

## Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

**Modul:** IN0010  
**Prüfer:** Prof. Dr. Uwe Baumgarten

**Datum:** 28.07.2015  
**Prüfung:** Endterm

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

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

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

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

Lösungsvorschlag

## 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 B = 8 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.

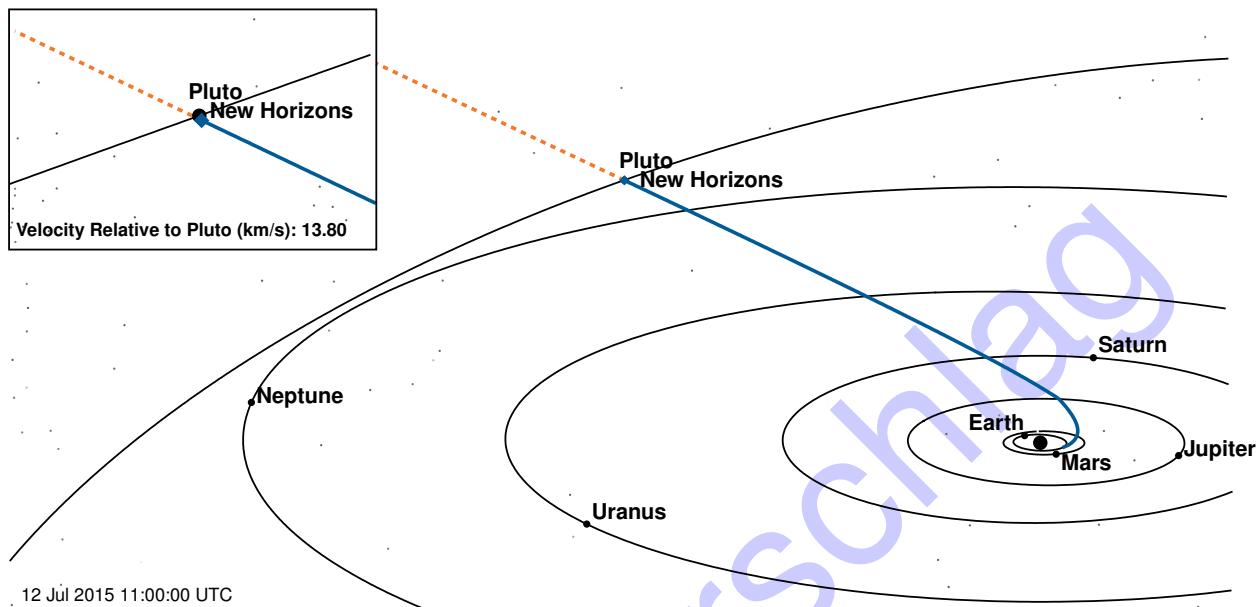


Abbildung 1.1: Flugbahn<sup>2</sup> der Sonde *New Horizons* seit ihrem Start

- 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.

$$t_p = \frac{d}{\nu c} \Rightarrow d = t_p \cdot \nu c = |_{\nu=1} (4 \cdot 60 + 25) \cdot 60 \text{ s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 4,77 \cdot 10^9 \text{ km}$$

- 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.

$$t_s = \frac{I}{r} \Rightarrow r = \frac{I}{t_s} = \frac{5 \cdot 10^9 \text{ Gbit}}{60 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} \approx 965 \frac{\text{bit}}{\text{s}}$$

<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 Zuordnung ausgewählt.

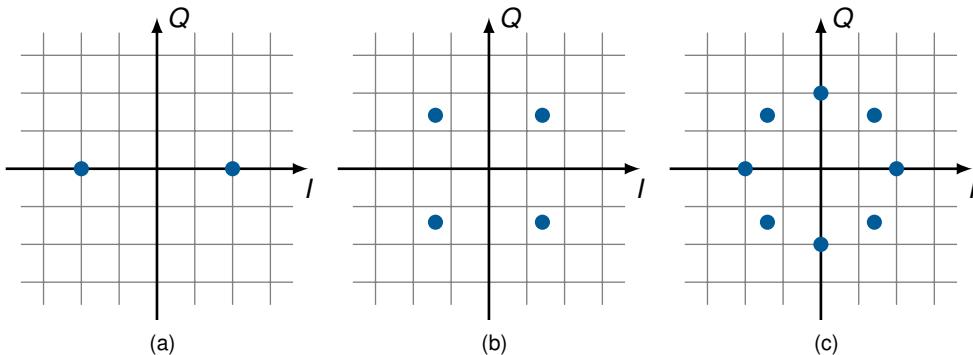
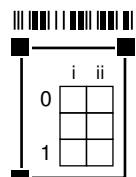


Abbildung 1.2: Mögliche Signalräume

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

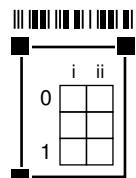
Phase Shift Keying, da die Signalraumpunkte stets auf dem Einheitskreis um den Koordinatenursprung angeordnet sind.

