

## Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

**Modul:** IN0010

**Datum:** 28.07.2015

**Prüfer:** Prof. Dr. Uwe Baumgarten

**Prüfung:** Endterm

	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
Erstkorrektur					
Zweitkorrektur					

**Hörsaal verlassen** von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

**Vorzeitig abgegeben** um \_\_\_\_\_

**Sonstiges** \_\_\_\_\_



## Endterm

# Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Prof. Dr. Uwe Baumgarten  
Fachgebiet für Betriebssysteme  
Fakultät für Informatik  
Technische Universität München

**Dienstag, 28.07.2015**  
**11:00 – 12:30**

- Diese Klausur umfasst
  - **20 Seiten** mit insgesamt **5 Aufgaben** sowie
  - eine beidseitig bedruckte **Formelsammlung**.Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Mit \* gekennzeichnete Aufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorheriger Teilaufgaben lösbar.
- **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.
- Schreiben Sie weder mit roter / grüner Farbe noch mit Bleistift.
- Die Gesamtzahl der Punkte beträgt 85.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
  - ein **nicht-programmierbarer Taschenrechner**
  - ein **Wörterbuch** Deutsch ↔ Muttersprache **ohne Anmerkungen**
- Schalten Sie Ihre **Mobiltelefone vollständig aus** und packen Sie diese sowie alle weiteren elektronischen Geräte und sonstige Unterlagen in Ihre Taschen und verschließen Sie diese.

### Hinweis:

- Sofern nicht anders gegeben, gehen wir davon aus, dass  $1 \text{ B} = 8 \text{ bit}$  gilt.

## Aufgabe 1 New Horizons (16 Punkte)

*New Horizons* ist eine Raumsonde der NASA, die heute vor zwei Wochen nach einer Reisezeit von mehr als neun Jahren ihr Hauptziel Pluto erreichte, der bis 2012 als äußerster Planet unseres Sonnensystems galt<sup>1</sup>. Die Kommunikation mit ihr ist infolge der großen Entfernung zur Erde eine technische Herausforderung, die wir im Folgenden näher untersuchen.

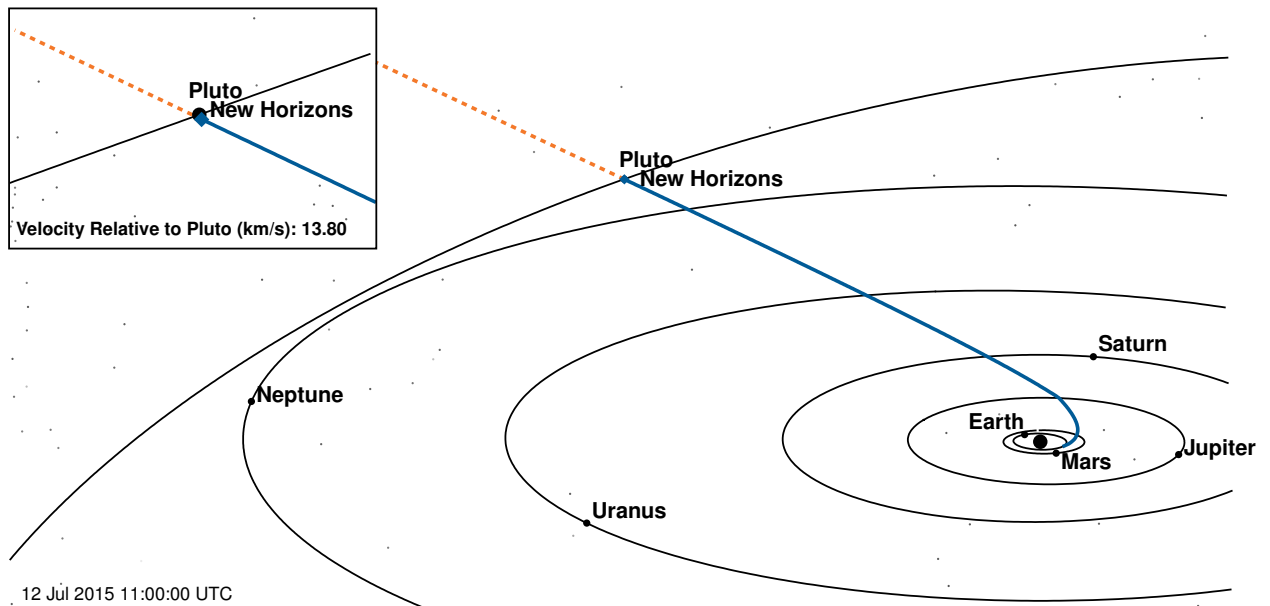


Abbildung 1.1: Flugbahn<sup>2</sup> der Sonde *New Horizons* seit ihrem Start

a)\* Ein am 14. Juli 2015 von der Sonde gesendetes Signal benötigte bis zum Eintreffen auf der Erde knapp 4 h 25 min. Bestimmen Sie die Distanz zwischen Raumsonde und Erde in km.

