

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

Prüfer: Prof. Dr. Uwe Baumgarten

Datum: 21.09.2015

Prüfung: Wiederholung

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

Hörsaal verlassen von _____ bis _____

von _____ bis _____

Vorzeitig abgegeben um _____

Sonstiges _____

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.

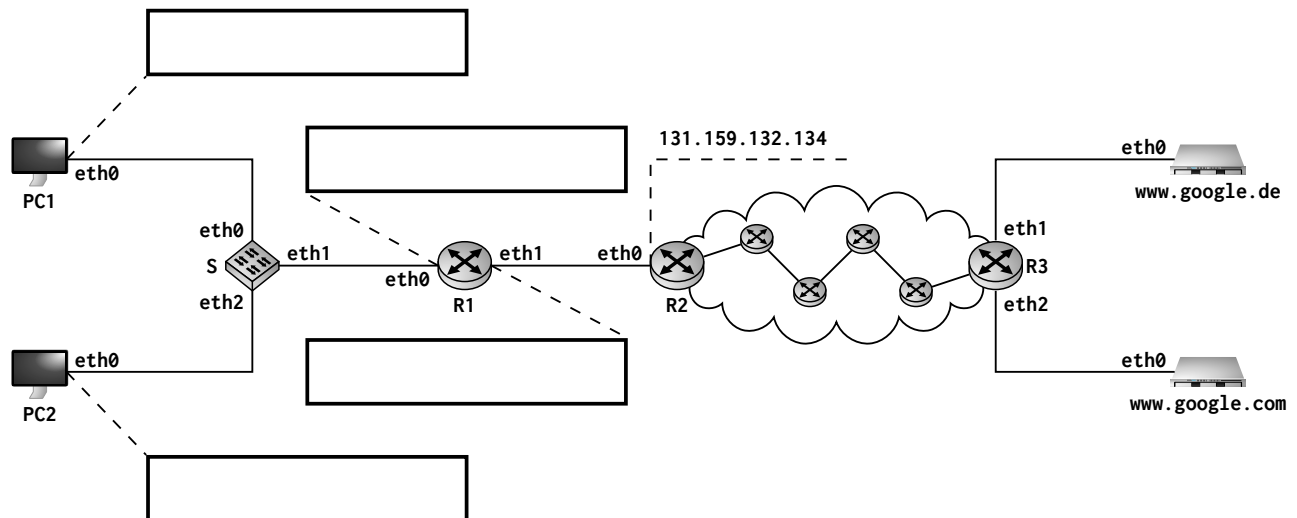


Abbildung 1.1: Netztopologie

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

	i	ii
0		
1		

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.

	i	ii
0		
1		

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

	i	ii
0		
1		

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

	i	ii
0		
1		

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

	i	ii
0		
1		

g)* Welches Transportprotokoll und welcher Zielport wird verwendet, wenn PC1 mittels Browser auf die Webseite www.google.de zugreift?

	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 zu.

	i	ii
0		
1		
2		
3		
4		

h) Ergänzen Sie für die Anfrage von PC1 an 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 gehostet wird, kann durch „G“ abgekürzt werden.

i) Ergänzen Sie für die Antwort von 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 gehostet wird, kann durch „G“ abgekürzt werden.