Alternativ Ausschlussverfahren: (b) ist nicht ASK, da offensichtlich ein Quadraturanteil enthalten ist. (c) ist nicht QAM, da die Energie (Betrag des Vektors vom Ursprung zum jeweiligen Signalraumpunkt) stets konstant ist. Es bleibt also nur PSK.



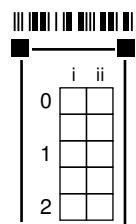
d)\* Wie viele Bit pro Symbol können in den Signalräumen (a) – (c) aus Abbildung 1.2 jeweils dargestellt werden?

Bei  $N$  Signalraumpunkten kodiert jedes der  $N$  Symbole  $\log_2(N)$  bit. Folglich sind es 1 bit, 2 bit bzw. 3 bit pro Symbol.

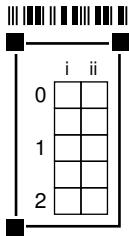


e)\* Erläutern Sie, welche der drei Optionen im Allgemeinen die geringste Bitfehlerrate aufweisen wird.

BPSK (a) ist in diesem Fall die robusteste Modulation, da nur zwischen zwei Signalraumpunkten unterschieden werden muss, deren Abstand voneinander maximal ist.



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.

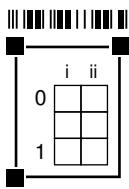
Sei  $X$  eine ZV, die die Anzahl der Bitfehler pro Rahmen zählt. Dann ist die Wahrscheinlichkeit für einen erfolgreich übertragenen Rahmen  $\Pr[X = 0]$

$$\Pr[X = 0] = (1 - \epsilon)^I = 0,999^{1000 \cdot 8} \approx 3,34 \cdot 10^{-4},$$

also fast 0.

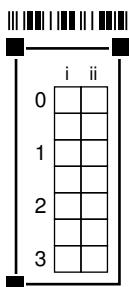


Um dennoch Bilder an die Erde übertragen zu können, wird nun ein fehlerkorrigierender Code eingesetzt. Dieser bildet 251 bit lange Blöcke auf 255 bit lange Codewörter ab und erlaubt die Korrektur von bis zu 2 beliebigen Einzelbitfehlern pro Codewort.



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

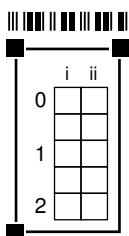
$$N = \left\lceil \frac{I}{n} \right\rceil = \left\lceil \frac{8000 \text{ bit}}{251 \text{ bit}} \right\rceil = 32$$



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

Sei  $X'$  eine ZV, die die Anzahl der Bitfehler pro Codewort zählt. Dann ist die Wahrscheinlichkeit für einen erfolgreich übertragenen Codewort

$$\begin{aligned} \Pr[X' \leq 2] &= \sum_{i=0}^2 \binom{n}{i} \epsilon^i (1 - \epsilon)^{n-i} \\ &= \sum_{i=0}^2 \binom{255}{i} \cdot 0,001^i \cdot 0,999^{255-i} \\ &= 0,999^{255} + 255 \cdot 0,001 \cdot 0,999^{254} + 32385 \cdot 0,001^2 \cdot 0,999^{253} \\ &= 99,80 \% = \epsilon' \end{aligned}$$



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

Analog zu Teilaufgabe 1f):

$$\Pr[Y = 0] = (1 - \epsilon')^N = 0,998^{32} \approx 93,80 \%$$



## Aufgabe 2 Drahthai (14 Punkte)

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

Ethernet Header																
0x0000	d0	e1	40	97	ec	ea	00	00	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.

Ethertype **0x0800** steht für IPv4.

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

Bei IPv4 ist die Headerlänge als Vielfaches von 4 B im unteren Nibble des ersten Bytes (IHL) kodiert.  
Konkret: **0x45** → **0x5** = 20 B.

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

TTL ist **0xf1** = 241

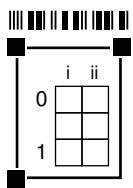
e) Begründen Sie, zu welchem Protokoll die L3-SDU gehört.

Protokollnummer ist **0x01** = ICMPv4.

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.

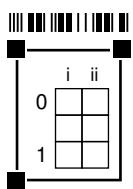
	Type	Code	Ende ICMPv4-Header										
0x0000	0b	00	bf	50	00	00	00	00	45	00	00	3c	15
0x0010	01	11	ea	6d	ac	13	f9	bd	81	bb	91	f1	ec
0x0020	00	28	c6	89					38	82	c4		

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



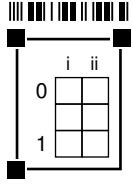
f)\* Bestimmen Sie Typ und Code der ICMP-Nachricht.

Time Exceeded / TTL expired in transit



g) Wodurch wird eine solche Nachricht hervorgerufen?

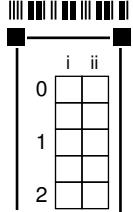
Wenn ein Router ein Paket mit TTL=1 (bzw. bei IPv6 mit HopCount 1) erhält, welches weitergeleitet werden soll, so wird dieses verworfen und stattdessen ein Time Exceeded / TTL expired in transit an den ursprünglichen Absender des verworfenen Pakets zurückgeschickt.



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

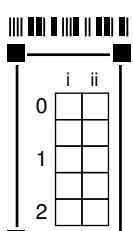
i) Erläutern Sie, was die Payload einer solchen Nachricht grundsätzlich enthält.

Die Payload enthält den IP-Header sowie die ersten 8 B der L3-SDU desjenigen Pakets, welches die ICMP TTL Exceeded Nachricht ausgelöst hat.



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

ICMP hat keine Portnummern sondern ICMP-Identifier, welche stattdessen von einem NAT verwendet werden können.



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

Die letzten 8 B der Payload enthalten die IP-Adresse des Absenders der ursprünglichen Nachricht (welche verworfen wurde) sowie entweder den ICMP-Identifier oder im konkreten Fall die UDP-Portnummern (insbesondere den Quellport).

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

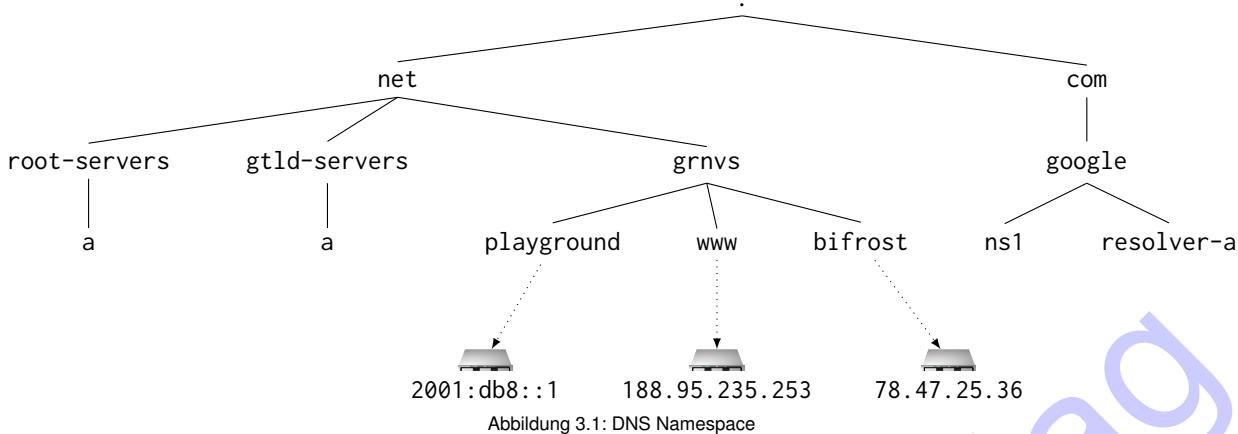
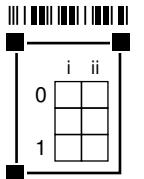


Abbildung 3.1 zeigt einen Ausschnitt aus dem DNS Namespace. Die Zone grnvs.net. wird auf dem autoritativen Nameserver bifrost.grnvs.net. gehostet. Die den FQDNs zugeordneten IP-Adressen sind durch die abgebildeten Server gegeben.

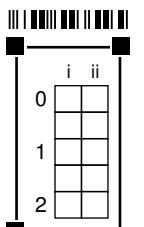
a)\* Erläutern Sie kurz, wozu das DNS verwendet wird.

Mapping zwischen FQDNs und IP-Adressen.



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

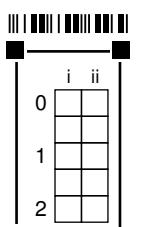
Second Level Domain  
Hostname / Sublevel domain → playground.grnvs.net. ← Root  
Toplevel Domain



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
grnvs.net.	SOA	bifrost.grnvs.net. root.grnvs.de. 1 30m 5m 7d 1m
grnvs.net.	NS	bifrost.grnvs.net.
playground.grnvs.net.	AAAA	2001:db8::1
www.grnvs.net.	A	188.95.235.253
bifrost.grnvs.net.	A	78.47.25.36



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.

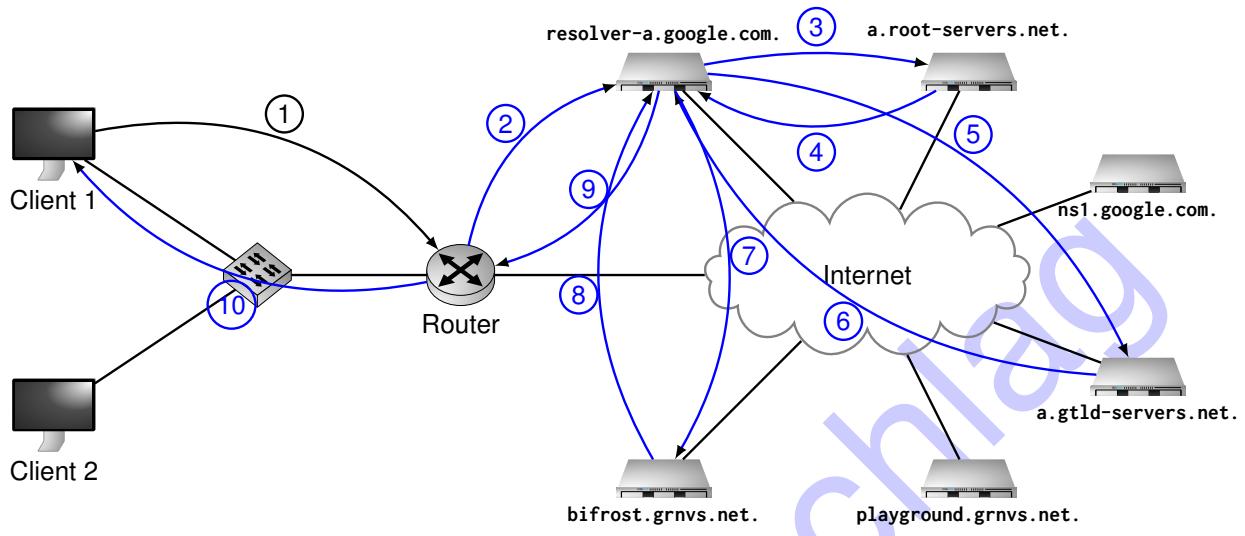


Abbildung 3.2: Netztopologie

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.

Anfrage an Router, dann zu resolver-a.google.com. (soweit identische), von dort direkt an bifrost.grnvs.net. da der autoritative Nameserver für grnvs.net. bereits gecached ist.

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

Bei rekursiver Auflösung wird nur eine Anfrage nach einem Resource Record an ein konfigurierten Resolver gestellt, welcher die finale Antwort zurück liefert. Bei iterativer Auflösung wird stattdessen der FQDN beginnend bei der Root-Zone (bzw. beim letzten bekannten SOA) aufgelöst, indem die für die jeweiligen Zonen autoritativen Namensserver angefragt werden. Deren Antworten beinhalten entweder den FQDN eines autoritativen Nameserver der nächst-tieferen Zone oder den finalen Resource Record, falls der angefragte Nameserver dafür autoritativ ist.

i	ii
0	
1	
2	

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

3-8

i	ii
0	
1	

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

TCP ist ein verbindungsorientiertes Protokoll, UDP ist verbindungslos. Damit Daten (hier DNS-Nachrichten) ausgetauscht werden können, muss zunächst eine Verbindung aufgebaut werden. Dies nimmt durch den notwendigen 3-Way-Handshake zusätzliche Zeit in Anspruch.

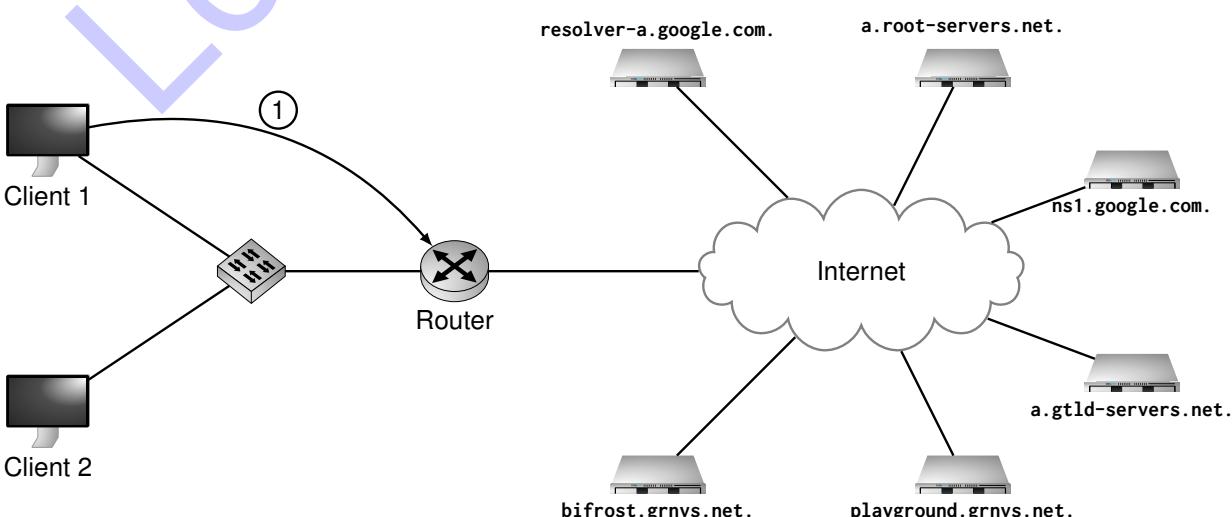
i	ii
0	
1	
2	

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

Reverse-Lookup-Zone ⇒ 8.8.4.4 („reverse“ heißt nicht, dass die Adresse von hinten gelesen wird ...).

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.

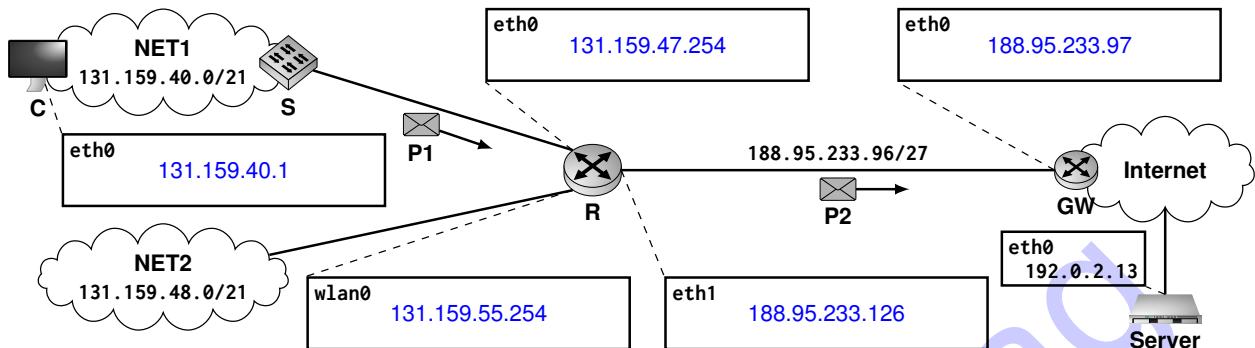


Abbildung 4.1: Topologie

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	131.159.40.0	188.95.233.96
Broadcastadresse	131.159.47.255	188.95.233.127
Anzahl nutzbare Adressen	2046	30

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.

Nein. **NET1** und **NET2** sind nicht im gleichen /20 Präfix. Für die Bits 17 bis 24:  $40_{10} = 00101000_2$ ,  $48_{10} = 00110000_2$ .

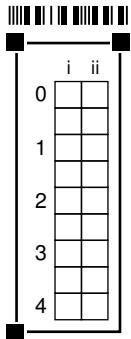
d)\* Nennen und erklären Sie das Verfahren, mit dem ein Router entscheidet, über welches Interface ein Paket weitergeleitet wird.

Longest Prefix Matching. Die Routingtabelle wird nach absteigender Präfixlänge durchsucht. Wenn die Ziel-IP verundet mit der Genmask (Präfixmaske) des Eintrags der Netzmaske des Eintrags entspricht, so wird dieser Eintrag (mit dem zugehörigen Interface) gewählt.

- 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
188.95.233.96/27	0.0.0.0	eth1
131.159.40.0/21	0.0.0.0	eth0
131.159.48.0/21	0.0.0.0	wlan0
0.0.0.0/0	188.95.233.97	eth1

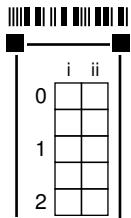


Client **C** sendet nun einen Echo Request an den Server mit der IPv4-Adresse 192.0.2.13. ICMP-Header und Payload seien insgesamt 64 Oktette lang. Im Folgenden sind für dieses Paket Headerfelder an den Punkten **P1** und **P2** (siehe Abbildung 4.1) anzugeben. Sofern ein Feld nicht eindeutig bestimmt 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.

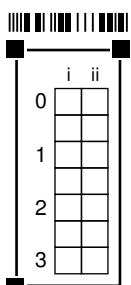
- f)\* Tragen Sie im Lösungsfeld die konkreten Werte der Ethernet-Header ein.

P1:	R.eth0.MAC	C.eth0.MAC	0x0800	Payload	FCS
P2:	GW.eth0.MAC	R.eth1.MAC	0x0800	Payload	FCS



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

P1:	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	4	5	0	84	
		4B		0	0 1 0	0	
		8B	64	1	(Header Checksum)		
		12B		C.eth0.IPv4			
		16B		Server.eth0.IPv4			
			ICMP Header and Payload				
P2:	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	4	5	0	84	
		4B		0	0 1 0	0	
		8B	63	1	(Header Checksum)		
		12B		C.eth0.IPv4			
		16B		Server.eth0.IPv4			
			ICMP Header and Payload				



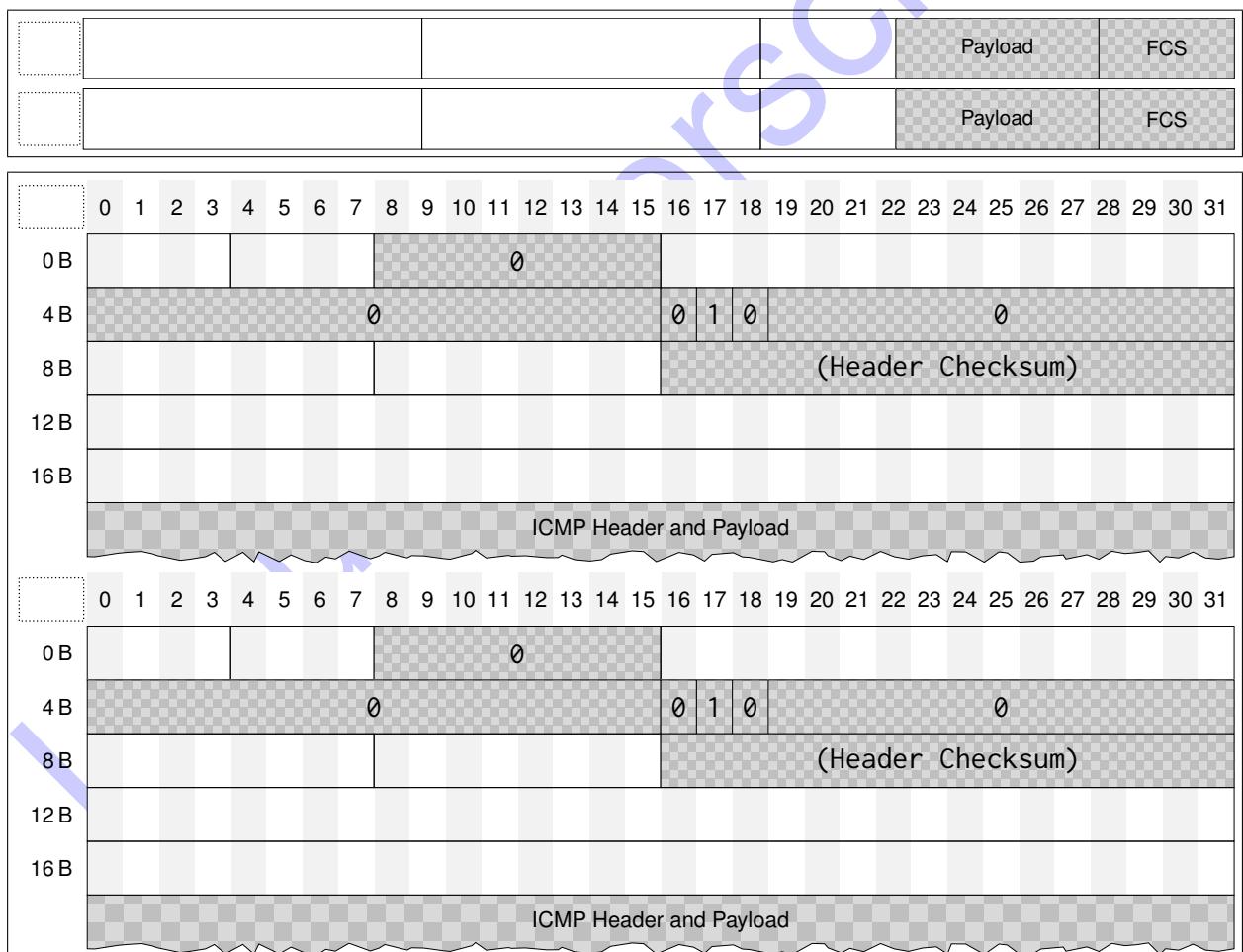
h)\* Über welches Verfahren könnte die IPv4-Adresse am Interface **C.eth0** automatisch konfiguriert werden?

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

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

Der Router sollte das Paket nicht weiter leiten, da es sich um eine private IP-Adresse handelt welche nicht im Internet nicht eindeutig ist.

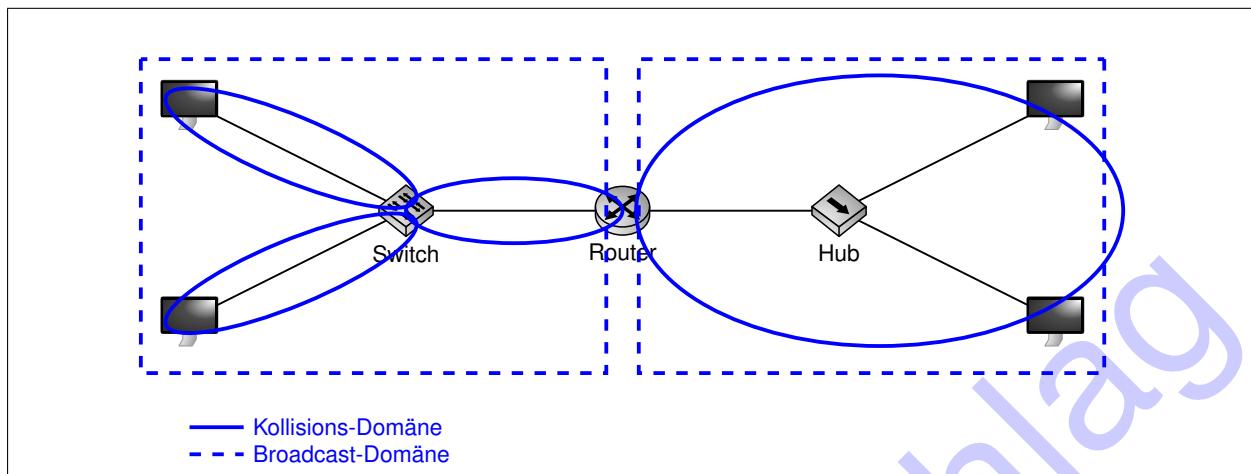
**Zusätzliche Vordrucke zu den Teilaufgaben 4f) und 4g).** Geben Sie unbedingt eine Zuordnung zu den Beobachtungspunkten an und streichen Sie ungültige Lösungen deutlich.



## 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.

- 2 bit  $\Rightarrow N = 4$  Signalstufen
- Stufenbreite  $\Delta = \frac{b-a}{N} = \frac{3}{2}$
- Maximaler Quantisierungsfehler  $e_{\max} = \Delta/2 = 3/4$
- Signalstufen  $\{-2, 25; -0, 75; 0, 75; 2, 25\}$

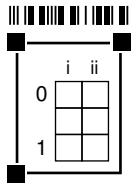
i	ii
0	
1	
2	

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.

Die Entropie wird maximal, wenn die Auftrittswahrscheinlichkeit gleichverteilt ist.

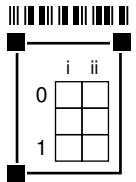
i	ii
0	
1	

$$\Rightarrow p_x = \frac{1}{4} \quad \forall x \in \mathcal{A}$$



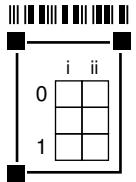
d)\* Erläutern Sie kurz das Prinzip von *Slotted ALOHA*.

Station beginnt im nächsten Zeitslot zu senden, ungeachtet dessen, ob bereits eine Übertragung stattfindet.



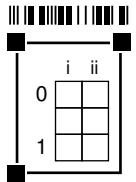
e)\* Erläutern Sie kurz das Prinzip von *CSMA*.

Medium wird vor dem Senden abgehört. Wenn das Medium im aktuellen Zeitslot frei ist, kann im nächsten begonnen werden zu senden.



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

Kollisionen werden erkannt und betroffene Rahmen erneut übertragen.

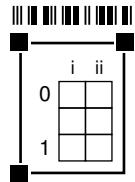


g)\* Erläutern Sie kurz, welche Ergänzungen *CSMA/CA* gegenüber reinem CSMA hat.

Kollisionen können nicht erkannt werden. Stattdessen wird deren Auftrittswahrscheinlichkeit durch Randomisierung des Sendebeginns verringert.

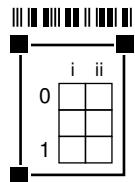
h)\* Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen Adressen auf Schicht 2 und Schicht 3 hinsichtlich ihrer Verwendung?

Erstere dienen der Adressierung des jeweiligen NextHops, letztere der Identifikation von Quelle und Ziel (Ende-zu-Ende).



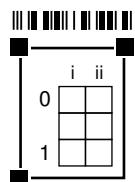
i)\* Was ist im Allgemeinen der Unterschied zwischen einem *Oktett* und einem *Byte*.

Ein Oktett umfasst genau 8 bit, während ein Byte historisch bedingt plattformabhängig ist und daher auch andere Größen annehmen kann.



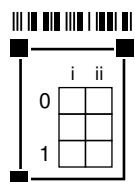
j)\* Begründen Sie, ob es möglich ist, zwei IP-Subnetze über denselben Switch zu betreiben.

Ja, da Switches Weiterleitungsentscheidungen nur auf Basis von MAC-Adressen treffen. (Zu Problemen käme es, wenn die beiden Subnetze nicht überschneidungsfrei sind. Dies wiederum ist ein Problem der Adressierung auf Schicht 3 und interessiert ein Switch daher ebenfalls nicht.)



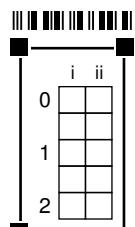
k)\* Geben Sie allgemein eine Formel zur Umrechnung von  $x$  GB nach  $y$  MiB an.

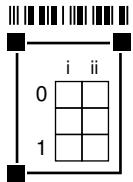
$$x \text{ GB} = x \cdot 10^9 \text{ B} = \frac{x \cdot 10^9}{2^{20}} \text{ MiB}$$



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

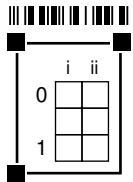
1280 B - 40 B (IPv6-Header) - 20 B (TCP-Header)= 1220 B





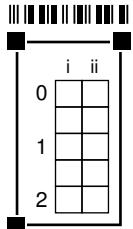
m)\* Eine Gruppe von Personen sitzt zusammen. Um zu entscheiden, wer sprechen darf, wird ein Gegenstand herumgereicht. Derjenige, der den Gegenstand gerade in der Hand hält, darf entweder sprechen oder den Gegenstand an seinen Nachbarn weitergeben. Welchem Medienzugriffsverfahren entspricht dies?

Token Passing



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

Host-Byte-Order ist die native Byte-Order eines Hosts, also Little- oder Big-Endian (bestimmt durch die CPU-Architektur). Network-Byte-Order ist Big-Endian, falls vom jeweiligen Protokoll nicht explizit anders festgelegt (IEEE 802.11 z. B. ist Little-Endian).



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

Distance-Vector, Link-State

Bei Link-State kennt jeder Knoten die gesamte Netzwerktopologie, bei Distance-Vector nur die unmittelbaren Nachbarknoten sowie die Kosten zum jeweiligen Ziel.

---

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

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag