  $N_i$  im Slot  $S_j$  sendet.

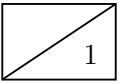
Sei  $X_j$  die Zufallsvariable, welche die Anzahl gleichzeitig sendender Tags während des Slots  $S_j$  angibt. Diese ist abhängig von der Anzahl der Slots  $s$  im Frame und der Anzahl der Tags  $n$ .  $\Pr_{s,n}[X_j = k]$  beschreibt also die Wahrscheinlichkeit, dass bei gegebenem  $s$  und  $n$  genau  $k$  Tags im Slot  $S_j$  senden.

c) Bestimmen Sie allgemein die Wahrscheinlichkeit dafür, dass es sich bei Slot  $S_j$  um einen Discovery Slot handelt.

<sup>2</sup>Dabei handelt es sich um ein Verfahren zur kabellosen Identifikation von Objekten, z.B. elektronische Etiketten in der Warenwirtschaft.

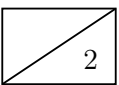
Gehen Sie nun von  $n = 10$  Tags und einer Framelänge von  $s = 20$  Slots aus.

d) Berechnen Sie nun die Wahrscheinlichkeit aus Teilaufgabe c) als Zahlenwert.

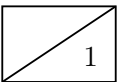


e)\* Bestimmen Sie für den allgemeinen Fall die maximale Anzahl  $m(s, n)$  der in einem Frame identifizierbaren Tags in Abhängigkeit von der Framelänge  $s$  und der Anzahl der Tags  $n$ .

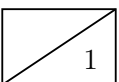
**Hinweis:** Fallunterscheidung.



f)\* Begründen Sie, welches Problem auftritt, wenn  $n \ll s$  gilt, d.h. die Anzahl der Tags erheblich kleiner ist als die Anzahl der Slots.

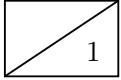


g)\* Begründen Sie, welches Problem auftritt, wenn  $n \gg s$  gilt, d.h. die Anzahl der Tags erheblich größer ist als die Anzahl der Slots.

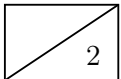




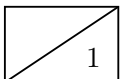
Gehen Sie nun von einer Datenrate von  $r = 2400 \frac{\text{bit}}{\text{s}}$  für die Tags aus. Die Größe eines gesendeten Identifiers mit Prüfsumme betrage  $l = 12 \text{ B}$ .



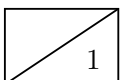
h)\* Bestimmen Sie die Dauer  $t_{\text{slot}}$  eines Slots.



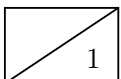
i) Geben Sie allgemein die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass im Slot  $S_j$  **kein** Tag sendet.



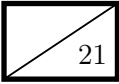
j) Bestimmen Sie die erwartete Zeit  $t_{\text{idle}}$  in Sekunden innerhalb eines Frames, während der kein Tag sendet.



k) Bestimmen Sie die Zähldichte (diskrete Wahrscheinlichkeitsdichte)  $\Pr_{s,n}[X_j = k]$ .



l) Welche Verteilung liegt  $X_j$  zu Grunde?

**Aufgabe 3 Hexfun (21 Punkte)**

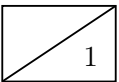
Gegeben sei der Hexdump aus Abbildung 3.1, welcher einen 86 B langen Rahmen (Ethernet ohne FCS) darstellt. Die linke Spalte gibt den Offset (hexadezimal) in Vielfachen von Bytes an. Die beiden nachfolgenden Spalten repräsentieren die Daten (hexadezimal) in Blöcken zu je 8 Byte in Network-Byte-Order.

```
0x0000: 08 60 6e 45 dc e6 00 1c    14 01 4e 18 86 dd 60 00
0x0010: 00 00 00 20 06 40 2a 01    04 f8 0d 16 19 43 00 00
0x0020: 00 00 00 00 00 02 2a 02    02 e0 03 fe 10 01 77 77
0x0030: 77 2e 00 02 00 85 ce 44    00 50 9b 94 59 c9 2f e7
0x0040: 5d 10 50 10 65 00 85 88    00 00 47 45 54 20 2f 68
0x0050: 65 78 0d 0a 0d 0a
```

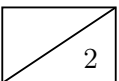
Abbildung 3.1: Hexdump eines Ethernet-Rahmens (inkl. L2-Header) in Network-Byte-Order.