	i	ii
0		
1		
2		

b)\* Man geht davon aus, dass die Sonde 60 Tage benötigen wird, um 5 Gbit gesammelten Daten zur Erde zu übertragen. Bestimmen Sie die durchschnittliche Übertragungsrate in der Einheit bit/s.

	i	ii
0		
1		
2		

<sup>1</sup>Wegen seiner geringen Größe, einiger Anomalien in seiner Umlaufbahn um die Sonne sowie zahlreichen ähnlichen Objekten, die im Kuipergürtel vermutet werden, gilt Pluto heute offiziell nicht mehr als Planet. Gebräuchlich ist die Bezeichnung „Zwergplanet“.

<sup>2</sup>Bildquelle: <http://pluto.jhuapl.edu/Mission/Where-is-New-Horizons/index.php>

Die Sonde verwendet nur **ein** Modulationsverfahren mit unterschiedlichen Signalraumzuordnungen, die in Abbildung 1.2 dargestellt sind. Je nach Signalqualität wird eine dieser Zuordnungen ausgewählt.

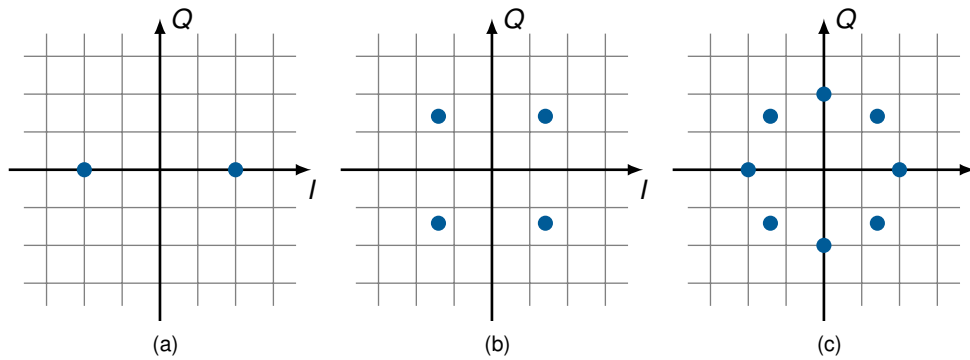
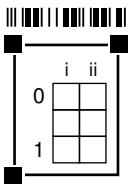
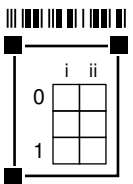


Abbildung 1.2: Mögliche Signalräume

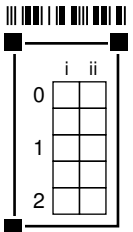
c)\* Begründen Sie, um welches Modulationsverfahren es sich handeln muss.



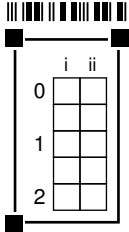
d)\* Wie viele Bit pro Symbol können in den Signalräumen (a) – (c) aus Abbildung 1.2 jeweils dargestellt werden?



e)\* Erläutern Sie, welche der drei Optionen im Allgemeinen die geringste Bitfehlerrate aufweisen wird.

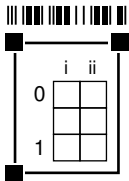


Vereinfachend sei angenommen, dass die Sonde Daten in Rahmen fester Länge zu je 1000 B zur Erde übermittelt. Infolge der großen Distanz sei ohne weitere Maßnahmen mit einer Bitfehlerrate von  $\epsilon = 10^{-3}$  zu rechnen. Vereinfachend wird angenommen, dass Bitfehler unabhängig voneinander und gleichverteilt auftreten.

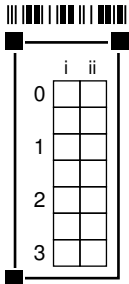


f)\* Bestimmen Sie unter diesen Umständen die Wahrscheinlichkeit, dass ein von der Sonde übertragener Rahmen fehlerfrei übertragen wird.

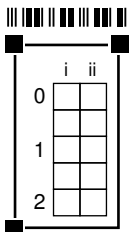
Um dennoch Bilder an die Erde übertragen zu können, wird nun ein fehlerkorrigierender Code eingesetzt. Dieser bildet 251 bit lange Blöcke auf 255 bit lange Codewörter ab und erlaubt die Korrektur von bis zu 2 beliebigen Einzelbitfehlern pro Codewort.



g)\* In wie viele Codewörter wird jeder Rahmen unterteilt?



h)\* Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit für ein korrekt übertragenes Codewort.



i) Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit für einen korrekt übertragenen Rahmen bei Verwendung der beschriebenen Kanalkodierung.