	i	ii
0		
1		
2		
3		
4		

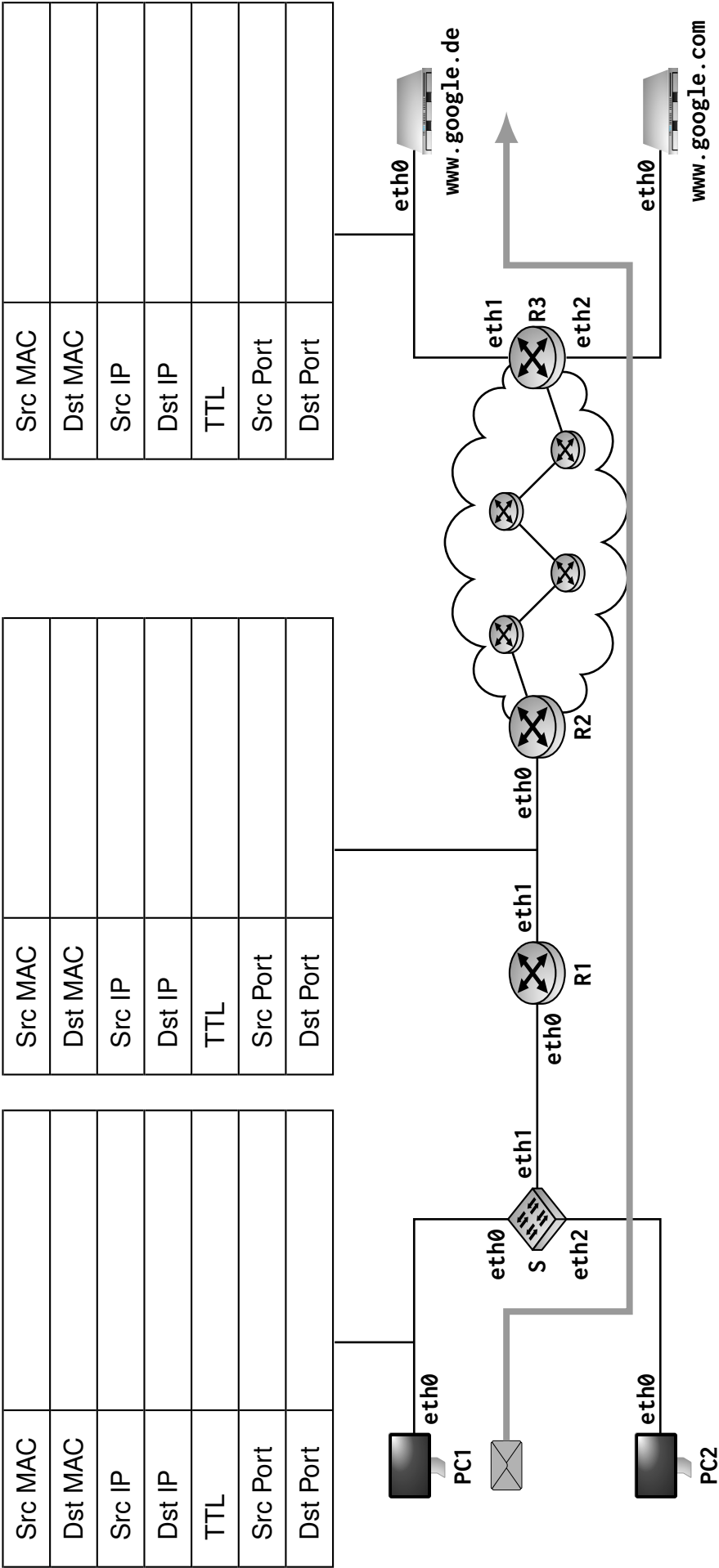


Abbildung 1.2: Lösungsvordruck für Teilaufgabe 1h)

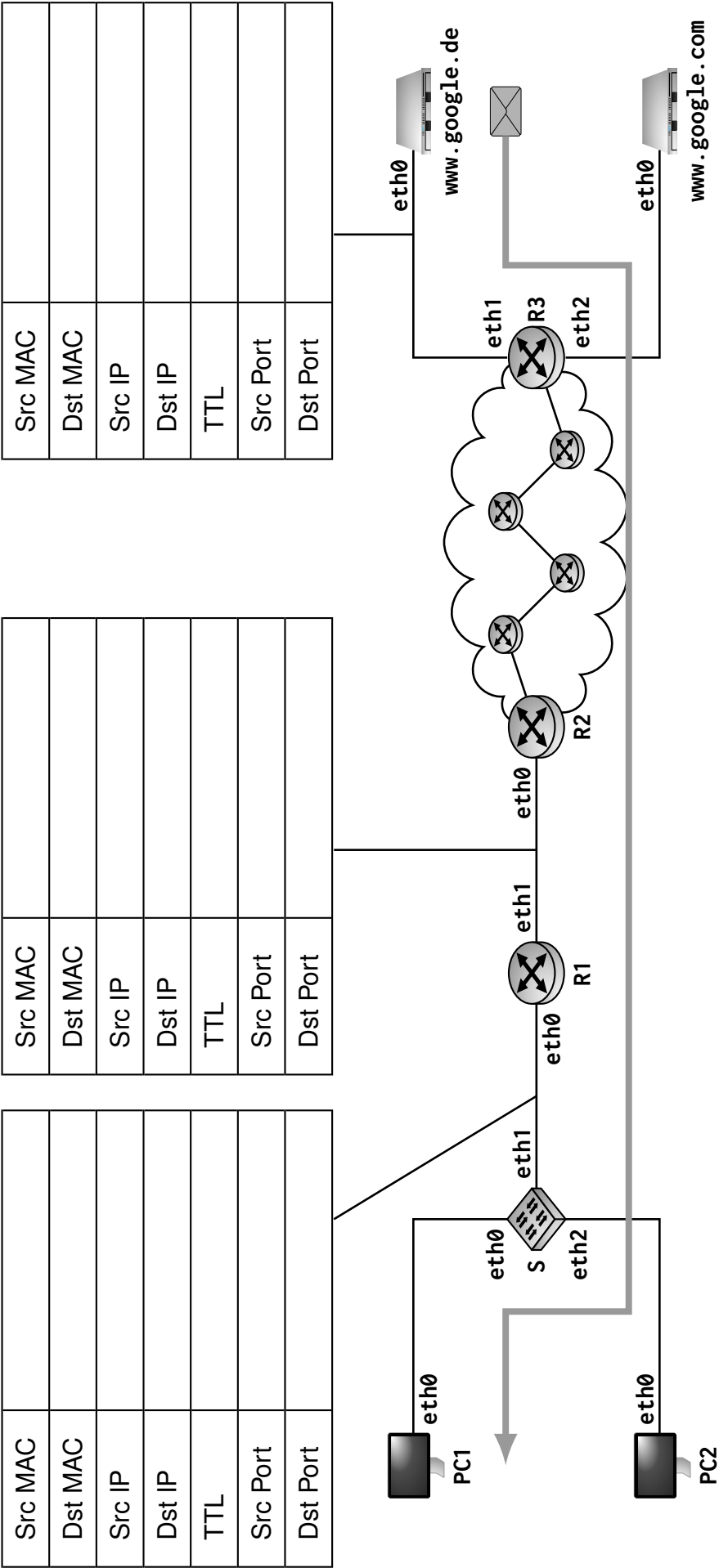
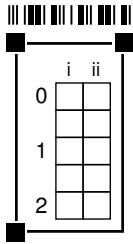
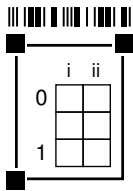


Abbildung 1.3: Lösungsvordruck für Teilaufgabe 1i)

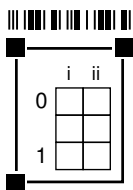


j) Geben Sie den Eintrag an, welchen **R1** in seiner NAT-Tabelle in Folge des Verbindungsaufbaus zwischen **PC1** und **www.google.de** erzeugen muss.

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



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



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.

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.

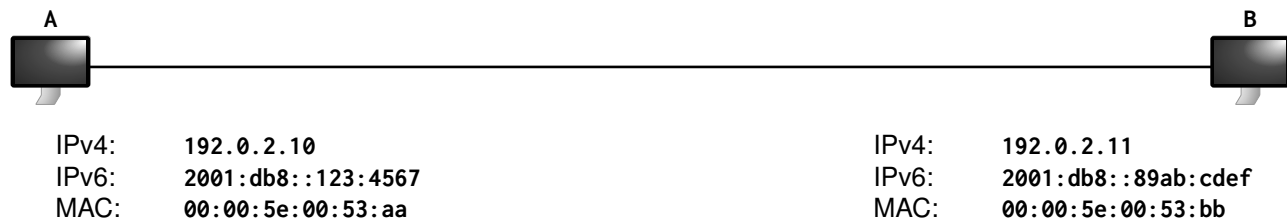
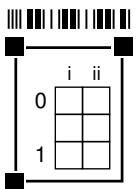
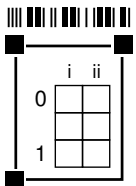


Abbildung 2.1: Netzwerktopologie für Neighbor Discovery

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



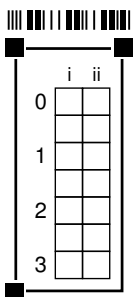
b)* Argumentieren Sie, welcher Schicht des ISO/OSI-Modells das Neighbor Discovery Protocol zuzuordnen ist.

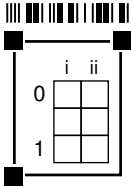


c) Geben Sie die L3-SDU für die versendete Neighbor-Solicitation-Nachricht in hexadezimaler Schreibweise an. Falls ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl. Etwaige Prüfsummen sind mit „xx“ zu markieren.

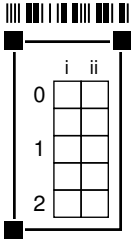
Hinweis: Jedes Kästchen entspricht einem Oktett. Es ist mehr Platz als benötigt vorgegeben. Die Formelsammlung enthält die notwendigen Nachrichten und Header.

offset in octets	+0x0	+0x1	+0x2	+0x3	+0x4	+0x5	+0x6	+0x7
0x0000								
0x0008								
0x0010								
0x0018								
0x0020								
0x0028								

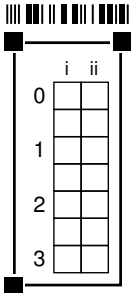




d)* Welche Funktion hat die ICMP-Checksum?



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



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

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



Kopie von Abbildung 2.1

䷗

The diagram shows a 2D array structure. It consists of two rows and two columns. The rows are labeled '0' and '1' on the left. The columns are labeled 'i' and 'ii' at the top. The array is enclosed in a rectangular frame with four corner markers (black squares). Above the frame, there is a horizontal bar with vertical tick marks, resembling a barcode or a sequence of data points.

[illegible]

	i	ii
0		
1		
2		
3		

[illegible]

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. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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.

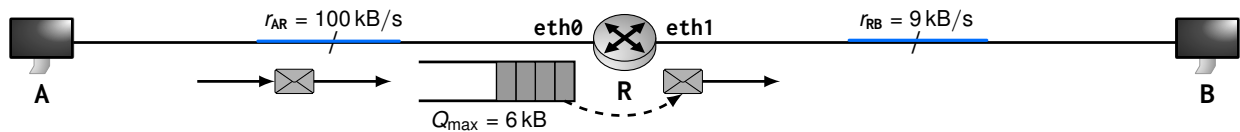


Abbildung 3.1: Netztopologie

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.

Stromorientierte Datenübertragung! Es gibt keine Grenzen zwischen Nachrichten, konzeptionell wird zusammenhängender Block an Daten übertragen. Bsp. TCP

Datagram-orientierte Übertragung:
Es werden einzelne Pakete mit festen Grenzen übertragen
Bsp. 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.

$$\begin{aligned}
 t \cdot r_{AR} - t \cdot r_{RB} &= Q_{\max} \\
 \Leftrightarrow t (r_{AR} - r_{RB}) &= Q_{\max} \\
 \Leftrightarrow t &= \frac{Q_{\max}}{r_{AR} - r_{RB}} = \frac{6 \text{ kB}}{100 \text{ kB/s} - 9 \text{ kB/s}} \\
 &= \frac{6 \text{ kB}}{91 \text{ kB/s}} \approx 0,066 \text{ s} \\
 &\approx 66,5 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

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

Gernicht, UDP wiederholt keine Pakete!
Dies müsste ggf. auf höheren Schichten passieren.

| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |

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

Durch Steuerkontrolle kann TCP die Übertragungsrate beim Sender drosseln. Dies geschieht dadurch, dass der Sender fehlende Bestätigungen für gesendete Segmente als Verlust dieser durch Überlauf im Netz interpretiert.

| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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

$$W_s = \min \{w_r, w_s\}$$

 ↑ ↑
Empfangsfenster Steuerkontrollfenster

| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |

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

Slow-Start: In jedem Zeitschritt wird das Sendefenster verdoppelt, bis es zum Verlust von Segmenten kommt (3 Duplicate ACKs)

Congestion-Avoidance: Pro Zeitschritt wird das Sendefenster um 1 reduziert. Falls keine Segmente verloren gehen. Sobald das Sendefenster halbiert (Multiplicative Decrease)

| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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 |
|----------|-----------|
|----------|-----------|

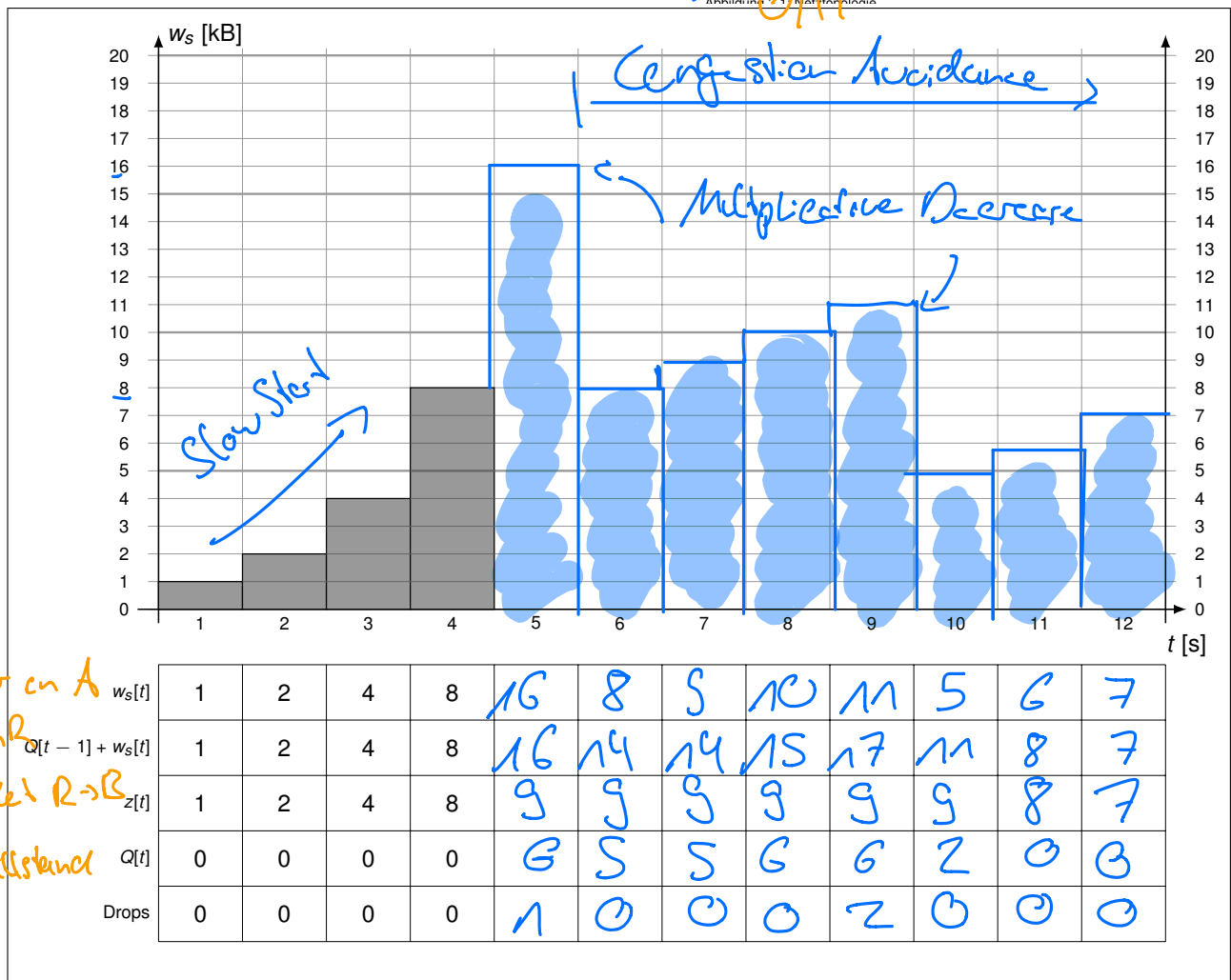
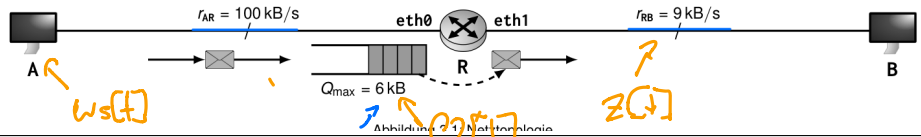
| | |
|----------|---|
| $w_s[t]$ | Die Größe des Sendefensters an A im Zeitschritt t . |
| $z[t]$ | Anzahl Byte, die R im Zeitschritt t in Richtung B weiterleitet. |
| $Q[t]$ | Anzahl Byte, die sich im Zeitschritt t im Puffer von R befinden und auf Weiterleitung warten. |

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 weit (Drops) pro Zeitschritt an.
Hinweis: Bei Halbierung des weiteren Vordruck.



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

Es wird erneut gesendet
(Fehlende ACKs)

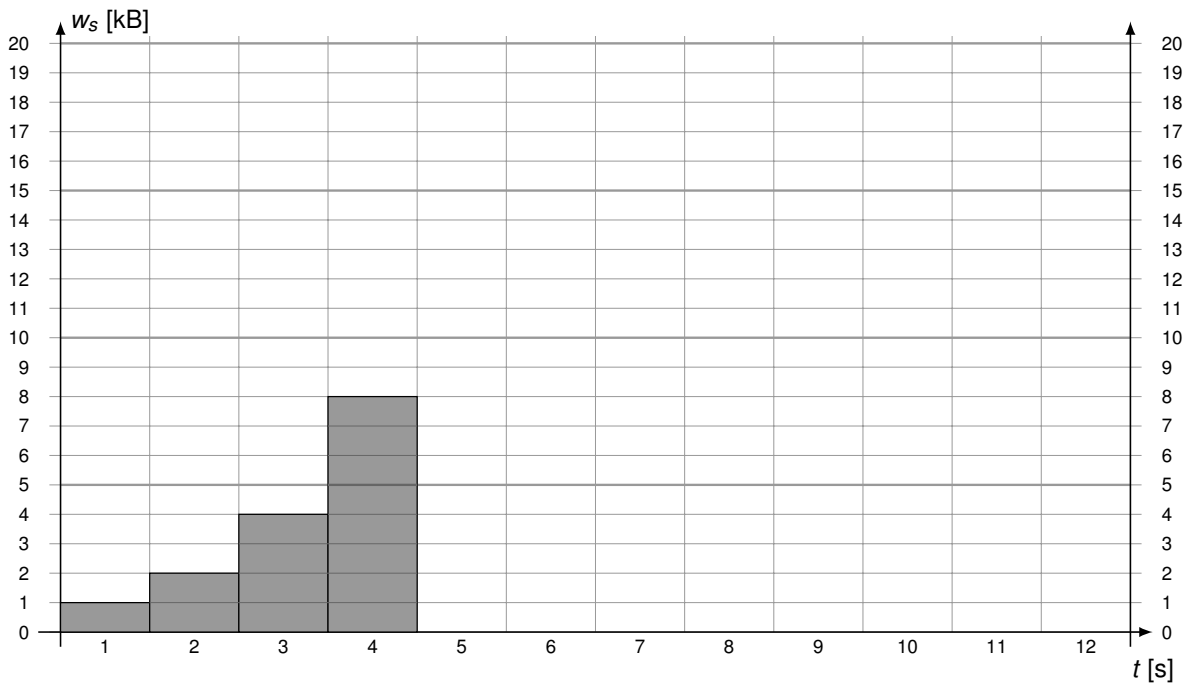
| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |

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

Nein, da nach Absetzen nur $\frac{3}{4}$ der Verbindung
wennend werden.
Alternativ: Ja, da durch den Buffer ist der Link
R-B gesättigt.

| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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 (100BASE-TX) verwendet. Zwischen **PC1** und **H** befinden sich **keine** Geräte, die auf Schicht 2 oder höher arbeiten.

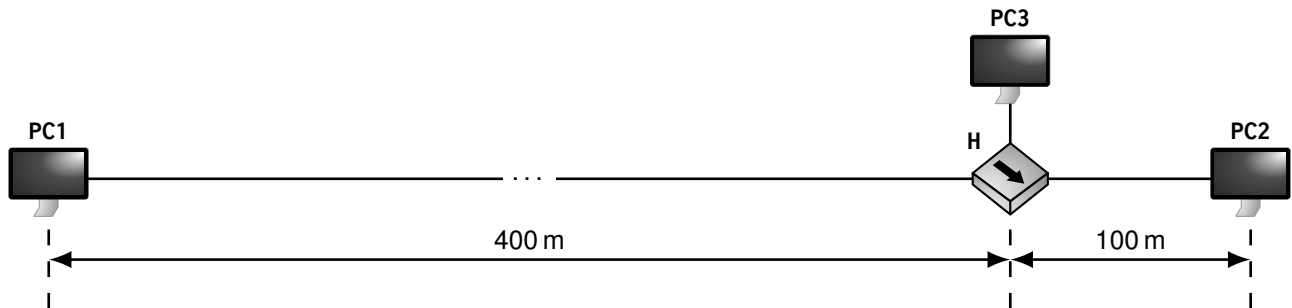


Abbildung 4.1: Netzsegment

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

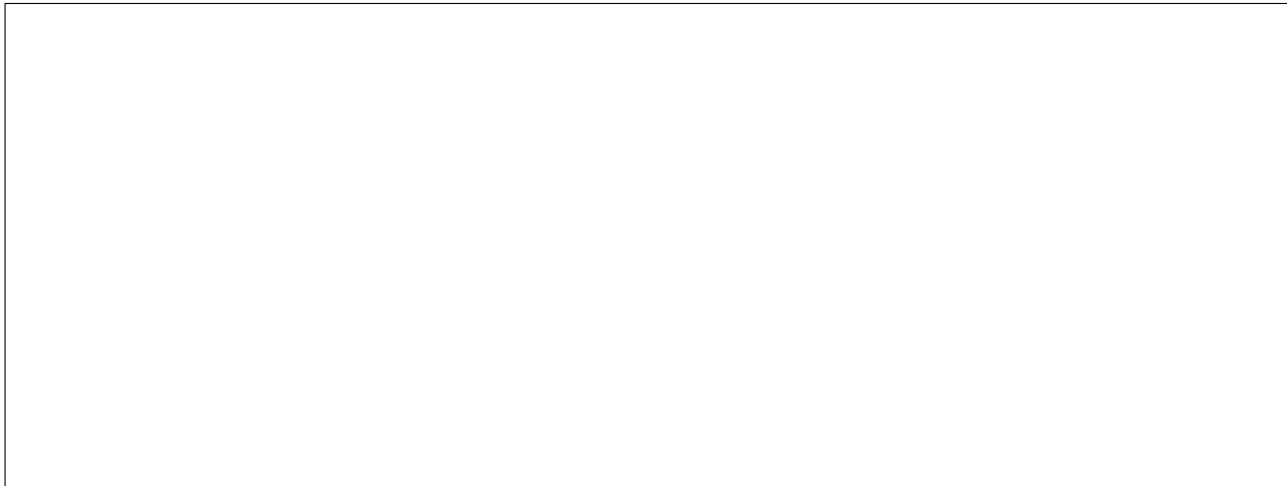
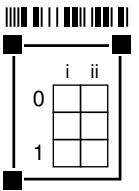
| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |

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

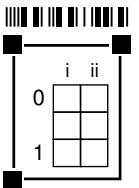
| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

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.

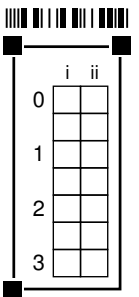
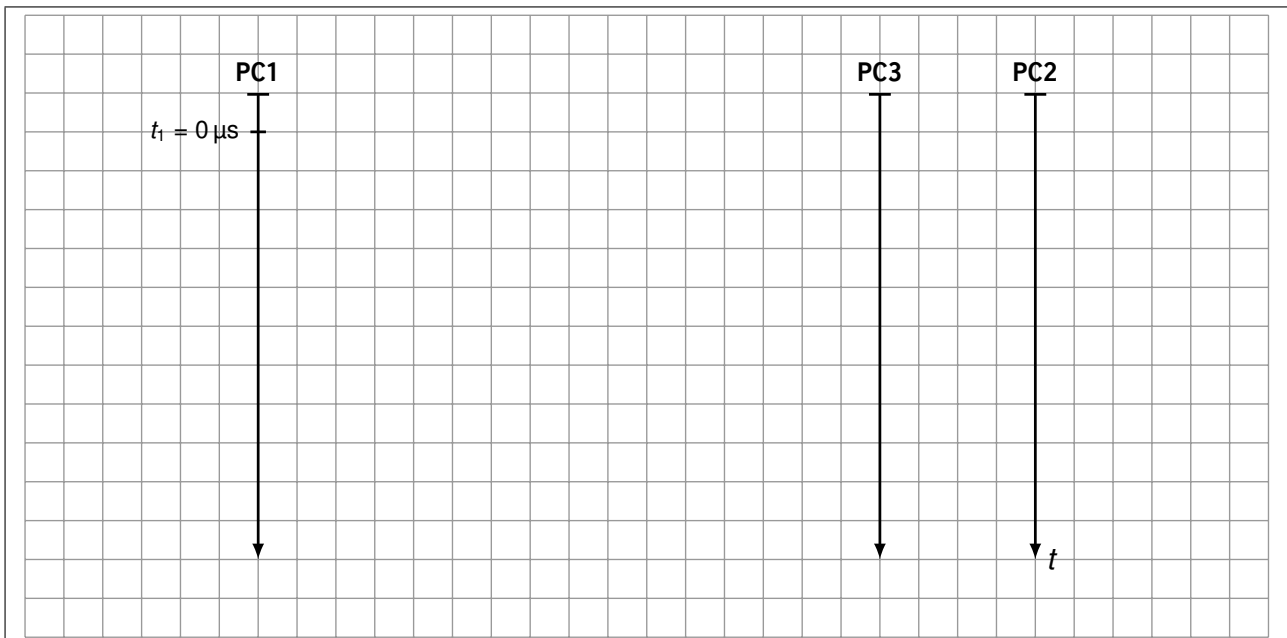
c)* Bestimmen Sie die Serialisierungszeit für beide Rahmen.

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

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.



| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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

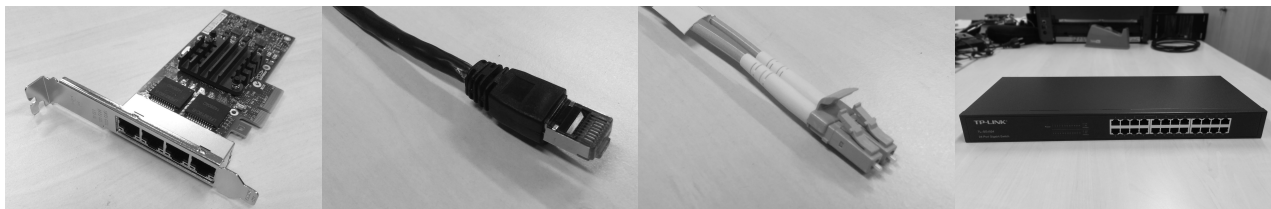
| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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

Aufgabe 5 Kurzaufgaben (16 Punkte)

Hinweis: Die folgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.

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



| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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

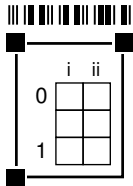
| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |

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

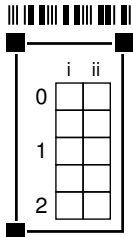
| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |

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

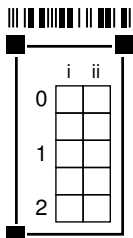
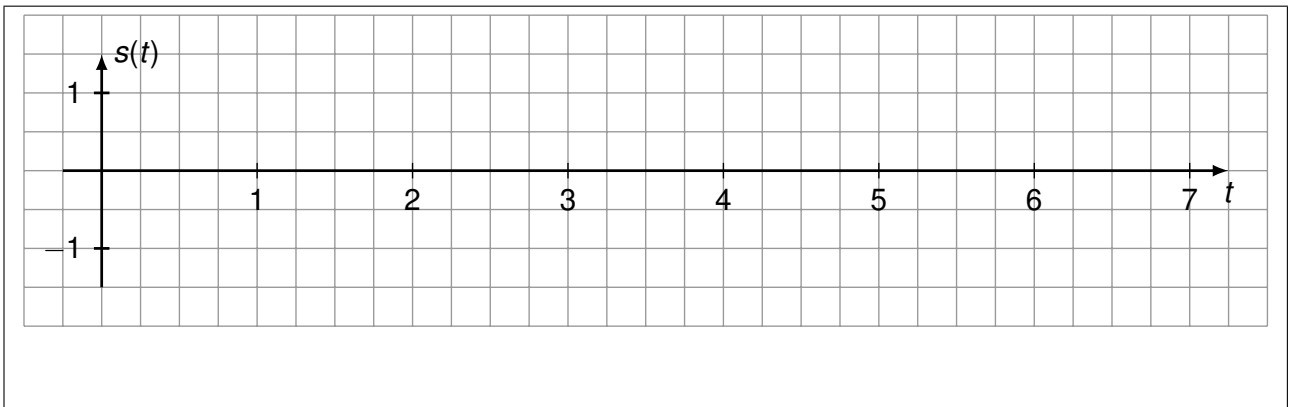
| | i | ii |
|---|---|----|
| 0 | | |
| 1 | | |



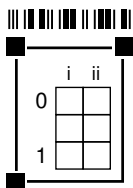
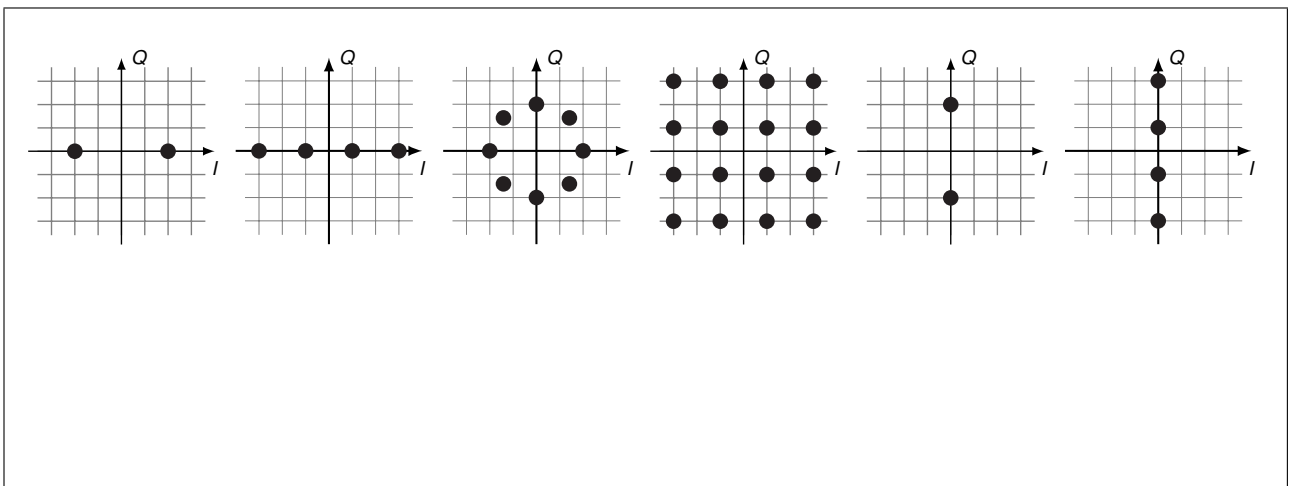
e)* Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen Fourierreihe und Fouriertransformation hinsichtlich ihrer Anwendung.



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).

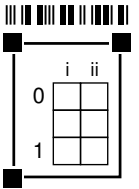


h)* Was versteht man unter einem *Shortest Path Tree*?



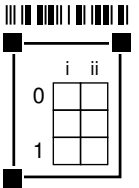
i)* Erklären Sie kurz die Funktion des Systemaufrufs **bind()**.

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |



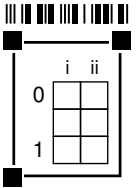
j)* Erklären Sie kurz die Funktion des Systemaufrufs **listen()**.

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |



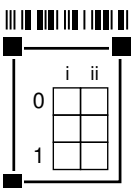
k)* Erklären Sie kurz die Funktion des Systemaufrufs **connect()**.

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |



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

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |



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