Im Folgenden werden wir diese Nachricht schrittweise untersuchen. **Nutzen Sie zur Lösung die auf dem Beiblatt abgebildeten Protokoll-Header und Zusatzinformationen.**

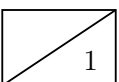
a)\* Was ist der Unterschied zwischen „Host-Byte-Order“ und „Network-Byte-Order“?



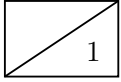
b)\* Begründen Sie, weswegen überhaupt zwischen Host-Byte-Order und Network-Byte-Order zu unterscheiden ist.



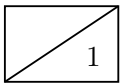
c) Das Datum 0x12 habe die Byte-Order Little-Endian. Geben Sie das Datum in Big-Endian an.



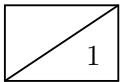
Für die nachfolgenden Teilaufgaben ist es sicher hilfreich, wenn Sie sich Anfang und Ende der jeweiligen Header in Abbildung 3.1 markieren. **Bitte beachten Sie, dass die nachfolgenden Teilaufgaben nur dann bewertet werden, wenn ersichtlich ist, wie Sie auf die Antwort gekommen sind** (z. B. Angabe der Werte der betreffenden Header-Felder).



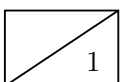
d)\* Geben Sie für das erste und letzte Byte des Ethernet-Headers den Offset in Bytes vom Beginn des Rahmens an.



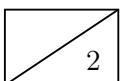
e) Welches Protokoll wird auf Schicht 3 verwendet?



f) Geben Sie Funktion und Wert der L3-Header-Felder an, welche auf dem Transportweg von Routern verändert werden müssen.



g) Welche Länge hat die L3-SDU?



h) Markieren Sie die Absender- und Empfänger-Adresse im L3-Header. (Zeichnen Sie es direkt in Abbildung 3.1 ein und machen Sie kenntlich, welche der Adressen zum Absender und welche zum Empfänger gehört.)

i) Woran ist zu erkennen, dass TCP als L4-Protokoll verwendet wird?

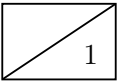
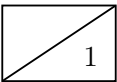


Abbildung 3.2 zeigt die Schicht-4-PDU (TCP) des in Abbildung 3.1 abgebildeten Rahmens. Diese soll im Folgenden weiter untersucht werden. **Auch für die folgenden Teilaufgaben ist jeweils eine Begründung anzugeben.**

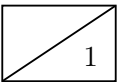
```
0x0000:  ce 44 00 50 9b 94 59 c9    2f e7 5d 10 50 10 65 00
0x0010:  85 88 00 00 47 45 54 20    2f 68 65 78 0d 0a 0d 0a
```

Abbildung 3.2: Hexdump der TCP-Payload (inkl. L4-Header) in Network-Byte-Order.

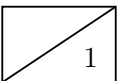
j)\* Geben Sie den Quellport der Nachricht in Dezimaldarstellung an.

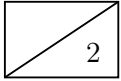


k)\* Geben Sie den Zielport der Nachricht in Dezimaldarstellung an.

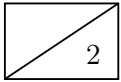


l) Für welches Protokoll auf der Anwendungsschicht ist die Nachricht offenbar bestimmt?

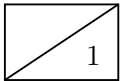




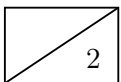
m)\* Geben Sie zwei Gründe an, weswegen Sie auf Basis der Ihnen bekannten Informationen nicht bestimmen können, wie viele Byte bis zum jetzigen Zeitpunkt über diese TCP-Verbindung bereits ausgetauscht wurden.



n)\* Wie groß ist die TCP-Payload für die Anwendungsschicht?



o)\* Können nach diesem Segment innerhalb der laufenden TCP-Verbindung weiterhin Daten in dieselbe Richtung übertragen werden?



p)\* Können nach diesem Segment innerhalb der laufenden TCP-Verbindung noch Daten in die Gegenrichtung übertragen werden?

