

# Musterlösung der Abschlussklausur

## Computernetze

9. Juni 2017

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich die Klausur selbstständig bearbeite und das ich mich gesund und prüfungsfähig fühle.

Mir ist bekannt, dass mit dem Erhalt der Aufgabenstellung die Klausur als angetreten gilt und bewertet wird.

Unterschrift: \_\_\_\_\_

- Tragen Sie auf allen Blättern (einschließlich des Deckblatts) Ihren *Namen*, *Vornamen* und Ihre *Matrikelnummer* ein.
  - Schreiben Sie Ihre Lösungen auf die vorbereiteten Blätter. Eigenes Papier darf nicht verwendet werden.
  - Legen Sie bitte Ihren *Lichtbildausweis* und Ihren *Studentenausweis* bereit.
  - Als Hilfsmittel ist ein *selbständig vorbereitetes* und *handschriftlich einseitig beschriebenes DIN-A4-Blatt* zugelassen.
  - Als Hilfsmittel ist ein *Taschenrechner* zugelassen.
  - Mit Bleistift oder Rotstift geschriebene Ergebnisse werden *nicht* gewertet.
  - Die Bearbeitungszeit beträgt *90 Minuten*.
  - Schalten Sie Ihre Mobiltelefone aus.

## Bewertung:

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

# Aufgabe 1)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $4+0,5+0,5+1+0,5+0,5=7$

- a) In einem wissenschaftlichen Experiment fallen jährlich 35 Petabyte Daten an, die gespeichert werden müssen. Wie hoch wäre ein Stapel, wenn zur Speicherung CDs (Kapazität:  $650 \text{ MB} = 650 * 10^6 \text{ Byte}$ , Dicke: 1,2 mm) verwendet würden?

- Berechnen Sie die Lösung für  $35 \text{ PB} = 35 * 2^{50} \text{ Byte}$

Anzahl CDs: 
$$\frac{35*2^{50} \text{ Byte}}{650*10^6 \text{ Byte}} \approx 60.625.379,60$$

Höhe CD-Stapel:  $60.625.380 * 1,2 \text{ mm} = 72.750.456 \text{ mm} \approx 72,75 \text{ km}$

- Berechnen Sie die Lösung für  $35 \text{ PB} = 35 * 10^{15} \text{ Byte}$

Anzahl CDs: 
$$\frac{35*10^{15} \text{ Byte}}{650*10^6 \text{ Byte}} = \frac{35*10^9 \text{ Byte}}{650 \text{ Byte}} \approx 53.846.153,85$$

Höhe CD-Stapel:  $53.846.154 * 1,2 \text{ mm} \approx 64.615.384,62 \text{ mm} \approx 64,62 \text{ km}$

- b) Nennen Sie einen Vorteil von serieller gegenüber paralleler Datenübertragung.

*Weniger kostenintensiv und aufwändig bei großen Distanzen.*

- c) Nennen Sie einen Vorteil von paralleler gegenüber serieller Datenübertragung.

*Höhere Datenübertragungsraten sind möglich, da mehr Datenleitungen vorhanden sind.*

- d) Verwenden Computernetze üblicherweise parallele oder serielle Datenübertragung?

*Serielle Datenübertragung.*

- e) Was beschreibt die physische Topologie eines Computernetzes?

*Den Aufbau der Netzverkabelung.*

- f) Was beschreibt die logische Topologie eines Computernetzes?

*Den Datenfluss zwischen Endgeräten.*

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

## Aufgabe 2)

Punkte: .....

Maximale Punkte: 4

In einem wissenschaftlichen Experiment fallen jährlich 30 Petabyte ( $30 * 2^{50}$  Byte) Daten an. Wie lange dauert die Übertragung der Daten über ein Ethernet mit einer Bandbreite von 1 Gigabit pro Sekunde?

Ethernet Bandbreite:

$$\begin{aligned}1 \text{ Gbit/s} &= 1.000.000.000 \text{ Bit/s} \\&= 125.000.000 \text{ Byte/s}\end{aligned}$$

Übertragungsdauer:

$$\frac{30*2^{50} \text{ Byte}}{125.000.000 \text{ Byte/s}} \approx 270.215.977,65 \text{ s}$$

$$\begin{aligned}&\approx 4.503.600 \text{ Minuten} \\&\approx 75.060 \text{ Stunden} \\&\approx 3.127,5 \text{ Tage} \\&\approx 8,56 \text{ Jahre}\end{aligned}$$

(Hinweis: Jedes Jahr hat 365,25 Tage!)

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

## Aufgabe 3)

Punkte: .....

Maximale Punkte: 6

Eine Webcam auf der Oberfläche des Planeten Mars sendet Bilder zur Erde. Jedes Bild ist 30 MB ( $1 \text{ MB} = 2^{20} \text{ Byte}$ ) groß. Wie lange dauert die Übertragung eines Bildes bis zum Kontrollzentrum auf der Erde?

(Hinweis: Es handelt sich um eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung.)

Datenrate = 256 kbps (Kilobit pro Sekunde)

Signalausbreitungsgeschwindigkeit = 299.792.458 m/s

Wartezeit = 0 s

Distanz = 55.000.000.000 m

(Hinweis: Die Entfernung zwischen Erde und Mars schwankt zwischen ca. 55.000.000 km und ca. 400.000.000 km. Für die weiteren Berechnungen verwenden Sie ausschließlich den Wert 55.000.000 km, welcher der kürzesten Entfernung zwischen Erde und Mars entspricht.)

Dateigröße: 30 MB = 31.457.280 Bytes = 251.658.240 Bits

Datenrate: 256.000 Bits/s

Latenz = Ausbreitungsverzögerung + Übertragungsverzögerung + Wartezeit

Ausbreitungsverzögerung = 55.000.000.000 m / 299.792.458 m/s  $\approx$  183,46 s

Übertragungsverzögerung = 251.658.240 Bits / 256.000 Bits/s  $\approx$  983,04 s

Wartezeit = 0 s

Latenz = 183,46 s + 983,04 s + 0 s  $\approx$  1.166,5 s = 19 m 27 s

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

# Aufgabe 4)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $12+1+1=14$

- a) Füllen Sie die freien Felder aus.

(Bitte tragen Sie in jedes freie Feld nur eine korrekte Antwort ein!)

**ISO/OSI-Referenzmodell**

|   | Schicht                | Protokoll                         | Gerät                    | Dateneinheit | Adressen    |
|---|------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------|-------------|
| 7 | Anwendungsschicht      | HTTP, SMTP, POP3, SSH...          |                          | Nachricht    |             |
| 6 | Darstellungsschicht    |                                   |                          |              |             |
| 5 | Sitzungsschicht        |                                   |                          |              |             |
| 4 | Transportschicht       | TCP, UDP                          | (VPN-)Gateway            | Segment      | Port-Nummer |
| 3 | Vermittlungsschicht    | IP, ICMP                          | Router, L3-Switch        | Paket        | IP-Adresse  |
| 2 | Sicherungsschicht      | Ethernet, WLAN, Bluetooth, PPP... | Bridge, L2-Switch, Modem | Rahmen       | MAC-Adresse |
| 1 | Bitübertragungsschicht | Ethernet, WLAN, Bluetooth...      | Repeater, Hub            | Signal       |             |

- b) Markieren Sie die IP-Adresse des Default Gateway in der Ausgabe von `route -n`.

```
# route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags Metric Ref Use Iface
0.0.0.0        192.168.0.1    0.0.0.0        UG        1024   0    0 eth0
192.168.0.0     0.0.0.0        255.255.255.0  U         0    0    0 eth0
```

- c) Markieren Sie die MAC-Adresse des Default Gateway in der Ausgabe von `arp -n`.

```
# arp -n
192.168.0.191      ether      00:11:32:1c:03:f3      C      eth0
192.168.0.21       ether      1c:b0:94:c4:a2:74      C      eth0
192.168.0.1        ether      08:96:d7:2a:c6:06      C      eth0
```

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

## Aufgabe 5)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $1+2+2+2=7$

- a) Warum ist es nicht möglich, Kabel mit Schirmung zwischen unterschiedlichen Gebäuden zu verlegen?

*Schirmung ist also nur dann sinnvoll, wenn beide Seiten eines Kabels auf dem selben Erdungspotenzial liegen und darum sollten Kabel mit Schirmung niemals zwischen Gebäuden verlegt werden. Ansonsten kommt es zum Ausgleichstrom. Dieser kann zu Störungen im Betrieb führen oder gar zur Zerstörung von Netzwerkgeräten.*

- b) Nennen Sie einen Vorteil und einen Nachteil von Monomodefasern (Singlemodefasern) gegenüber Multimodefasern.

*Vorteil: Für längere Strecken (bis ca. 70 km) geeignet.*

*Nachteil: Bieten nur einen Weg (Kanal) durch das Medium.*

- c) Nennen Sie einen Vorteil und einen Nachteil von Multimodefasern gegenüber Monomodefasern (Singlemodefasern).

*Vorteil: Bieten viele Wege (Kanäle) durch das Medium.*

*Nachteil: Nur für kürzere Strecken (bis ca. 500 m) geeignet.*

- d) Die folgenden Informationen stammen von existierenden Twisted-Pair-Netzwerkkabeln. Welche Aussagen können Sie zur Schirmung dieser Kabel machen?

- E138922 RU AWM 2835 24 AWG 60°C CSA LL81295 FT2 ETL VERIFIED  
EIA/TIA-568A CAT.5 UTP EVERNEW G3C511  
*UTP = Unshielded Twisted Pair ⇒ kein Gesamtschirm, kein Paarschirm.*
- E188601 (UL) TYPE CM 75°C LL84201 CSA TYPE CMG FT4 CAT.5E PATCH CABLE TO TIA/EIA 568A STP 26AWG STRANDED  
*STP = Shielded Twisted Pair ⇒ kein Gesamtschirm, Drahtgeflecht als Paarschirm.*
- SSTP ENHANCED CAT.5 350MHZ 26AWG X 4P PATCH TYPE CM (UL) C(UL)  
E200579 CMG CSA LL81924 3P VERIFIED  
*SSTP = Screened Shielded Twisted Pair ⇒ Drahtgeflecht als Gesamtschirm, Drahtgeflecht als Paarschirm.*
- EC-net 7.5 m 11184406 13/03 PremiumNet 4 PAIR 26AWG S-FTP HF IEC 332-1 ENHANCED CATEGORY 5 PATCH CORD EN0173+ISO/IEC  
*SFTP = Screened Foiled Twisted Pair ⇒ Drahtgeflecht als Gesamtschirm, Folie als Paarschirm.*

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

## Aufgabe 6)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $1+1+1+1+1=5$

- a) Was ist der Zweck von Repeatern in Computernetzen?

*Repeater sind Signalverstärker bzw. -aufbereiter. Sie verstärken empfangene elektrische oder optische Signale und reinigen sie vom Rauschen und von Jitter.*

- b) Was ist der Hauptunterschied zwischen Repeatern und Hubs?

*Hubs sind Repeater mit > 2 Schnittstellen.*

- c) Warum benötigen Repeater und Hubs keine physischen oder logischen Adressen?

*Sie leiten empfangene Signale nur weiter. Dafür brauchen Sie keine Adressen. Zudem arbeiten sie transparent und kommunizieren nur auf der Bitübertragungsschicht.*

- d) Welche Netzwerktopologien realisieren Hubs?

*Physische Topologie: Stern-Topologie wegen der Verkabelung.*

*Logische Topologie: Bus-Topologie, weil genau wie bei einem langen Kabel, an dem alle Netzwerkgeräte hängen, leitet ein Hub ankommende Signale zu allen anderen Schnittstellen weiter.*

- e) Was ist eine Kollisionsdomäne?

*Die Kollisionsdomäne ist ein Netzwerk oder Teil eines Netzwerks, in dem mehrere Netzwerkgeräte ein gemeinsames Übertragungsmedium nutzen. Sie umfasst alle Netzwerkgeräte, die gemeinsam um den Zugriff auf ein gemeinsames Übertragungsmedium konkurrieren.*

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

# Aufgabe 7)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $1+2+2+1+1=7$

- a) Wie funktioniert der Leitungscode Non-Return-To-Zerz (NRZ)?

Die einfachste Form der Darstellung von logischer 0 und 1 ist mit verschiedenen Spannungsniveaus möglich. Dieser Leitungscode heißt Non-Return to Zero (NRZ). Es kann z.B. eine 0 durch einen Signalpegel (z.B. 0 Volt) und eine 1 durch einen anderen Signalpegel (z.B. 5 Volt) kodiert werden.

- b) Welche beiden Probleme können auftreten, wenn man Daten mit NRZ kodiert?

Verschiebung des Durchschnitts (Baseline Wander) und Problem der Taktwiederherstellung (Clock Recovery).

- c) Wie können die Probleme von Teilaufgabe b) vermieden werden?

Baseline Wander verhindert man dadurch, dass der Signalpegel bei zwei Signalpegen gleichverteilt ist. Verwendet eine Netzwerktechnologie drei oder fünf Signalpegel, muss der Durchschnitt über die Zeit dem mittleren Signalpegel entsprechen.

Clock Recovery verhindert man mit einer separaten Leitung, die den Takt überträgt oder durch eine Erhöhung der Signalpegelwechsel, um die Taktrückgewinnung aus dem Datenstrom zu ermöglichen.

Alternative Antwort: Durch die Verwendung von Scramблern.

- d) Warum ist es für den Empfänger von Signalen, die nach der Differentiellen Manchester-Kodierung kodiert wurden wichtig, den initialen Signalpegel zu kennen?

Abhängig vom Anfangspegel ergeben sich zwei mögliche, zueinander inverse Signalfolgen.

- e) Warum enthalten einige Leitungscode, die Gruppen von Nutzdatenbits auf Gruppen von Codebits abbilden, Varianten mit neutrale Ungleichheit, positiver Ungleichheit und negativer Ungleichheit?

Die Varianten mit neutraler Ungleichheit reichen bei diesen Leitungscode nicht aus um alle möglichen Nutzdaten auf Codebits abzubilden. Darum wechseln sich die Varianten mit positiver oder negativer Ungleichheit ab um Durchschnittsverschiebungen zu vermeiden.

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

# Aufgabe 8)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $1+1+1+1+1+1+1=7$

- a) Was ist die Aufgabe von Bridges in Computernetzen?

*Bridges verbinden verschiedene physische Netze. Sie leiten Rahmen zwischen den physischen Netzen weiter. Zudem untersuchen sie die Rahmen mit Prüfsummen auf Korrektheit.*

- b) Warum versuchen Bridges Kreise zu vermeiden?

*Computernetze sollten auf der Sicherungsschicht zu jedem möglichen Ziel immer nur einen Pfad haben. Das soll vermeiden, dass Rahmen dupliziert werden und mehrfach am Ziel eintreffen. Kreise können die Leistung des Netzes vermindern oder sogar zum Totalausfall führen.*

- c) Welches Protokoll verwenden Bridges um Kreise zu vermeiden?

*Sie verwenden das Spanning Tree Protokoll (STP).*

- d) Nach welchem Auswahlkriterium entscheidet sich, ob eine Bridge die Wurzel (Root-Bridge) wird?

*Die Bridge mit der niedrigsten Bridge Priority in der Bridge-ID wird die Wurzel (Root-Bridge).*

- e) Was ist eine designierte Bridge und was ist ihre Aufgabe?

*Eine designierte Bridge ist für die Weiterleitung der Rahmen aus dem betreffenden Netz in Richtung Wurzel zuständig.*

- f) Wie viele designierte Bridges enthält ein Computernetz?

*Für jedes physische Netz wird mit Hilfe des STP eine direkt verbundene Bridge ausgewählt.*

- g) Welche Auswirkung haben Bridges und Layer-2-Switches auf die Kollisionsdomäne?

*Bridges und Layer-2-Switches unterteilen die Kollisionsdomäne. Anders ausgedrückt: Bei Bridges und Switches bildet jeder Port eine eigene Kollisionsdomäne.*

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

## Aufgabe 9)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $2+2+2+2=8$

Beim zeichenorientierten Protokoll BISYNC markieren Steuerzeichen die Struktur der Rahmen. Den Anfang eines Rahmens markiert das SYN-Zeichen. Den Anfang des Headers markiert SOH (*Start of Header*). Die Nutzdaten befinden sich zwischen STX (*Start of Text*) und ETX (*End of Text*).

| 8 Bit                      | 8 Bit | 8 Bit           | 8 Bit  |               | 8 Bit | 16 Bit      |     |
|----------------------------|-------|-----------------|--------|---------------|-------|-------------|-----|
| SYN                        | SYN   | SOH             | Header | STX           | Body  | ETX         | CRC |
| Synchronization Characters |       | Start of Header |        | Start of Text |       | End of Text |     |

Kommen die Steuerzeichen ETX oder DLE (*Data Link Escape*) im Nutzdatenteil (*Body*) vor, müssen sie vom Protokoll der Sicherungsschicht durch ein zusätzliches DLE-Zeichen geschützt (*maskiert*) werden. Ein einzelnes ETX-Zeichen im Nutzdatenteil wird durch die Zeichenfolge DLE ETX repräsentiert. Das DLE-Zeichen selbst wird durch die Zeichenfolge DLE DLE repräsentiert.

| Steuerzeichen             | SOH | STX | ETX | DLE | SYN |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hexadezimale Schreibweise | 01  | 02  | 03  | 10  | 16  |

Markieren Sie die Nutzdaten in den folgenden BISYNC-Rahmen:

a) 16 16 01 99 98 97 96 95 02 C1 12 34 56 78 90 C2 03 A0 B7

Der Nutzdatenteil ist:

C1 12 34 56 78 90 C2

b) 16 16 01 99 98 97 96 95 02 B1 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 B3 03 76 35

Der Nutzdatenteil ist:

B1 10 10 10 10 10 10 B3

c) 16 16 01 99 98 97 96 95 02 10 03 10 10 10 03 10 10 10 03 10 10 03 92 55

Der Nutzdatenteil ist:

03 10 03 10 03 10

d) 16 16 01 99 98 97 96 95 02 10 10 A1 10 10 B1 10 03 C1 01 C2 A1 03 99 B2

Der Nutzdatenteil ist:

10 A1 10 B1 03 C1 01 C2 A1

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

# Aufgabe 10)

Punkte: .....

Maximale Punkte: 4+4=8

- a) Fehlererkennung via CRC: Berechnen Sie den zu übertragenen Rahmen.

Generatorpolynom: 100101  
Rahmen (Nutzdaten): 10110101

1011010100000

100101|||||||

-----vv|||||

100001|||||

100101|||||

-----vvv||

100000||

100101||

-----vv

10100 = Rest

Das Generatorpolynom hat 6 Stellen. Also werden 5 Nullen an den Rahmen (die Nutzdaten) angehängt.

Rahmen mit angehängten 0-Bits: 1011010100000

Zu übertragender Rahmen: 1011010110100

- b) Fehlererkennung via CRC: Prüfen Sie, ob der empfangene Rahmen korrekt übertragen wurde.

Übertragener Rahmen: 1010010110100  
Generatorpolynom: 100101

1010010110100

100101|||||||

-----vv|||||

110001|||||

100101|||||

-----v||||

101001|||||

100101|||||

-----vv||

110001||

100101||

-----v|

101000|

100101|

-----v

11010 => Fehler

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

## Aufgabe 11)

Punkte: .....

Maximale Punkte: 5+3=8

- a) Teilen Sie das Klasse A-Netz 16.0.0.0 so auf, das 513 Subnetze realisierbar sind.  
Berechnen Sie die Netzmaske und beantworten Sie die Fragen.

Netzadresse: 00010000.00000000.00000000.00000000 16.0.0.0

Anzahl Bits für Subnetznummern? 513  $\Rightarrow 1024 = 2^{10} \Rightarrow$  10 Bit für Subnetze

Netzmaske: 11111111.11111111.11000000.00000000 255.255.192.0

Anzahl Bits für Hostadressen? 14

Anzahl Hostadressen pro Subnetz?  $2^{14} = 16384$

Von den 16384 Adressen dürfen zwei Adressen (Netzadresse und Broadcast-Adresse) nicht Netzwerkgeräten zugewiesen werden!

- b) Der Sender überträgt ein IP-Paket an den Empfänger. Berechnen Sie die Subnetznummern von Sender und Empfänger und geben Sie an, ob das IP-Paket während der Übertragung das Subnetz verlässt oder nicht.

Sender: 10000100.10011000.01010011.1111110 132.152.83.254

Netzmaske: 11111111.11111111.11111100.00000000 255.255.252.0

-----

AND 11000100.10011000.01010000.00000000 20 => Subnetznummer

Empfänger: 10000100.10011000.01010001.00000010 132.152.81.2

Netzmaske: 11111111.11111111.11111100.00000000 255.255.252.0

-----

AND 11000100.10011000.01010000.00000000 20 => Subnetznummer

Subnetznummer des Senders? 20

Subnetznummer des Empfängers? 20

Verlässt das IP-Paket das Subnetz [ja/nein]? nein

Name:

Vorname:

Matr.Nr.:

---

# Aufgabe 12)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $1+1+2+1=5$

- a) Beschreiben Sie ein Beispiel, wo es sinnvoll ist TCP zu verwenden.

*TCP ist sinnvoll, wenn die Segmente vollständig und in der korrekten Reihenfolge ihr Ziel erreichen sollen. z.B. bei der Übertragung von Web-Seiten oder beim Senden und Empfangen von Emails.*

- b) Beschreiben Sie ein Beispiel, wo es sinnvoll ist UDP zu verwenden.

*UDP ist bei Videotelefonie sinnvoll, weil dort Puffer oder das erneute Anfordern verlorener Segmente die Nutzbarkeit mehr einschränken als kurzzeitige Qualitätseinbußen.*

- c) Welche zwei mögliche Ursachen für das Entstehen von Überlastung in Computernetzen gibt es?

*Überlast beim Empfänger und Überlastung des Netzes.*

- d) Warum verwaltet der Sender bei TCP zwei Fenster und nicht nur ein einziges?

*Überlast beim Empfänger und Überlastung des Netzes sind komplett verschiedene Probleme. Es gibt nicht die „eine Lösung“ für beide Ursachen. Beide Ursachen werden getrennt angegangen. Das Advertised Receive Window (Empfangsfenster) vermeidet Überlast beim Empfänger und wird vom Empfänger dem Sender mit jedem Segment mitgeteilt. Das Congestion Window (Überlastungsfenster) vermeidet Überlastung des Netzes. Dieses Fenster muss der Sender selbst festlegen.*

Name:

Vorname:

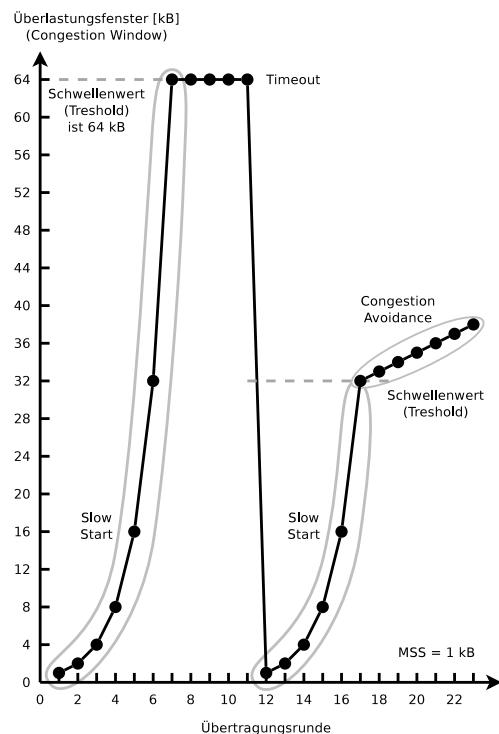
Matr.Nr.:

# Aufgabe 13)

Punkte: .....

Maximale Punkte:  $2+1+1=4$

- a) Markieren Sie in der Abbildung die Phasen Slow Start und Congestion Avoidance.



- b) Beschreiben Sie was Fast Retransmit ist.

Nach dreimaligem Empfang eines doppelten ACK sendet der Sender das verlorene Segment erneut.

- c) Beschreiben Sie was Fast Recovery ist.

Das Überlastungsfenster wird nach dreimaligem Empfang eines doppelten ACK direkt auf den Schwellenwert gesetzt und die Phase Slow Start wird vermieden.