

**Hinweise zur Personalisierung:**

- Bitte unterschreiben Sie erst nach dem Aufkleben des Stickers mit QR-Code\* während der Anwesenheitskontrolle.
- Ihre Unterschrift sollte etwa zur Hälfte auf dem Sticker sein und zur anderen Hälfte auf den Mantelbogen reichen.
- Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie auch die Korrektheit der auf dem Sticker aufgedruckten Matrikelnummer.

\* Der QR-Code auf dem Sticker enthält nur eine vierstellige Identifikationsnummer, die uns die automatische Zurodnung Ihrer Prüfung erlaubt. Es sind keine personenbezogenen Daten enthalten.

## Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

**Modul:** IN0010

**Datum:** 21.09.2015

**Prüfer:** Prof. Dr. Uwe Baumgarten

**Prüfung:** Wiederholung

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

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

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

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

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

Lösungsvorschlag

## Wiederholung

# Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

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

**Montag, 21.09.2015**  
**11:00 – 12:30**

- Diese Klausur umfasst
  - **24 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 der Lösungsweg erkennbar ist.** Auch 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 analoges **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.

## Aufgabe 1 NAT und statisches Routing (19 Punkte)

Wir betrachten das Netzwerk aus Abbildung 1.1. PC1 und PC2 sind über den Switch S miteinander und mit dem Router R1 verbunden. Das lokale Netzwerk verwendet Adressen aus dem Subnetz 172.18.32.128/26. Der Router R1 ist über ein Transportnetz der Präfixlänge 30 mit R2 und dem Internet verbunden.

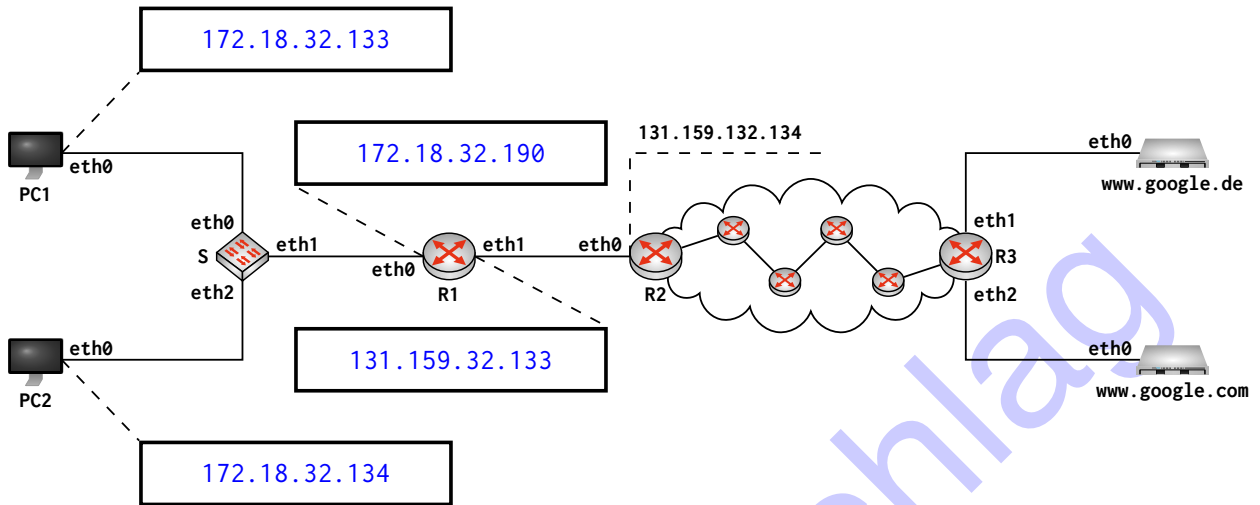


Abbildung 1.1: Netztopologie

a)\* Bestimmen Sie die Broadcast-Adresse des Subnetzes 172.18.32.128/26.

Präfixlänge 26  $\Rightarrow$  6 bit Hostanteil  $\Rightarrow 2^6 = 64$  Adressen im Subnetz  $\Rightarrow$  172.18.32.191 ist Broadcast-Adresse.

b)\* Vergeben Sie an PC1, PC2 und R1 IP-Adressen aus dem Subnetz 172.18.32.128/26. Tragen Sie diese direkt in Abbildung 1.1 ein.

c)\* Bestimmen Sie die Netzadresse des Transportnetzes zwischen R1 und R2.

Präfixlänge 30  $\Rightarrow$  2 bit Hostanteil  $\Rightarrow$  4 Adressen im Subnetz. Da R2 131.159.132.134 hat, muss 131.159.132.135 die Broadcastadresse und 131.159.132.132 damit die Netzadresse sein.

d) Weisen Sie R1 eine Adresse aus dem Transportnetz zu. Tragen Sie diese direkt in Abbildung 1.1 ein.

e)\* Wie viele /30 Subnetze gibt es im Netz 131.159.132.0/24?

$$2^{30-24} = 2^6 = 64$$

	i	ii
0		
1		

f)\* Begründen Sie, warum R1 NAT unterstützen muss, um PC1 und PC2 Zugang zum Internet zu ermöglichen.

Das Subnetz 172.16.32.128/26 ist Bestandteil des privaten Adressbereichs 172.16.0.0/12, weswegen die IP-Adressen nicht global eindeutig sind.

	i	ii
0		
1		

g)\* Welches Transportprotokoll und welcher Zielport wird verwendet, wenn PC1 mittels Browser auf die Webseite [www.google.de](http://www.google.de) zugreift?