#### Aufgabe 4 Domain Name System (15 Punkte)

Es sei zunächst die in Abbildung 4.1 dargestellte DNS-Struktur gegeben.

15

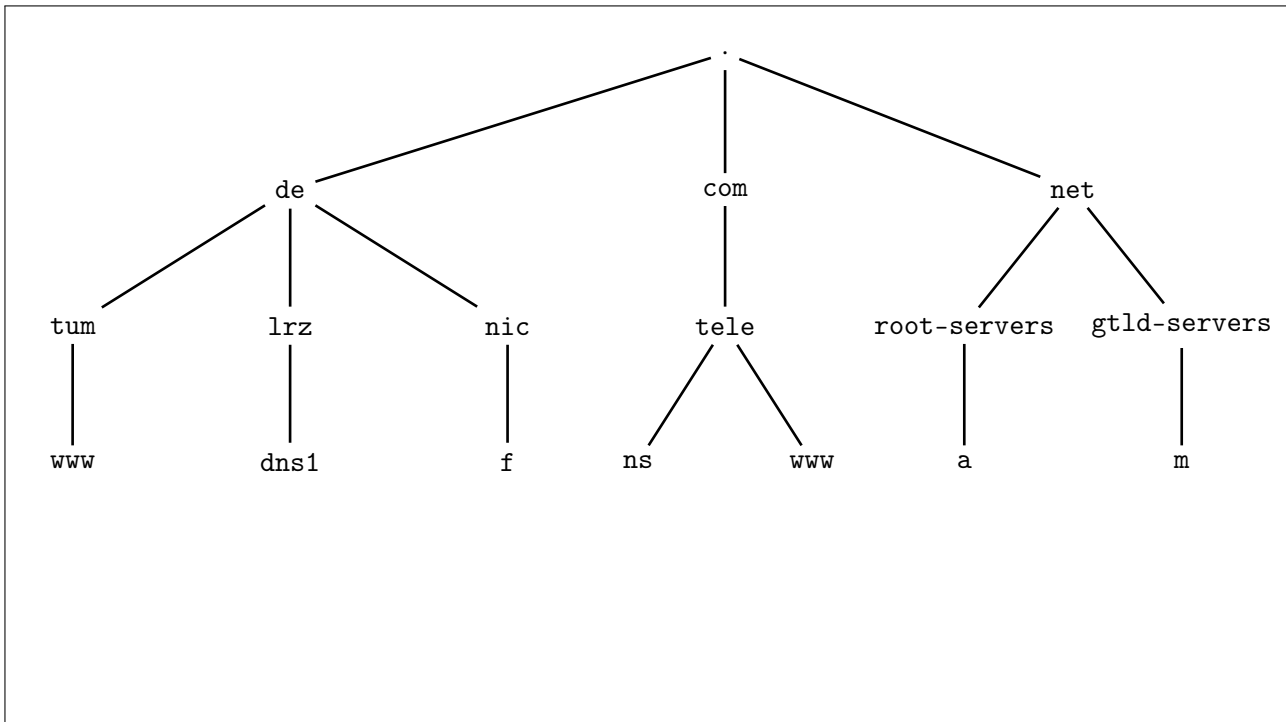


Abbildung 4.1: DNS-Struktur

a)\* Erläutern Sie kurz, wozu DNS verwendet wird.

1

b)\* Ordnen Sie DNS einer Schicht im ISO/OSI-Modell zu. (keine Begründung notwendig)

1

c)\* Markieren und benennen Sie für den FQDN `www.tum.de` alle Namensbestandteile.

2

`www.tum.de.`

Es sei nun zusätzlich die Zonendatei für `in.tum.de.` aus Abbildung 4.2 gegeben. Für diese Zone ist ein DNS-Server namens `nsa.in.tum.de.` autoritativ.