## Aufgabe 2 Drahtthai (14 Punkte)

Gegeben sei der in Abbildung 2.1 dargestellte Hexdump in Network-Byte-Order eines Ethernet-Rahmens, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

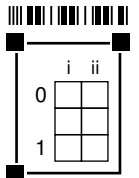
```

0x0000  d0 e1 40 97 ec ea 00 0d    2e 00 40 01 08 00 45 00
0x0010  00 38 00 00 00 00 f1 01    8c 2b 3e 9a 59 2e ac 13
0x0020  f9 bd 0b 00 bf 50 00 00    00 00 45 00 00 3c 15 b2
0x0030  00 00 01 11 ea 81 ac 13    f9 bd 81 bb 91 f1 d4 0f
0x0040  82 be 00 28 de b8
    
```

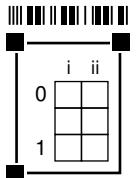
Abbildung 2.1: Hexdump eines Ethernet-Rahmens in Network-Byte-Order

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

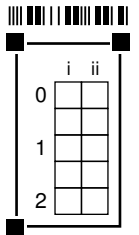
a)\* Markieren Sie in Abbildung 2.1 Beginn und Ende des Ethernet-Headers.



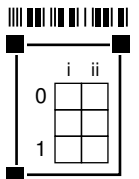
b) Begründen Sie, welches Protokoll auf Schicht 3 verwendet wird.



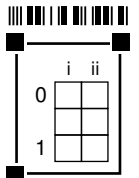
c) Bestimmen Sie die Länge des Headers auf Schicht 3 (Begründung) und markieren Sie dessen Ende in Abbildung 2.1.



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



e) Begründen Sie, zu welchem Protokoll die L3-SDU gehört.

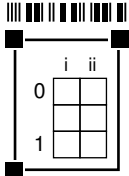


Gegeben sei die in Abbildung 2.2 dargestellte SDU der Schicht 3 **eines anderen Pakets**. Es sei bekannt, dass es sich hierbei um ICMPv4 handelt.

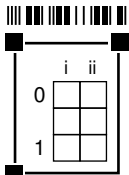
```

0x0000  0b 00 bf 50 00 00 00 00    45 00 00 3c 15 c6 00 00
0x0010  01 11 ea 6d ac 13 f9 bd    81 bb 91 f1 ec 38 82 c4
0x0020  00 28 c6 89
  
```

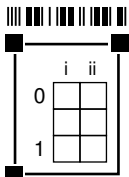
Abbildung 2.2: ICMP-Nachricht inklusive ICMP-Header in Network-Byte-Order



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

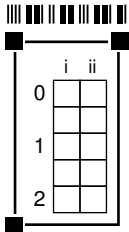


g) Wodurch wird eine solche Nachricht hervorgerufen?

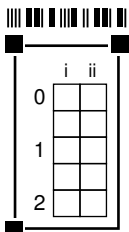


h)\* Markieren Sie das Ende des ICMP-Headers in Abbildung 2.2.

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



j)\* Erläutern Sie, weswegen ein NAT zwischen TCP/UDP und ICMP unterscheiden muss.



k) Erläutern Sie, wie ein NAT-fähiger Router den Empfänger dieser konkreten ICMP-Nachricht ermitteln kann.



### Aufgabe 3 Domain Name System (DNS) (16 Punkte)

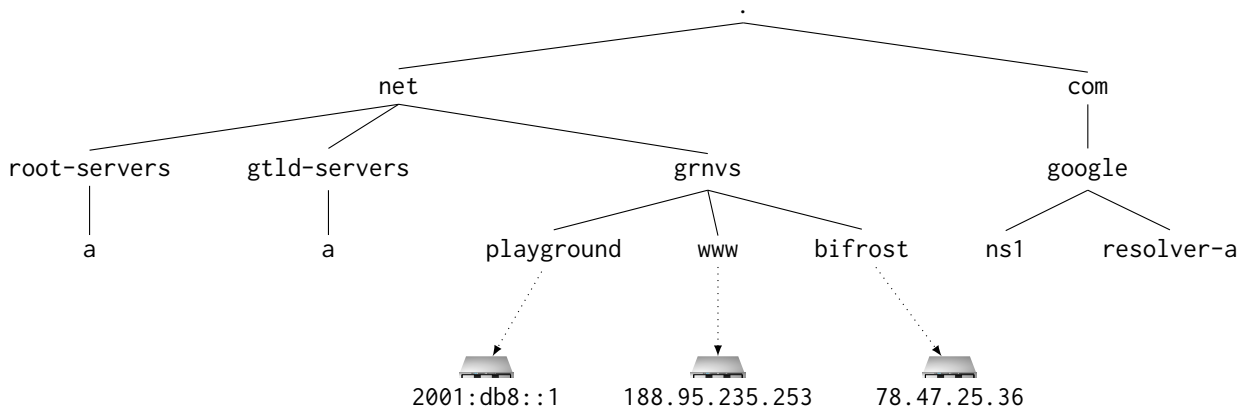
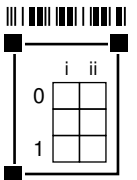


Abbildung 3.1: DNS Namespace

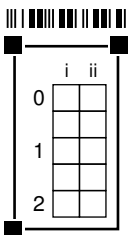
Abbildung 3.1 zeigt einen Ausschnitt aus dem DNS Namespace. Die Zone `grnvs.net.` wird auf dem autoritativen Nameserver `bifrost.grnvs.net.` gehostet. Die den FQDNs zugeordneten IP-Adressen sind durch die abgebildeten Server gegeben.

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



b)\* Markieren und benennen Sie für den FQDN `playground.grnvs.net.` **alle** Namensbestandteile so genau wie möglich.

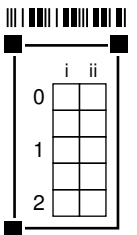
`playground.grnvs.net.`



c)\* Vervollständigen Sie das gegebene Zonefile für die Zone `grnvs.net.`. Der SOA Record ist bereits vollständig gegeben. Markieren Sie FQDNs durch geeignete Schreibweise deutlich.

**Hinweis:** Es sind zusätzliche Leerzeilen gegeben. Streichen Sie ungültige Einträge deutlich.

FQDN	Record-Typ	Wert
<code>grnvs.net.</code>	SOA	<code>bifrost.grnvs.net. root@grnvs.de. 1 30m 5m 7d 1m</code>



Wir betrachten nun die in Abbildung 3.2 dargestellte Netzwerktopologie. **Client 1** und **Client 2** nutzen den **Router** als Zugangspunkt zum Internet sowie als Resolver. Der Router seinerseits nutzt `resolver-a.google.com.` als Resolver zur rekursiven Namensauflösung. Dessen IP-Adresse sei dem Router bekannt. Die autoritativen Nameserver erlauben keine Rekursion. Die für die jeweiligen Zonen autoritativen Nameserver sind in Tabelle 3.1 aufgelistet.

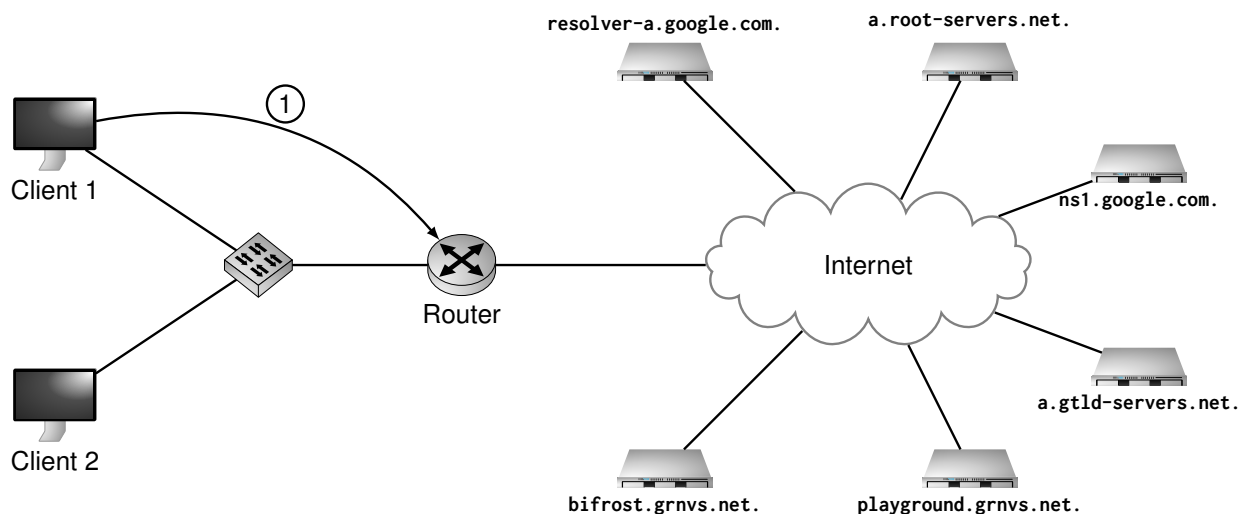


Abbildung 3.2: Netztopologie

Zone	autoritativer Nameserver
.	a.root-servers.net.
com., net.	a.gtld-servers.net.
google.com.	ns1.google.com.
grnvs.net.	bifrost.grnvs.net.

Tabelle 3.1: Zonen mit zugehörigen autoritativen Nameservern

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

d)\* **Client 1** möchte nun auf `playground.grnvs.net.` zugreifen. Zeichnen Sie in Abbildung 3.2 unter Verwendung von Tabelle 3.1 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 auf Seite 9 einen weiteren Vordruck von Abbildung 3.2. Streichen Sie ungültige Lösungen deutlich.

e) Im unmittelbaren Anschluss möchte **Client 2** die Adresse von `www.grnvs.net.` auflösen. Erklären Sie kurz, inwieweit sich diese Auflösung von Teilaufgabe 3d) unterscheidet.

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

	i	ii
0		
1		
2		

g) Bei welchen Nachrichtenpaaren aus Teilaufgabe 3d) handelt es sich um iterative Namensauflösung?

	i	ii
0		
1		

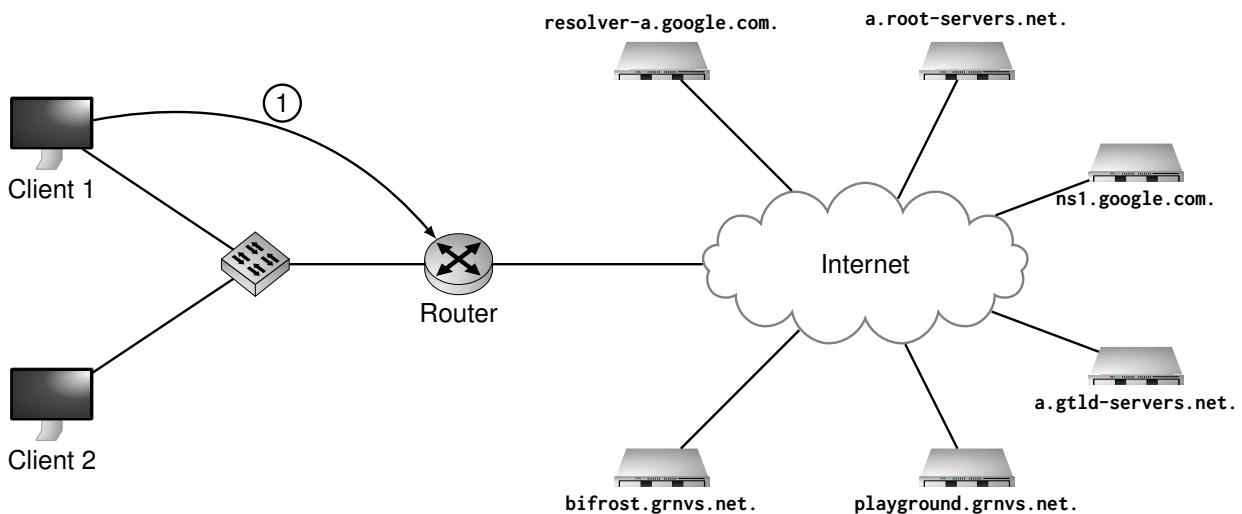
h)\* Begründen Sie, weshalb DNS-Nachrichten im Allgemeinen über UDP und nicht über TCP übertragen werden.

	i	ii
0		
1		
2		

i)\* Zu welcher IP-Adresse gehört der Reverse DNS FQDN 4.4.8.8.in-addr.arpa.?

	i	ii
0		
1		

**Zusätzlicher Vordruck zu Teilaufgabe 3d). Streichen Sie ungültige Lösungen deutlich.**



## Aufgabe 4 IPv4 und Routing (20 Punkte)

Gegeben sei die Netzwerktopologie aus Abbildung 4.1. **R** bindet die Netze **NET1** und **NET2** an das Internet an. **R** ist seinerseits über **GW** an das Internet angeschlossen. Für die Verbindung zu **GW** wird das Netz 188.95.233.96/27 verwendet.

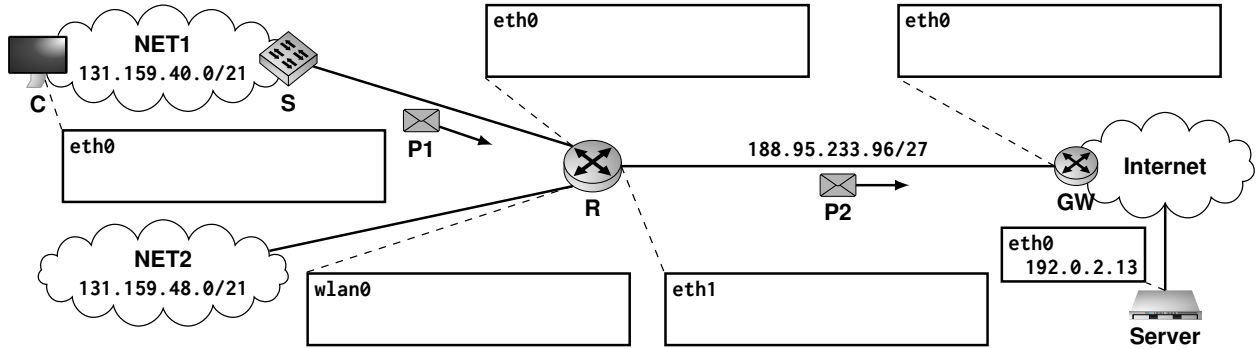


Abbildung 4.1: Topologie

a)\* Geben Sie für die Adressblöcke 131.159.40.0/21 und 188.95.233.96/27 jeweils Netzadresse, Broadcastadresse und die Anzahl nutzbarer Adressen an.

	131.159.40.0/21	188.95.233.96/27
Netzadresse		
Broadcastadresse		
Anzahl nutzbare Adressen		

b) Tragen Sie in den Lösungsfeldern in Abbildung 4.1 die jeweilige IPv4-Adresse im angeschlossenen Netzwerk ein. **R** soll die jeweils höchste, **C** und **GW** sollen die jeweils kleinste nutzbare IPv4-Adresse im jeweiligen Subnetz erhalten.

c)\* Begründen Sie, ob **NET1** und **NET2** in der Routingtabelle von **GW** zusammengefasst werden können.

d)\* Nennen und erklären Sie das Verfahren, mit dem ein Router entscheidet, über welches Interface ein Paket weitergeleitet wird.

e) Geben Sie die vollständige Routingtabelle für **R** einschließlich aller direkt angeschlossenen Netzwerke an, sodass **NET1** und **NET2** das Internet erreichen und von dort erreicht werden können. Fassen Sie soweit möglich zusammen.

**Hinweis:** Es sind zusätzliche Leerzeilen gegeben. Streichen Sie ungültige Einträge deutlich.

Destination	Next Hop	Interface

	i	ii
0		
1		
2		
3		
4		

Client **C** sendet nun einen Echo Request an den Server mit der IPv4-Adresse 192.0.2.13. ICMP-Header und Payload seien insgesamt 64 Oktette lang. Im Folgenden sind für dieses Paket Headerfelder an den Punkten **P1** und **P2** (siehe Abbildung 4.1) anzugeben. Sofern ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl. Das verwendete Zahlensystem ist eindeutig zu kennzeichnen. Adressen sind in der Form <Gerät>.<Interface>.<Adresstyp> (z.B. R.wlan0.MAC) anzugeben.

**Hinweis:** Bei Bedarf finden Sie am Ende dieser Aufgabe weitere Vordrucke.

f)\* Tragen Sie im Lösungsfeld die konkreten Werte der Ethernet-Header ein.

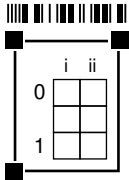
<b>P1:</b>				Payload	FCS
<b>P2:</b>				Payload	FCS

	i	ii
0		
1		
2		

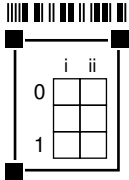
g)\* Tragen Sie im Lösungsfeld die konkreten Werte der IP-Header ein.

<b>P1:</b>	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									0																							
4B	0								0	1	0	0																				
8B	(Header Checksum)																															
12B																																
16B																																
	ICMP Header and Payload																															
<b>P2:</b>	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									0																							
4B	0								0	1	0	0																				
8B	(Header Checksum)																															
12B																																
16B																																
	ICMP Header and Payload																															

	i	ii
0		
1		
2		
3		



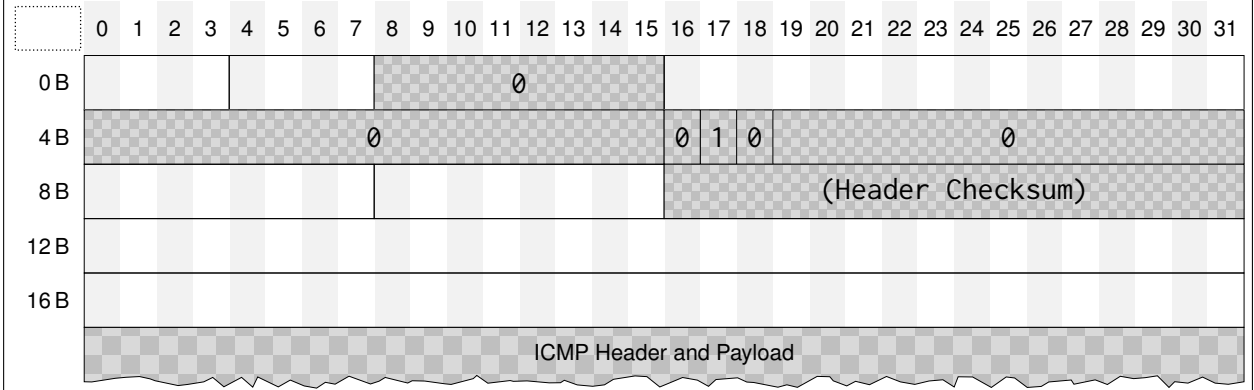
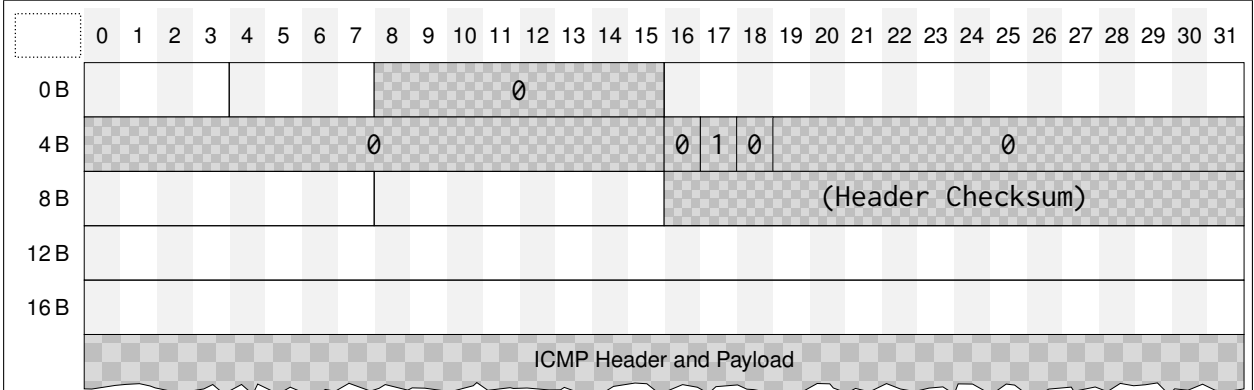
h)\* Über welches Verfahren könnte die IPv4-Adresse am Interface **C.eth0** automatisch konfiguriert werden?



i)\* Argumentieren Sie, warum der Router **R** ein Paket mit der Zieladresse 10.0.0.1 nicht weiterleiten sollte.

**Zusätzliche Vordrucke zu den Teilaufgaben 4f) und 4g). Geben Sie unbedingt eine Zuordnung zu den Beobachtungspunkten an und streichen Sie ungültige Lösungen deutlich.**

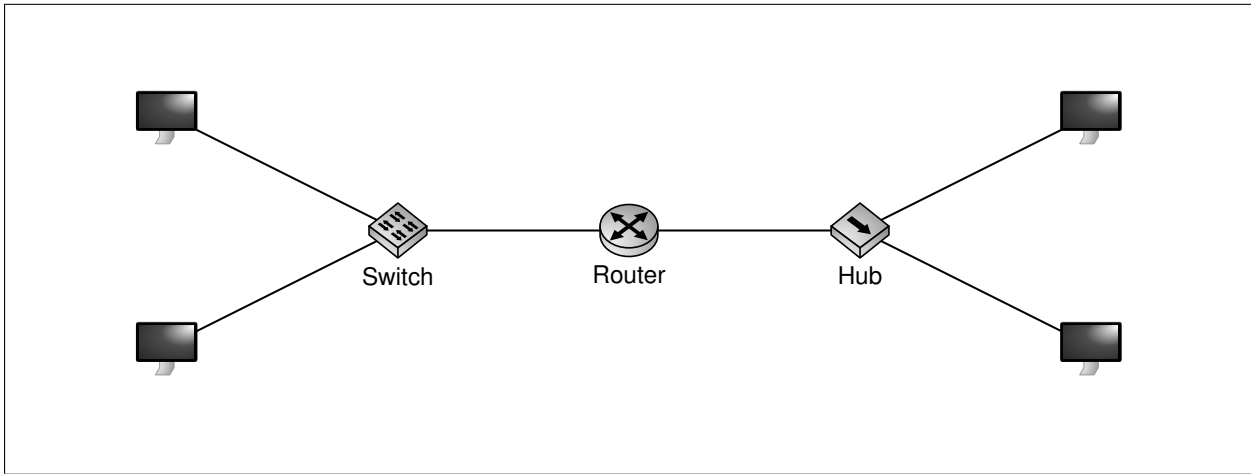
<input type="checkbox"/>				Payload	FCS
<input type="checkbox"/>				Payload	FCS



## Aufgabe 5 Kurzaufgaben (19 Punkte)

**Hinweis:** Die folgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.

a)\* Kennzeichnen Sie im untenstehenden Netzwerk **alle** Kollisions- und Broadcast-Domänen.



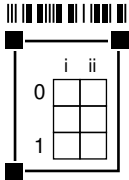
	i	ii
0		
1		
2		

b)\* Ein wertkontinuierliches Signal unbekannter Wahrscheinlichkeitsverteilung soll im Wertebereich  $[-3, 3]$  so quantisiert werden, dass der Quantisierungsfehler innerhalb dieses Bereichs minimal ist und die resultierenden Signalstufen mit 2 bit darstellbar sind. Bestimmen Sie die Quantisierungsstufen und den maximalen Quantisierungsfehler innerhalb des gegebenen Intervalls.

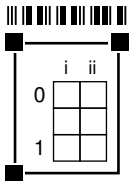
	i	ii
0		
1		
2		

c)\* Gegeben sei eine gedächtnislose Nachrichtenquelle, welche Zeichen aus dem Alphabet  $\mathcal{A} = \{a, b, c, d\}$  emittiert. Bestimmen Sie die Auftrittswahrscheinlichkeiten der einzelnen Zeichen, so dass die Quellenentropie maximal wird.

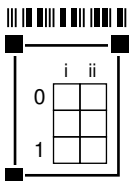
	i	ii
0		
1		



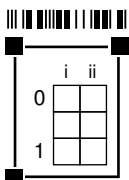
d)\* Erläutern Sie kurz das Prinzip von *Slotted ALOHA*.



e)\* Erläutern Sie kurz das Prinzip von *CSMA*.



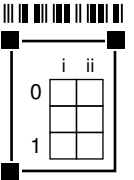
f)\* Erläutern Sie kurz, welche Ergänzungen *CSMA/CD* gegenüber reinem CSMA hat.



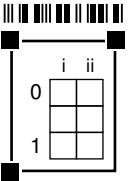
g)\* Erläutern Sie kurz, welche Ergänzungen *CSMA/CA* gegenüber reinem CSMA hat.



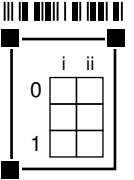
h)\* Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen Adressen auf Schicht 2 und Schicht 3 hinsichtlich ihrer Verwendung?



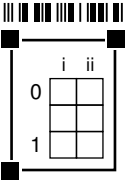
i)\* Was ist im Allgemeinen der Unterschied zwischen einem *Oktett* und einem *Byte*.



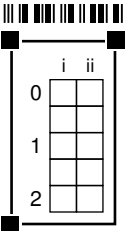
j)\* Begründen Sie, ob es möglich ist, zwei IP-Subnetze über denselben Switch zu betreiben.

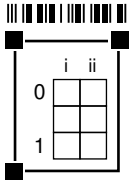


k)\* Geben Sie allgemein eine Formel zur Umrechnung von x GB nach y MiB an.

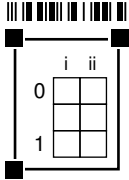


l)\* Gegeben sei ein Link mit einer MTU von 1280 B. Berechnen Sie die MSS bei Verwendung von IPv6.

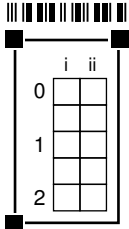




m)\* Eine Gruppe von Personen sitzt zusammen. Um zu entscheiden, wer sprechen darf, wird ein Gegenstand herumgereicht. Derjenige, der den Gegenstand gerade in der Hand hält, darf entweder sprechen oder den Gegenstand an seinen Nachbarn weitergeben. Welchem Medienzugriffsverfahren entspricht dies?



n)\* Was ist der Unterschied zwischen *Host-Byte-Order* und *Network-Byte-Order*?



o)\* Geben Sie einen wesentlichen Unterschied zwischen den beiden Klassen von Routingprotokollen an.

---

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