TCP 443 (da Google mittlerweile standardmäßig HTTPS verwendet).  
(TCP 80 da HTTP auch richtig)

	i	ii
0		
1		

Im Folgenden kürzen wir IP- und MAC-Adressen nach dem Schema <Gerät>.<Interface> ab, z. B. R1.eth0 für die entsprechende Adresse an Interface eth0 von Router R1. Beachten Sie für die nachfolgenden Teilaufgaben außerdem, dass sich zwischen R2 und R3 vier weitere Router befinden. PC1 greift nun auf die Webseite [www.google.de](http://www.google.de) zu.

h) Ergänzen Sie für die Anfrage von PC1 an [www.google.de](http://www.google.de) die Headerfelder in den drei leeren Kästen in Abbildung 1.2. Falls ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

**Hinweis:**

- Falls Sie Teilaufgabe 1g) nicht lösen konnten, nehmen Sie Zielport 443 an.
- Der Hostname des Servers, auf dem [www.google.de](http://www.google.de) gehostet wird, kann durch „G“ abgekürzt werden.

	i	ii
0		
1		
2		
3		
4		

i) Ergänzen Sie für die Antwort von [www.google.de](http://www.google.de) an PC1 die Headerfelder in den drei leeren Kästen in Abbildung 1.3. Falls ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

**Hinweis:**

- Der Hostname des Servers, auf dem [www.google.de](http://www.google.de) gehostet wird, kann durch „G“ abgekürzt werden.

	i	ii
0		
1		
2		
3		
4		

Src MAC	PC1.eth0
Dst MAC	R1.eth0
Src IP	PC1.eth0
Dst IP	google.eth0
TTL	63
Src Port	1234
Dst Port	80

Src MAC	R1.eth1
Dst MAC	R2.eth0
Src IP	R1.eth1
Dst IP	google.eth0
TTL	62
Src Port	1235
Dst Port	80

Src MAC	R3.eth1
Dst MAC	google.eth0
Src IP	R1.eth1
Dst IP	google.eth0
TTL	56
Src Port	1235
Dst Port	80

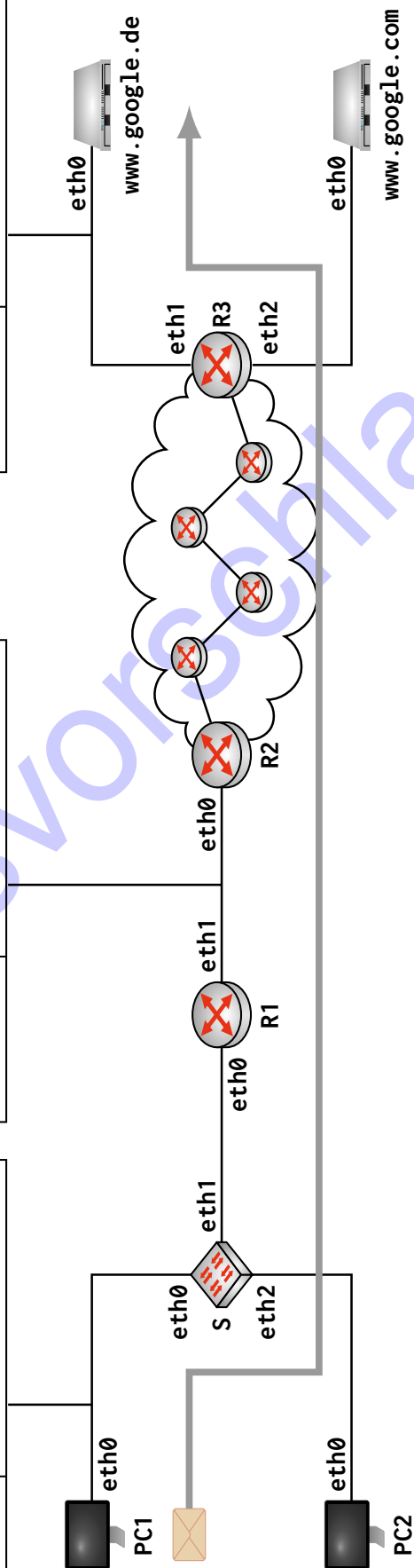


Abbildung 1.2: Lösungsvordruck für Teilaufgabe 1h)

Src MAC	R1.eth0	R2.eth0	google.eth0
Dst MAC	PC1.eth0	R1.eth1	R3.eth1
Src IP	google.eth0	google.eth0	google.eth0
Dst IP	PC1.eth0	R1.eth1	R1.eth1
TTL	56	57	63
Src Port	80	80	80
Dst Port	1234	1235	1235

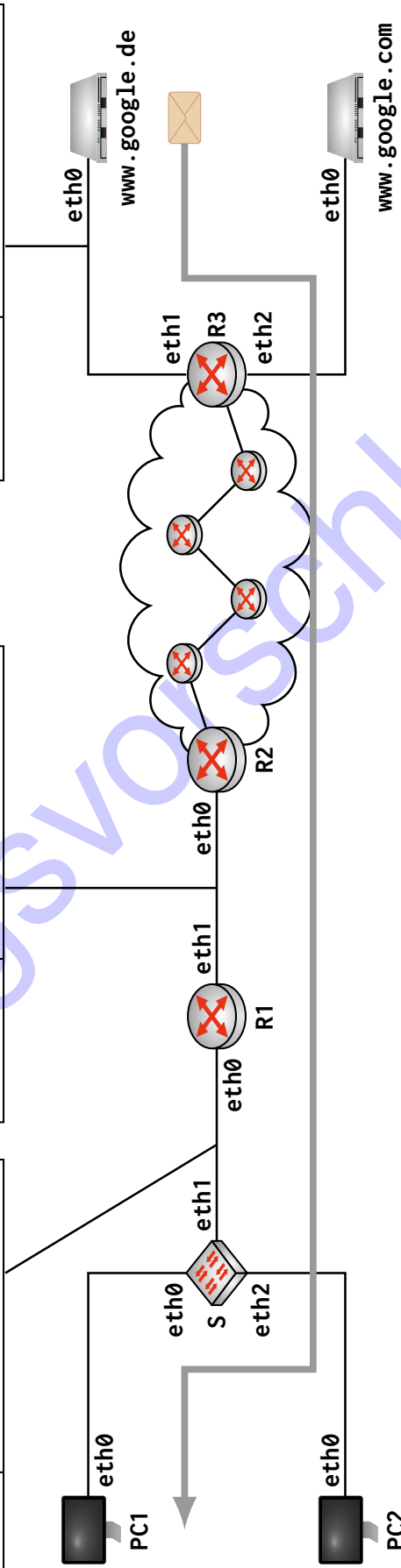
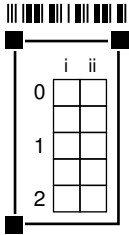


Abbildung 1.3: Lösungsvordruck für Teilaufgabe 1)

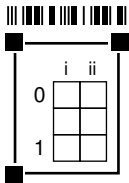


j) Geben Sie den Eintrag an, welchen R1 in seiner NAT-Tabelle in Folge des Verbindungsaufbaus zwischen PC1 und `www.google.de` erzeugen muss.

**Hinweis:** Beschränken Sie sich auf die absolut notwendigen Informationen und machen Sie deutlich, um welche Werte es sich handelt.