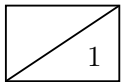
```
$ORIGIN in.tum.de.
$TTL 1H

@ IN SOA nsa.in.tum.de. admin.in.tum.de. (...)

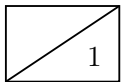
in.tum.de.      IN   NS   nsa.in.tum.de.
in.tum.de.      IN   MX   10 gchq.in.tum.de.

nsa.in.tum.de.  IN   A    131.159.0.1
www.in.tum.de.  IN   A    168.144.144.106
gchq.in.tum.de. IN   A    131.159.0.76
```

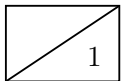
Abbildung 4.2: DNS Zonendatei auf `nsa.in.tum.de`



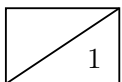
d)\* Markieren Sie in Abbildung 4.2 die Zeilen, welche die Adress-Records für Hosts enthalten.



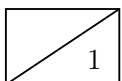
e)\* Welche Funktion hat der MX-Record?



f) Ergänzen Sie Abbildung 4.1 basierend auf den Informationen aus der Zonendatei in Abbildung 4.2.



g)\* Welche Möglichkeiten ergeben sich, wenn mehrere FQDNs auf dieselbe IP-Adresse verweisen?



h)\* Welche Vorteile kann es haben, wenn einem FQDN mehrere IP-Adressen zugeordnet sind?

Wir betrachten nun die in Abbildung 4.3 dargestellte Netzwerktopologie. Der Client nutzt den Router als Zugangspunkt zum Internet sowie als rekursiven DNS-Server (sogenannter Resolver). Der Router seinerseits nutzt `ns.tele.com.` als Resolver zur rekursiven Namensauflösung. Dessen IP-Adresse sei dem Router bekannt. Alle anderen DNS-Server nutzen iterative Namensauflösung, wobei nur `ns.tele.com.` Rekursion erlaubt. Die für die jeweiligen Zonen autoritativen Namensserver sind in Tabelle 4.1 aufgelistet.

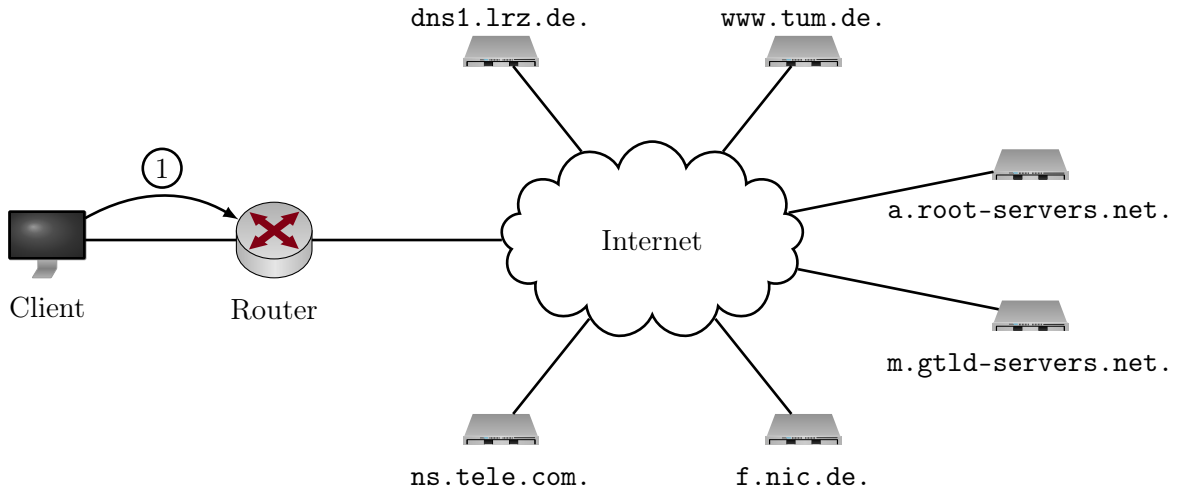
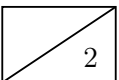


Abbildung 4.3: Netztopologie

Zone	autoritativer DNS-Server
.	<code>a.root-servers.net.</code>
<code>com., net.</code>	<code>m.gtld-servers.net.</code>
<code>de.</code>	<code>f.nic.de.</code>
<code>tum.de., lrz.de.</code>	<code>dns1.lrz.de.</code>
<code>tele.com.</code>	<code>ns.tele.com.</code>

Tabelle 4.1: Zonen und autoritative DNS-Server

i)\* Erläutern Sie den Unterschied zwischen rekursiver und iterativer Namensauflösung.





Nehmen Sie für die folgenden Teilaufgaben an, dass alle DNS-Caches zunächst leer sind.

2

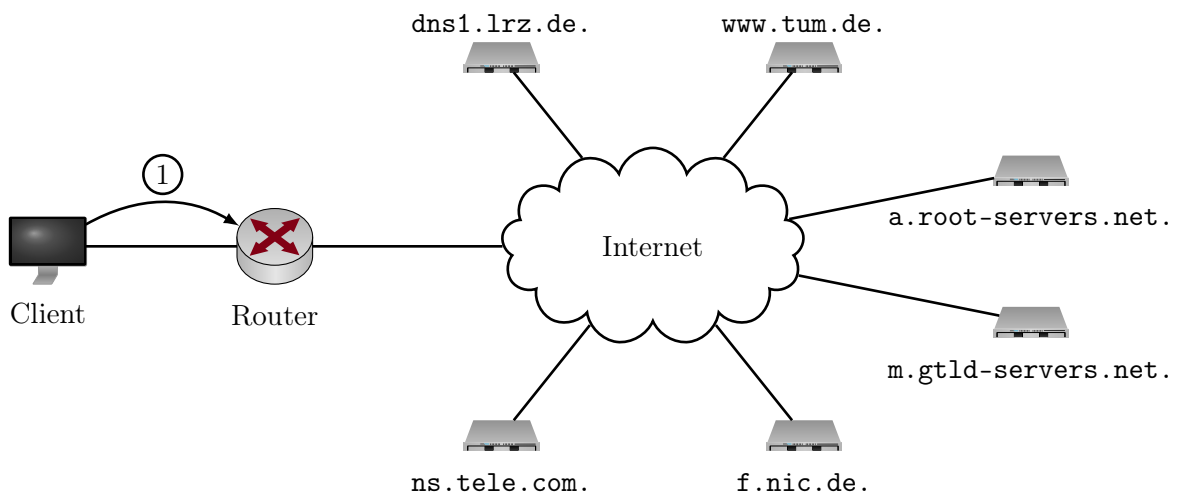
j) Der Client möchte nun auf `www.tum.de.` zugreifen. Zeichnen Sie in Abbildung 4.3 unter Verwendung von Tabelle 4.1 alle notwendigen DNS-Nachrichten mittels Pfeilen ein und nummerieren Sie diese der Reihenfolge nach. Die erste Nachricht ist als Hilfestellung bereits gegeben.

**Hinweis:** Bei Bedarf finden Sie am Ende dieser Aufgabe einen weiteren Vordruck von Abbildung 4.3. Bitte streichen Sie ungültige Lösungen deutlich.

2

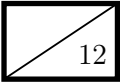
k) Im unmittelbaren Anschluss möchte der Client nun `www.in.tum.de.` auflösen. Erläutern Sie kurz, inwiefern sich diese Auflösung von der in Teilaufgabe j) unterscheidet.

Zusätzlicher Vordruck für Teilaufgabe j):

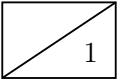


**Aufgabe 5 Verschlüsselung (12 Punkte)**

In dieser Aufgabe betrachten wir eine binäre Blockchiffre mit Blockgröße  $n = 4$  bit. Die Verschlüsselung wird durch eine Permutation der Bits realisiert.



a)\* Berechnen Sie die Anzahl der möglichen Schlüssel.

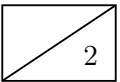


Verwenden Sie nun die konkrete Permutation

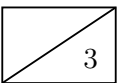
$$\pi = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}.$$

Als Initialisierungsvektor wird  $IV = 1010$  verwendet.

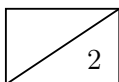
b)\* Verschlüsseln Sie den Klartext  $m = 1001\ 0011\ 1011\ 0111$  mit Hilfe des ECB-Modes.



c)\* Bestimmen Sie die Klartextnachricht  $m$  für den Chiffretext  $c = 1000\ 1110\ 1100$  unter der Annahme, dass der CBC-Mode für die Verschlüsselung verwendet wurde.

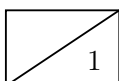


d)\* Nennen Sie zwei Schwächen des ECB-Modes.

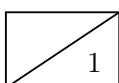


Eine Methode zum Brechen einer Verschlüsselung ist der sogenannte Brute-Force-Angriff. Dabei werden einfach alle möglichen Schlüssel auf einen Geheimtext angewendet und das Ergebnis mit einem bekannten Klartext verglichen, bis der korrekte Schlüssel ermittelt wurde.

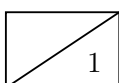
Nehmen Sie an, dass ein 56 bit langer Schlüssel bei einer Blockgröße von jetzt  $n' = 64$  bit verwendet wurde. Ihnen liegt zu einem Chiffretext der entsprechende Klartext vor. Ferner sind Sie in der Lage, pro Sekunde 100 GB zu ver- bzw. entschlüsseln.



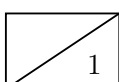
e)\* Berechnen Sie die Anzahl der Schlüssel, die auf diese Weise pro Sekunde getestet werden können.



f) Berechnen Sie die mittlere Zeit, bis der richtige Schlüssel gefunden ist.



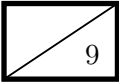
g) Welche Schlussfolgerung bezüglich der langfristigen Sicherheit der so verschlüsselten Daten können Sie aus der obigen Rechnung ziehen?



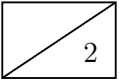
h)\* Welche Kriterien muss eine Zahl erfüllen, sodass es sich um eine Primzahl handelt?

**Aufgabe 6 Kurzaufgaben (9 Punkte)**

Die folgenden Kurzaufgaben sind **jeweils unabhängig voneinander**. Stichpunktartige Antworten sind ausreichend!

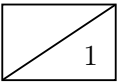


a)\* Ein Router fragmentiert ein eingehendes IPv4-Paket der Größe 1280 B aufgrund einer Folge-MTU von 660 B. Geben Sie in der nachfolgende Tabelle entsprechend die Werte der IPv4-Header-Felder an. Gehen Sie von minimalen IPv4-Headern aus.

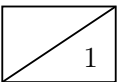


Paket/Fragment	Total Length	DF	MF	Fragment Offset
eingehendes Paket				
ausgehendes Fragment 1				
ausgehendes Fragment 2				

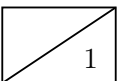
b)\* Beschreiben Sie, was man unter einer Collision Domain versteht.



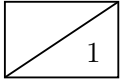
c)\* Beschreiben Sie, was man unter einer Broadcast Domain versteht.



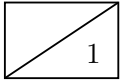
d)\* Was ist der wesentliche Unterschied zwischen Switching und Routing?



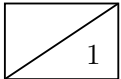
e)\* Was versteht man unter einem „Burstfehler“?



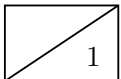
f)\* Nennen Sie je eine Gemeinsamkeit und einen Unterschied zwischen Bus und Hub.