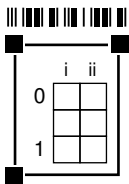
Quellport von PC1, IP-Adresse von PC1 sowie den übersetzten Quellport.

Private IP	Privater Src Port	Öffentlicher Src Port
pc1.eth0	1234	1235



k) Beschreiben Sie, wie R1 eine mögliche Kollision in der NAT-Tabelle auflöst, wenn PC2 ebenfalls eine Verbindung zu `www.google.de` aufbaut.

Der öffentliche Quellport muss gemäß der NAT-Tabelle aus Teilaufgabe 1j) einedeutig bleiben. Existiert ein entsprechender Eintrag bereits, muss auf einen anderen Port ausgewichen werden.



l) Begründen Sie, unter welchen Umständen der Server, auf dem `www.google.com` gehostet wird, Computer PC1 erreichen kann, obwohl zuvor sowohl PC1 als auch PC2 lediglich `www.google.de` besucht haben.

Da das (hier minimalistische) NAT für eingehende Pakete lediglich den Zielport prüft, würden von `www.google.com` an Port 1235 adressierte Pakete tatsächlich PC1 zugestellt.

Auch richtig: Die FQDNs beider Server könnten auf dieselbe IP-Adresse auflösen.



## Aufgabe 2 Neighbor Discovery (18 Punkte)

Im Folgenden betrachten wir das Szenario aus Abbildung 2.1. Host A seien die IP-Adressen von Host B bekannt. Um die MAC-Adresse zu erfahren, sendet A nun eine Neighbor-Solicitation-Nachricht.

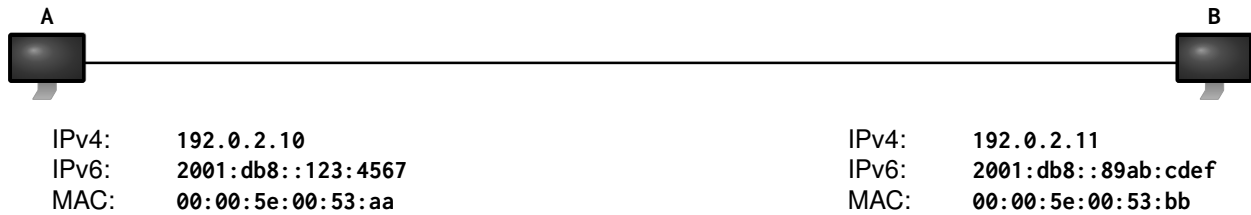
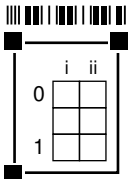


Abbildung 2.1: Netzwerktopologie für Neighbor Discovery

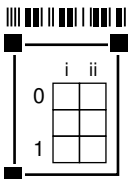
a)\* Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen Adressen auf Schicht 2 und Schicht 3 hinsichtlich ihrer Verwendung?

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



b)\* Argumentieren Sie, welcher Schicht des ISO/OSI-Modells das Neighbor Discovery Protocol zuzuordnen ist.

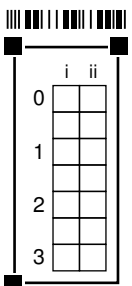
Schicht 3, da es zur Basisfunktionalität von IPv6 gehört.  
 Alternativ: Schicht 2 (Schicht 2.5): Es ist vergleichbar mit ARP bei IPv6.  
 Alternativ: Schicht 7, da es als Anwendung ein Dienst erbringt.

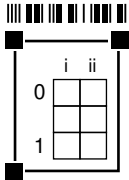


c) Geben Sie die L3-SDU für die versendete Neighbor-Solicitation-Nachricht in hexadezimaler Schreibweise an. Falls ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl. Etwaige Prüfsummen sind mit „xx“ zu markieren.

**Hinweis:** Jedes Kästchen entspricht einem Oktett. Es ist mehr Platz als benötigt vorgegeben. Die Formelsammlung enthält die notwendigen Nachrichten und Header.

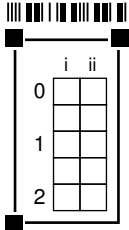
offset in octets	+0x0	+0x1	+0x2	+0x3	+0x4	+0x5	+0x6	+0x7
0x0000	87	00	XX	XX	00	00	00	00
0x0008	20	01	0d	b8	00	00	00	00
0x0010	00	00	00	00	89	ab	cd	ef
0x0018	01	01	00	00	5e	00	53	aa
0x0020	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0028	-	-	-	-	-	-	-	-





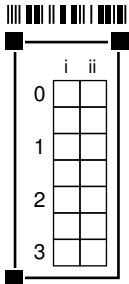
d)\* Welche Funktion hat die ICMP-Checksum?

Die ICMP-Checksum hilft **Übertragungsfehler** zu erkennen.



e)\* Erklären Sie, welche Teile der L3-PDU bei der Berechnung der ICMP-Checksum berücksichtigt werden.

- IP Pseudo- Header, da TTL und Extension Header nicht in Checksum einfließen
- Vollständige Payload, zur Berechnung wird Checksum mit 0 initialisiert



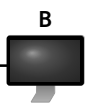
f)\* Grenzen Sie Unicast, Multicast und Broadcast voneinander ab.

**Unicast** Genau ein spezifizierter Empfänger

**Multicast** Eine spezifizierte Gruppe von mehreren (unbekannten) Empfängern

**Broadcast** Alle Hosts in einer Broadcast Domain

Zur Bearbeitung der nachfolgenden Teilaufgaben ohne Umblättern benötigen Sie die Adressen aus Abbildung 2.1, welche nachfolgend noch einmal abgedruckt ist:



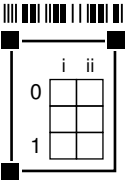
IPv4: 192.0.2.10  
 IPv6: 2001:db8::123:4567  
 MAC: 00:00:5e:00:53:aa

IPv4: 192.0.2.11  
 IPv6: 2001:db8::89ab:cdef  
 MAC: 00:00:5e:00:53:bb

Kopie von Abbildung 2.1

g)\* Ermitteln Sie die Solicited-Node-Adresse für B.