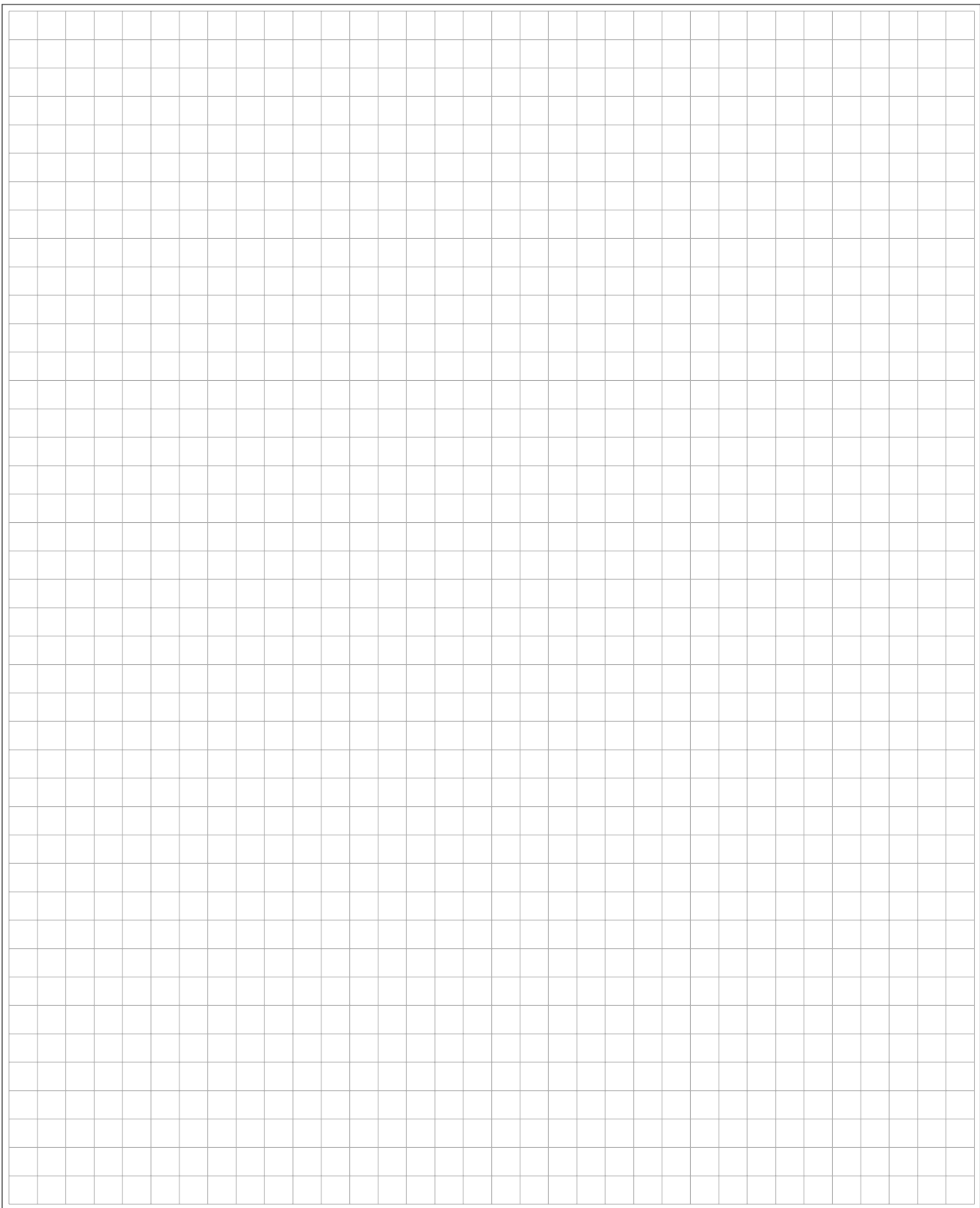
g)\* Geben Sie die Datenrate  $r = 1 \frac{\text{Gbit}}{\text{s}}$  in der Einheit  $\frac{\text{MiB}}{\text{s}}$  an.



h)\* Eine IPv4-Adresse ist 4 B lang. Wie lang ist eine IPv6-Adresse?



**Zusätzlicher Platz für Lösungen – bitte markieren Sie deutlich die Zugehörigkeit zur jeweiligen Aufgabe und streichen Sie ungültige Lösungen!**

A large rectangular grid of graph paper, consisting of 20 columns and 30 rows of small squares. The grid is empty and intended for writing solutions to the problems on the page.