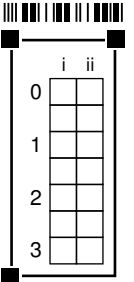
ff02::1:ffab:cdef



h) Geben Sie den L3-Header der versendeten Neighbor-Solicitation-Nachricht in hexadezimaler Schreibweise an. Falls ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

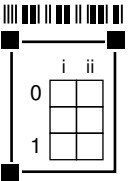
**Hinweis:** Jedes Kästchen entspricht einem Oktett. Es ist mehr Platz als benötigt vorgegeben. Die Formelsammlung enthält die notwendigen Nachrichten und Header.

offset in octets	+0x0	+0x1	+0x2	+0x3	+0x4	+0x5	+0x6	+0x7
0x0000	60	00	00	00	00	20	3a	ff
0x0008	20	01	0d	b8	00	00	00	00
0x0010	00	00	00	00	01	23	45	67
0x0018	ff	02	00	00	00	00	00	00
0x0020	00	00	00	01	ff	ab	cd	ef
0x0028	-	-	-	-	-	-	-	-



i) Ermitteln Sie die Multicast-MAC-Adresse zur Solicited-Node-Adresse aus Teilaufgabe 2g).

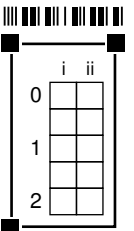
33:33:ff:ab:cd:ef



j) Geben Sie den Ethernet-Header des versendeten Pakets in hexadezimaler Schreibweise an. Falls ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

**Hinweis:** Jedes Kästchen entspricht einem Oktett. Es ist mehr Platz als benötigt vorgegeben. Die Formelsammlung enthält die notwendigen Nachrichten und Header.

offset in octets	+0x0	+0x1	+0x2	+0x3	+0x4	+0x5	+0x6	+0x7
0x0000	33	33	ff	ab	cd	ef	00	00
0x0008	5e	00	53	aa	86	dd	-	-
0x0010	-	-	-	-	-	-	-	-



### Aufgabe 3 Transportprotokolle (19 Punkte)

In dieser Aufgabe betrachten wir die beiden Transportprotokolle TCP und UDP anhand des Beispielnetzwerks aus Abbildung 3.1. Die erzielbare Datenrate zwischen Computer A und Router R beträgt 100 kB/s, die zwischen R und Computer B lediglich 9 kB/s.

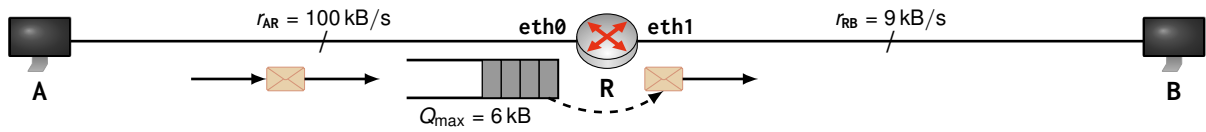


Abbildung 3.1: Netztopologie

Da A schneller Daten senden als R diese weiterleiten kann, besitzt R einen *Puffer (Queue)*, in dem Segmente temporär zwischengespeichert werden können. Dieser Puffer hat eine Größe von  $Q_{\max} = 6 \text{ kB}$ . Läuft der Puffer über, so werden weitere eingehende Nachrichten einfach verworfen.

a)\* Beschreiben Sie den Unterschied zwischen stromorientierter (stream-oriented) und Datagram-orientierter Übertragung und nennen Sie je ein Beispiel.

Bei stromorientierter Übertragung (z. B. TCP) wird nicht zwischen Nachrichtengrenzen unterschieden, sondern es kommt eine kontinuierlich Sequenz von Daten beim Empfänger an (kleinste Einheit üblicher Weise Byte).

Bei Datagram-orientierter Übertragung bleiben Nachrichtengrenzen erhalten (z. B. UDP, IP).

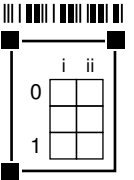
b)\* Bestimmen Sie die Zeit bis zum Überlauf des Puffers an R, falls A Daten mittels **UDP** an B bei höchst möglicher Datenrate sendet.

$$r_{AR} \cdot t - r_{RB} \cdot t \stackrel{!}{=} Q_{\max}$$

$$t = \frac{Q_{\max}}{r_{AR} - r_{RB}} = \frac{6 \text{ kB}}{100 \text{ kB/s} - 9 \text{ kB/s}} \approx 65,9 \text{ ms}$$

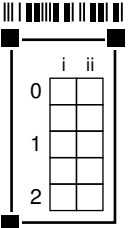
c)\* Wie wird bei Verwendung von UDP der unweigerlich auftretende Verlust kompensiert?

Durch UDP selbst gar nicht. Verluste müssen auf höheren Schichten behandelt werden.



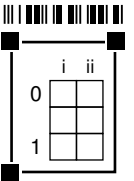
d)\* Beschreiben Sie, wie TCP den anhaltenden Pufferüberlauf an R vermeidet.

Die TCP-Staukontrolle drosselt die Senderate beim Auftreten erster Paketverluste durch Reduzierung des Staukontrollfensters, da Verluste von TCP grundsätzlich als Anzeichen einer Stausituation im Netz interpretiert.



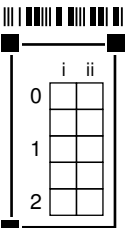
e)\* Wie setzt sich das Sendefenster bei TCP zusammen?

Das Sendefenster ist das Minimum aus Staukontrollfenster und Empfangsfenster der Gegenseite.



f)\* Erklären Sie, wie sich die Entwicklung des Sendefensters während Slow-Start und Congestion-Avoidance unterscheidet.

- Vergrößerung um 1 MSS pro erfolgreich bestätigtem Segment während des Slow-Starts, d. h. Verdopplung des Sendefensters für jedes erfolgreich übertragene Sendefenster.
- Vergrößerung um 1 MSS pro vollständig bestätigtem Sendefenster während der Congestion-Avoidance-Phase.



In der nachfolgenden Teilaufgabe untersuchen wir die zeitliche Entwicklung des Sendefensters an A und des Pufferfüllstands an R anhand der aus der Vorlesung bekannten Variante von TCP Reno. Dazu betrachten wir die folgenden Größen:

Variable	Bedeutung
$w_s[t]$	Die Größe des Sendefensters an A im Zeitschritt $t$ .
$z[t]$	Anzahl Byte, die R im Zeitschritt $t$ in Richtung B weiterleitet.
$Q[t]$	Anzahl Byte, die sich im Zeitschritt $t$ im Puffer von R befinden und auf Weiterleitung warten.

Insbesondere gibt die Differenz  $\Delta[t] = w_s[t] - z[t]$  den Zuwachs (oder Abbau) des Puffers im jeweiligen Zeitschritt an. Überschreitet der Pufferfüllstand seine maximale Größe  $Q_{\max} = 6 \text{ kB}$ , so verwirft R weitere Segmente, welche wir als *Drops* bezeichnen. Die zeitliche Entwicklung des Pufferfüllstands lautet demnach

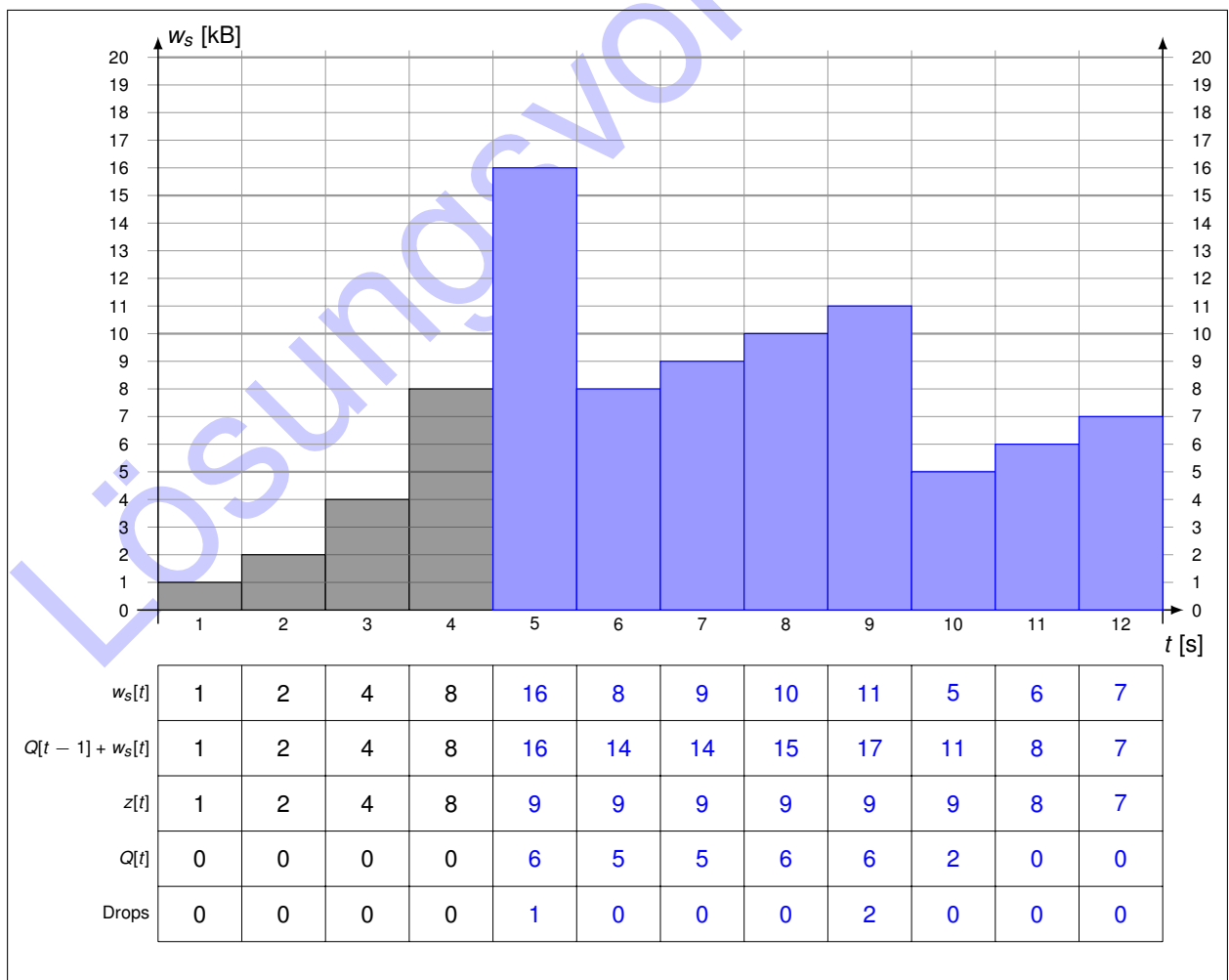
$$Q[t] = \min \{ Q[t - 1] + \Delta[t], Q_{\max} \}.$$

Die RTT zwischen A und B betrage 1 s, die MSS sei 1 kB. Header sind zu vernachlässigen und das Empfangsfenster an B sei nicht limitierend. Vereinfachend gehen wir davon aus, dass Bestätigungen von B an A nicht verloren gehen können und dass A in der Lage ist, Segmentverlust mit Ende des aktuellen Zeitschritts zu erkennen.

g) Ergänzen Sie im Lösungsfeld die Entwicklung des Sendefensters grafisch **und** füllen Sie parallel dazu die darunter abgebildete Tabelle aus. Diese gibt das Sendefenster an A, die Anzahl der an R vorliegenden Segmente, die Anzahl weitergeleiteter Segmente, den Pufferfüllstand und die Anzahl verworfener Segmente (Drops) pro Zeitschritt an.

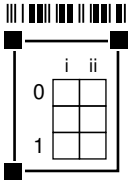
**Hinweis:** Bei Halbierung des Sendefensters wird stets abgerundet. Bei Bedarf finden Sie auf Seite 13 einen weiteren Vordruck.

	i	ii
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		



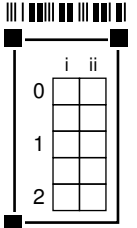
h)\* Wie kompensiert TCP die Drops aus Teilaufgabe 3g).

Verluste werden erkannt (Ausbleiben von Bestätigungen) und wiederholt übertragen.

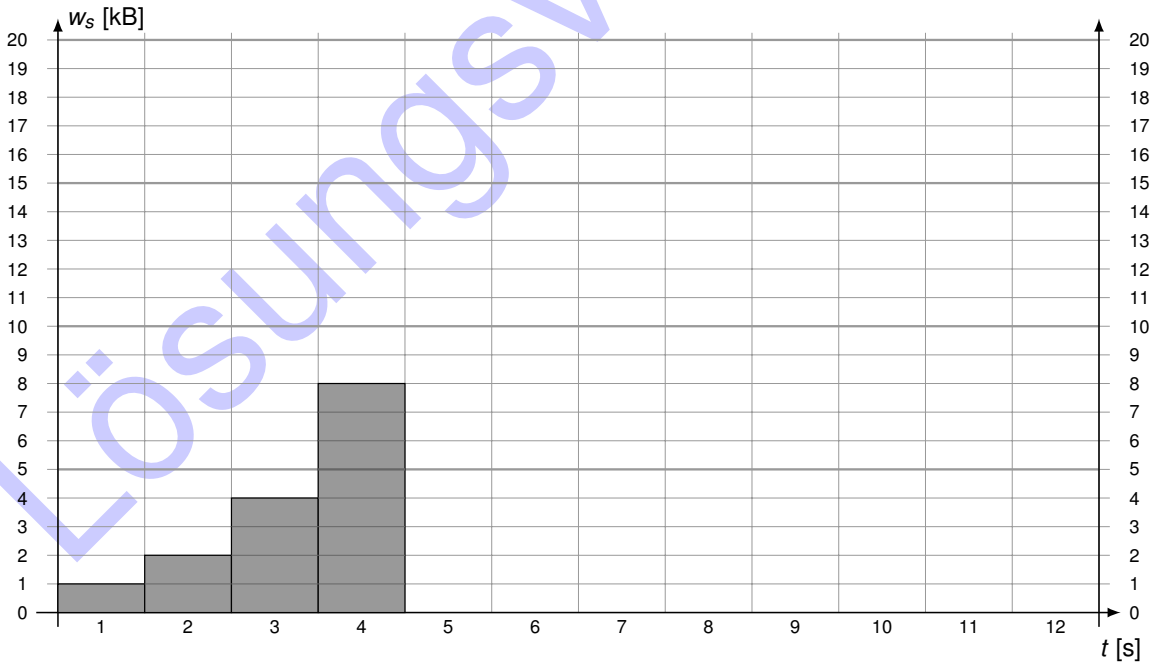


i)\* Begründen Sie, ob TCP die zur Verfügung stehende Bandbreite einer Verbindung vollständig ausnutzen kann.

Nein, da während der Congestion-Avoidance-Phase ein Kanal im zeitlichen Mittel nur zu  $\frac{3}{4}$  ausgenutzt werden kann (Sägezahn).  
 Konkret in Bezug auf Teilaufgabe 3g) auch richtig: Infolge des Puffers an R kann die zur Verfügung stehende Bandbreite zwischen R und B nahezu vollständig ausgenutzt werden.



Zuätzlicher Vordruck für Teilaufgabe 3g). Streichen Sie ungültige Lösungen deutlich.



$w_s[t]$	1	2	4	8								
$Q[t - 1] + w_s[t]$	1	2	4	8								
$z[t]$	1	2	4	8								
$Q[t]$	0	0	0	0								
Drops	0	0	0	0								

## Aufgabe 4 Fast Ethernet (13 Punkte)

Wir betrachten das einfache Netzwerk aus Abbildung 4.1. Die drei Computer PC1, PC2 und PC3 seien über ein Hub H miteinander verbunden. Die Distanz zwischen PC3 und H sei dabei zu vernachlässigen. Auf Schicht 1/2 werde FastEthernet nach IEEE 802.3u (10BASE-TX) verwendet. Zwischen PC1 und H befinden sich **keine** Geräte, die auf Schicht 2 oder höher arbeiten.

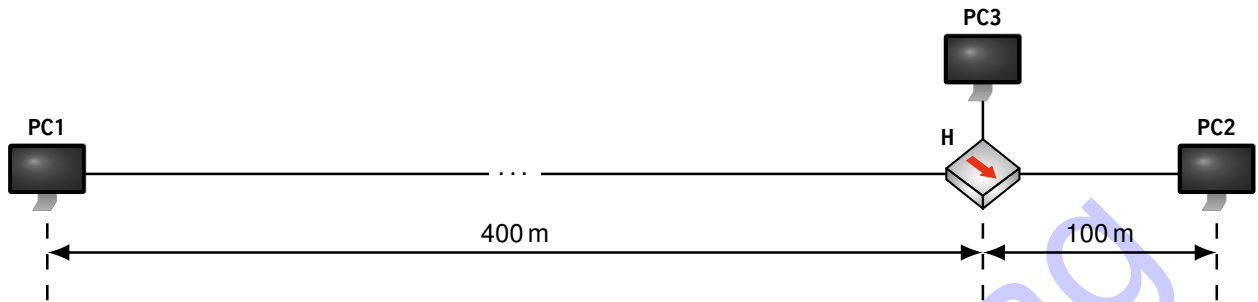


Abbildung 4.1: Netzsegment

a)\* Begründen Sie, ob im Netzsegment aus Abbildung 4.1 simplex, half-duplex oder full-duplex Verbindungen möglich sind.

Half-duplex, da mehr als zwei Kommunikationspartner um ein Hub miteinander verbunden sind und es bei gleichzeitigem Senden zu Kollisionen käme. (simplex wäre natürlich auch möglich, entspricht aber nicht der Semantik lokaler Netzwerke)

b)\* Nennen und beschreiben Sie das verwendete Medienzugriffsverfahren im Detail.

- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
- Medium vor dem Senden abhören
- Wenn frei, sende im nächsten Slot (sonst warten bis frei)
- Bei erkannter Kollision sende JAM-Signal an alle zur Benachrichtigung über Kollision
- Beteiligte Stationen brechen Senden ab und initiieren Binary Exponential Backoff vor erneutem Sendeversuch

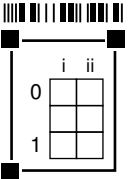


Zum Zeitpunkt  $t_1 = 0 \mu\text{s}$  beginnt PC1 mit der Übertragung eines 50 B langen Rahmens. Zum Zeitpunkt  $t_2 = 2 \mu\text{s}$  beginnt PC2 mit der Übertragung eines 25 B langen Rahmens.

c)\* Bestimmen Sie die Serialisierungszeit für beide Rahmen.

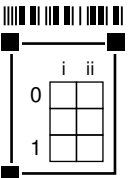
$$t_s(\text{PC1, PC2}) = \frac{l}{r} = \frac{50 \cdot 8 \text{ bit}}{100 \text{ Mbit/s}} = 4,0 \mu\text{s}$$

$$t_s(\text{PC2, PC1}) = 2,0 \mu\text{s}$$

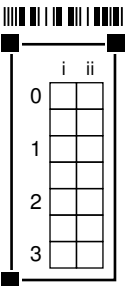
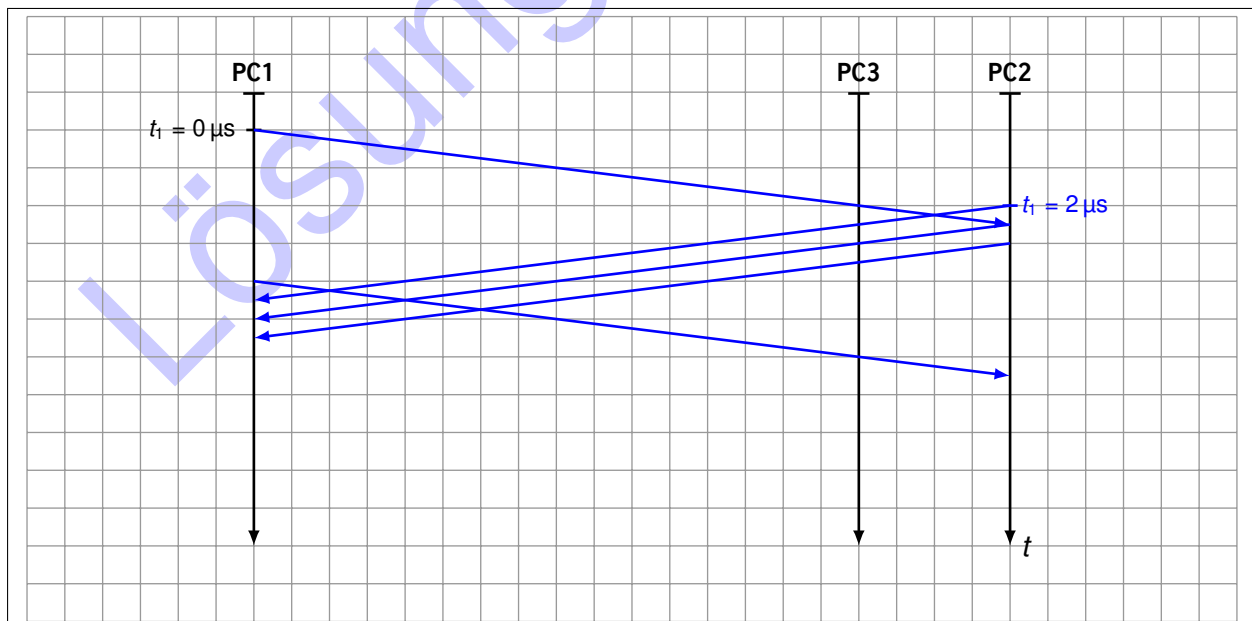


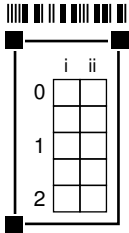
d)\* Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung zwischen PC1 und PC2.

$$t_p(\text{PC1, PC2}) = \frac{d}{\nu_c} = \frac{500 \text{ m}}{\frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 2,5 \mu\text{s}$$



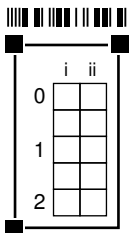
e) Zeichnen Sie ein detailliertes Weg-Zeit-Diagramm, welches alle Ereignisse ab  $t_0$  darstellt.  
**Maßstab:**  $1 \mu\text{s} \triangleq 5 \text{ mm}$  vertikal,  $100 \text{ m} \triangleq 2 \text{ cm}$  horizontal.





f) Erläutern Sie, welches Problem in Teilaufgabe 4e) zu beobachten ist.

PC2 beginnt zu senden, während PC1 noch sendet – es kommt zu einer Kollision. Diese wird jedoch von PC1 trotz des Jamsignals von PC2 bzw. PC3 nicht erkannt, da PC1 beim Eintreffen des Jamsignals den Sendevorgang bereits abgeschlossen hat.



g) Bestimmen Sie die minimale Rahmenlänge in Byte, so dass das Problem aus Teilaufgabe 4e) nicht mehr auftreten kann.

Damit die Kollision auch von PC1 erkannt werden kann, muss dessen minimale Serialisierungszeit mindestens das doppelte der maximalen Ausbreitungsverzögerung betragen:

$$t_{s,\min} = 2t_{p,\max}$$

$$\frac{l_{\min}}{r} = \frac{2d_{\max}}{v_C}$$

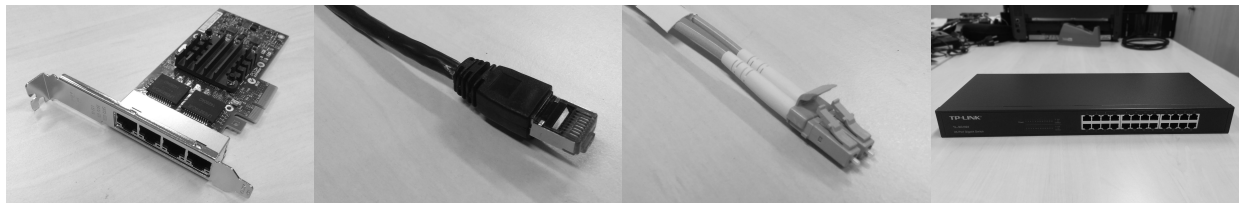
$$l_{\min} = \frac{2d_{\max}r}{v_C} = \frac{2 \cdot 500 \text{ m} \cdot 100 \text{ Mbit/s}}{\frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 500 \text{ bit} = 62,5 \text{ B}$$

(Tatsächlich 64 B)

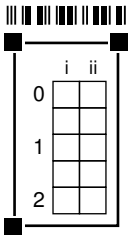
## Aufgabe 5 Kurzaufgaben (16 Punkte)

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

a)\* Welche Geräte / Gegenstände sind jeweils im Lösungsfeld abgebildet?

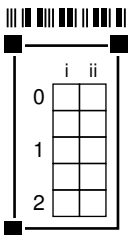


Von links nach rechts:  
Ethernet-Netzwerkkarte , Patchkabel (RJ45-Stecker) , Glasfaserkabel , Ethernet-Switch



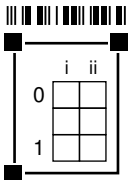
b)\* Beschreiben Sie die Zweck **und** Funktionsweise des *Binary Exponential Backoff*.

Nach dem  $n$ -ten Übertragungsfehler wird die Anzahl an Warteslots unabhängig und gleichverteilt aus der Menge  $\{0, \dots, 2^n - 1\}$  gewählt. In der Regel gibt es nach oben hin einen Maximalwert, z. B. 255. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit für wiederholt auftretende Kollision stark reduziert.



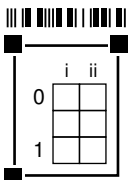
c)\* Beschreiben Sie die Funktion des TCP 3 Way Handshake.

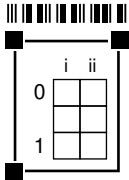
TCP-Verbindungsaufbau, also dem Austausch der initialen Sequenznummern.



d)\* Erläutern Sie den Unterschied zwischen statischem und dynamischen Routing.

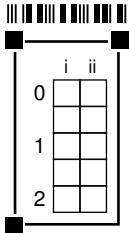
Bei statischem Routing werden Einträge in Routingtabellen von Hand erzeugt, d. h. Routen werden manuell festgelegt.  
Bei dynamischem Routing tauschen Router untereinander Informationen (Kosten) aus, auf deren basis kürzeste Pfade automatisch bestimmt werden.





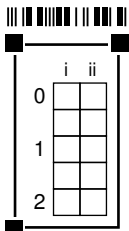
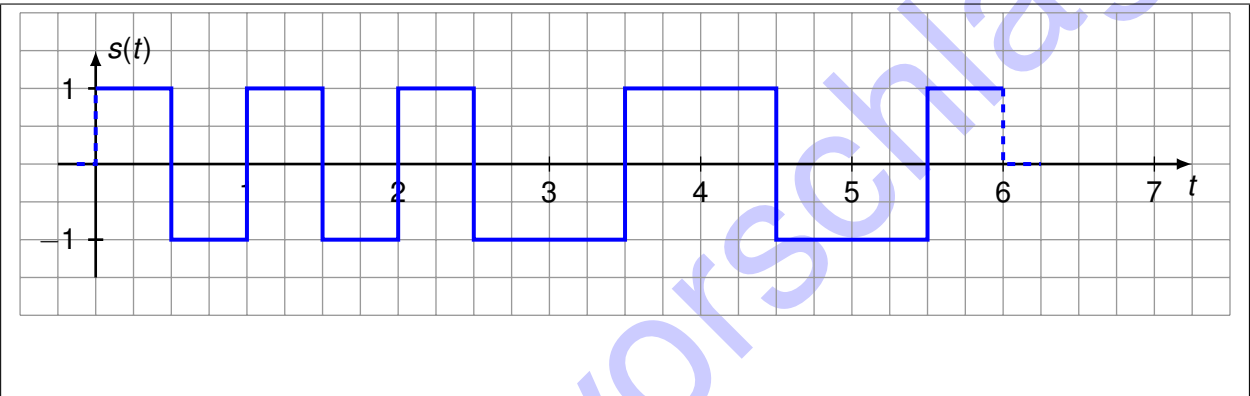
e)\* Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen Fourierreihe und Fouriertransformation hinsichtlich ihrer Anwendung.

Fourierreihe für periodische, Fouriertransformation für nicht-periodische Zeitsignale.

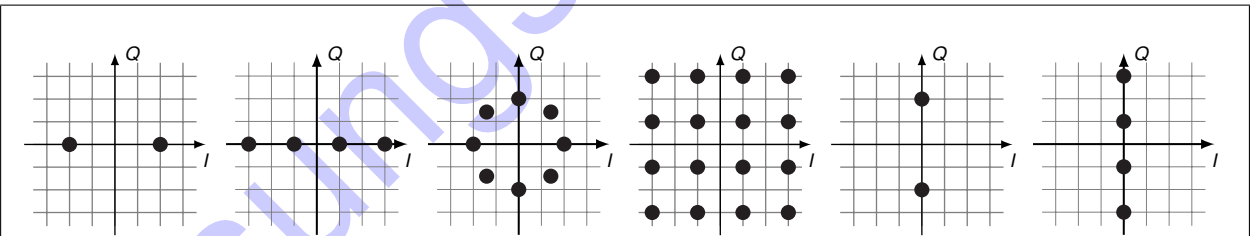


f)\* Geben Sie die Bitfolge 111010 als Manchester-kodiertes Basisbandsignal an.

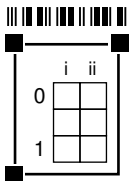
**Hinweis:** Es gibt zwei komplementäre Lösungen. Die Angabe einer Lösung ist ausreichend.



g)\* Weisen Sie den untenstehenden Signalraumzuordnungen die jeweils möglichen Modulationsverfahren zu (Mehrfachnennung möglich, Angabe der Abkürzungen ausreichend).



Von links nach rechts:  
ASK/PSK, ASK, PSK, QAM, ASK/PSK, ASK

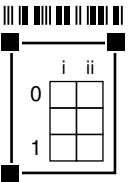


h)\* Was versteht man unter einem *Shortest Path Tree*?

Einen Teilbaum eines Graphen, welcher ausgehend von einem Knoten kürzeste Pfade zu allen anderen Knoten aufweist.

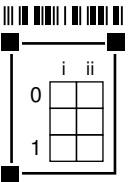
i)\* Erklären Sie kurz die Funktion des Systemaufrufs `bind()`.

Es werden Adressinformationen mit einem Socket assoziiert.



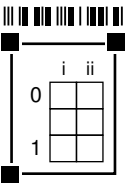
j)\* Erklären Sie kurz die Funktion des Systemaufrufs `listen()`.

Ein Socket wird angewiesen, eingehende Verbindungen zu akzeptieren.



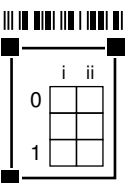
k)\* Erklären Sie kurz die Funktion des Systemaufrufs `connect()`.

Über bestimmten Socket wird eine Verbindung zu einer Gegenstelle aufgebaut, die durch übergebene Adressinformationen festgelegt ist.



l)\* Erklären Sie kurz die Funktion des Systemaufrufs `accept()`.

Annehmen einer eingehenden Verbindung auf einem Socket, welcher zuvor mittels `listen()` darauf vorbereitet wurde.



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

The image shows a large rectangular grid area intended for writing solutions. The grid consists of small squares. A diagonal watermark in a light blue color reads "Lösungsvorschlag" (Solution Proposal) across the grid.

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag



Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag