



## Klausur zur Vorlesung Rechnernetze und Verteilte Systeme Klausur Haupttermin, SS 2010

27. Juli 2010, 11:00 Uhr  
Bearbeitungszeit: **90 Minuten**

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

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

Zu Beginn der Klausur werden Ihnen alle Fragen vorgelesen. In dieser Zeit dürfen Sie noch nicht mit der Bearbeitung anfangen. Diese Zeit geht **nicht** von Ihrer Bearbeitungszeit ab. Nutzen Sie diese Zeit, um zuzuhören und die Aufgabenteile zu erfassen. Denken Sie daran, keine Teilaufgabe zu vergessen.

Notieren Sie zunächst auf **allen** Bögen Ihren **Namen** und Ihre **Matrikelnummer**.

Die **Beantwortung der Klausur erfolgt auf den ausgegebenen Bögen**. Sollte der Platz nicht ausreichen, verwenden Sie bitte die Rückseite des jeweiligen Blattes und kennzeichnen Sie die Fortsetzung deutlich.

Verwenden Sie zum Beantworten der Fragen **nicht** die Farben **rot**, **grün** und auch keinen **Bleistift**.

Der für die Lösung vorhandene Platz ist großzügig bemessen. Sie müssen **nicht** so viel schreiben, wie Sie Platz haben.

Wenn Sie Berechnungen durchführen, so schreiben Sie **Ansatz**, die Teilschritte und Teilergebnisse so verständlich wie möglich auf. Nur so können Sie gegebenenfalls Teilpunkte erhalten.

Die Zeit der Klausur ist knapp bemessen. Verweilen Sie nicht zu lange im Skript!

Auf Ihrem Tisch dürfen sich befinden:

- Personalausweis und Studierendenausweis
- Schreibutensilien
- nicht programmierbarer Taschenrechner
- Ausdruck der Vorlesungsfolien mit Anmerkungen aus der Vorlesung sowie Post-Its/Indexstreifen zum Auffinden von Kapiteln
- zwei handbeschriebene A4-Blätter (je Vorder- und Rückseite)

Bitte entfernen Sie **alle** anderen Dinge von Ihrem Tisch.

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

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

Andere Hilfsmittel als die angegebenen sind nicht erlaubt.

Sie müssen die Aufgaben **alleine** bearbeiten. Täuschungsversuche sind nicht erlaubt.

Während der Klausur wird die Klausuraufsicht der Reihe nach zu allen Teilnehmern kommen, Ihre Identität sowie Ihre Zulassung zur Klausur überprüfen, und Sie unterzeichnen lassen, dass Sie prüfungsfähig sind.

Sollten Sie während der Klausur eine Frage haben, so melden Sie sich bitte. Eine Klausuraufsicht wird dann zu Ihnen kommen. Sollte die Frage relevant sein, wird sie anschließend für alle Klausurteilnehmer beantwortet.

Sollten Sie während der Klausur die Toilette aufsuchen müssen, so müssen Sie Ihre kompletten Unterlagen vorne abgeben. Es kann immer nur ein Student den Hörsaal verlassen. Sobald der erste Student abgegeben und den Raum endgültig verlassen hat, darf niemand mehr auf Toilette gehen. Sollten Sie vor Ablauf der Bearbeitungszeit fertig sein, so warten Sie aus Rücksicht auf Ihre Kommilitonen bitte an Ihrem Platz bis zum Ende der Bearbeitungszeit.

Bleiben Sie zum Ende der Bearbeitungszeit auf Ihrem Platz sitzen. Die Klausuren werden eingesammelt. Wenn **alle Klausuren eingesammelt** sind, können Sie den Vorlesungssaal verlassen.

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

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

### **Aufgabe 1 - Grundlagen (14 Punkte)**

Betrachten Sie die folgende Tabelle mit Begriffen aus der Netzwerkwelt:

Begriff	Schicht	Begriff	Schicht	Begriff	Schicht
-5 V		CSMA/CD		OSPF	
Modulation	1	Router		SMTP	
Switch		RFC	-	RPC	
MAC		Duplicate ACK		TCP	
Spanning Tree		Congestion Avoidance		Protokoll	
IPv6		Webbrowser		Routingtabelle	
UDP		T-PDU		HDLC	

- a) Bitte tragen Sie in den entsprechenden Feldern neben den jeweiligen Begriffen die Nummer der passenden ISO/OSI-Schicht ein oder ein "-" falls der Begriff keiner Schicht zugeordnet werden kann. [3]
- b) Wozu werden bei Protokollen allgemein Header benötigt? Verwenden Sie Begriffe aus dem ISO/OSI-Modell in Ihrer Antwort. [1]
- c) Über physikalische Leitungen können Daten nur mit begrenzter Datenrate gesendet werden. Nennen Sie Gründe dafür. Was sagt das Gesetz von Shannon zur Kanalkapazität? [3]

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

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

- d) Ein Datenpaket werde nun per TCP/IPv4 über ein Ethernet übertragen. Skizzieren Sie das Paket inklusive aller Präambeln / Header / Trailer. Geben Sie für jeden Header / Trailer jeweils den **Namen des Protokolls** an und ordnen Sie ihn einer **ISO/OSI-Schicht 1-7** zu. Einzelne Felder in die Header einzuzeichnen ist nicht nötig. [2]

- e) Benennen Sie für das oben angegebene Paket alle Headerfelder der verschiedenen Schichten, die zur **Adressierung** verwendet werden. Geben Sie für jedes dieser Felder außerdem die **Länge in Bit** an. [2]

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

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

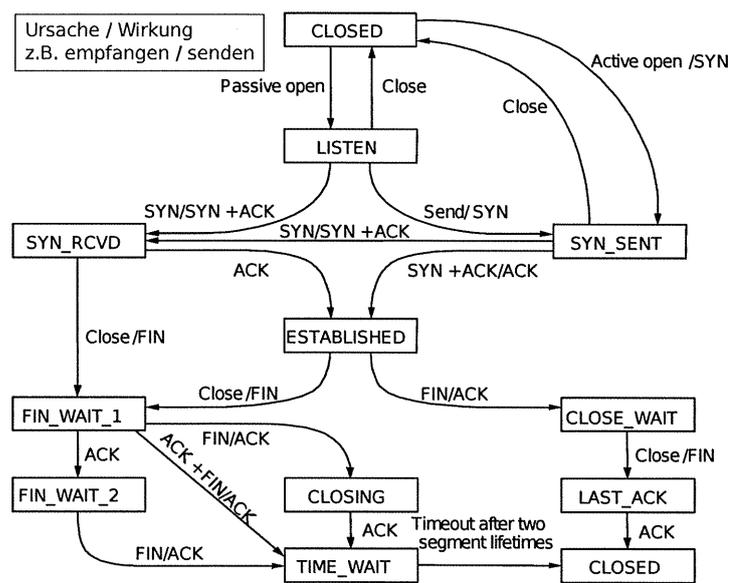
f) Das Paket durchquert eine Brücke. Welche Headerinformationen werden für die Weiterleitungsentscheidung verwendet? Welche Headerfelder werden verändert oder neu erzeugt? [1]

g) Das Paket durchquert einen Router (kein NAT-Router). Welche Headerinformationen werden für die Weiterleitungsentscheidung verwendet? Welche Headerfelder werden verändert oder neu erzeugt? [2]

**Aufgabe 2 - TCP (12 Punkte)**

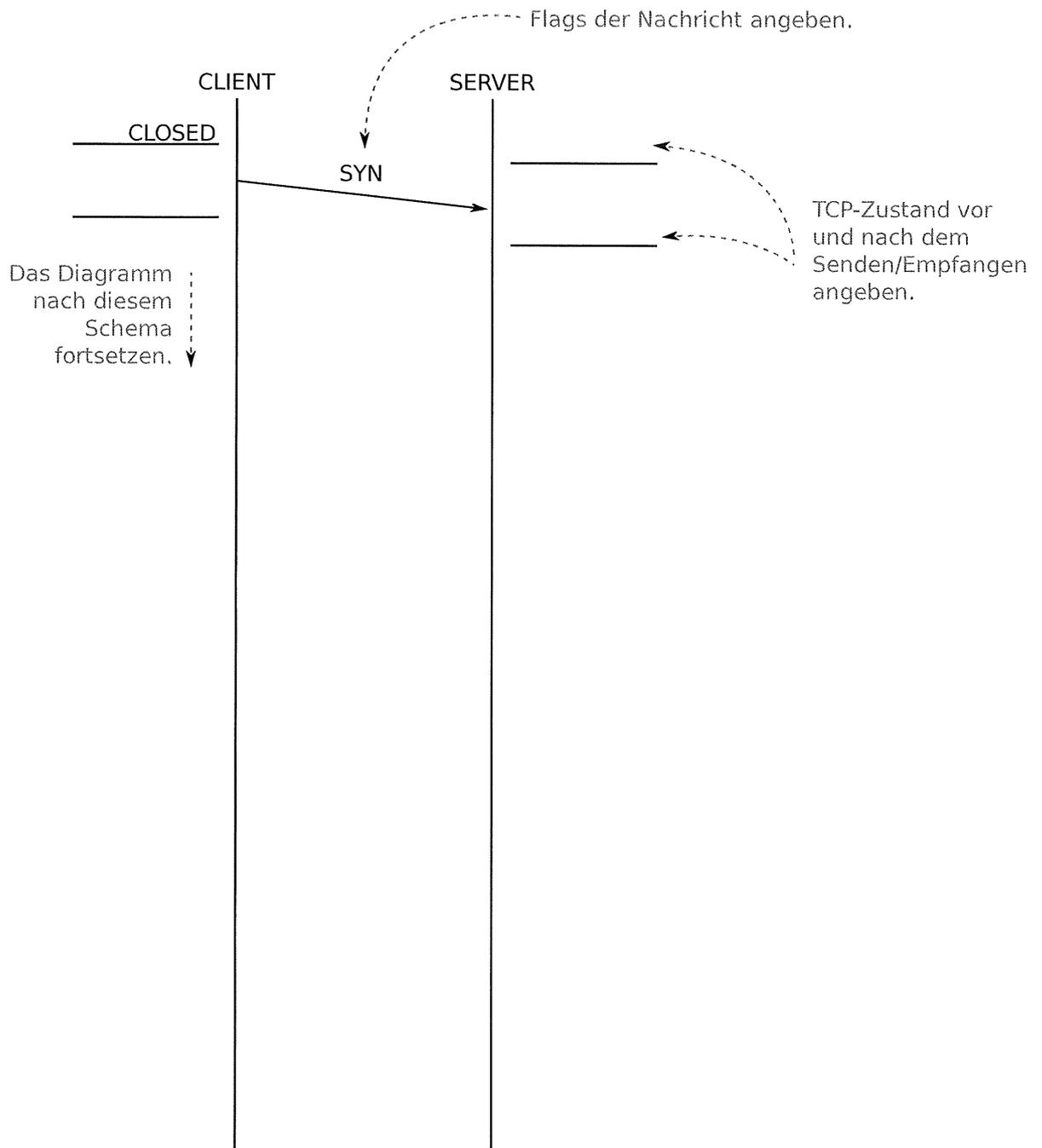
- a) Ein Web-Browser als Client kontaktiert einen Web-Server. Nach erfolgreichem Verbindungsaufbau sendet der Client eine HTTP-Anfrage, der Server sendet die entsprechende Antwort. Sowohl die Anfrage als auch die Antwort sind kleiner als die MTU des Netzes. Danach beendet der Server die Verbindung, der Client ist mit diesem Verbindungsabbau einverstanden. Vervollständigen Sie das folgende Weg-Zeit-Diagramm dieses Ablaufs (Hinweis: Bitte die eigentlichen Datenpakete nicht vergessen). Beschriften Sie jede Nachricht mit den jeweils gesetzten TCP-Flags. Geben Sie auf Client- und Serverseite immer dann den neuen aktuellen Zustand im TCP-Zustandsübergangsdigramm an, wenn sich dieser ändert.

Hinweis: Hier das TCP-Zustandsübergangsdigramm als Hilfestellung.



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

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



[5]

b) Warum ist der Zustand TIME\_WAIT notwendig? Warum gehen nicht beide Kommunikationspartner sofort in den Zustand CLOSED über? [1]

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

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

- c) Was ist der Unterschied zwischen Flusskontrolle und Staukontrolle? [1]
- d) Ein TCP-Sender sei in der Phase "Slow Start". Die Größe des Congestion Windows beim Start der Übertragung sei 2 Segmente. Die folgenden 14 Segmente werden problemlos übertragen und bestätigt. Wie groß ist das Congestion Window nach dieser Übertragung? [1]
- e) Ein TCP-Sender sei in der Phase "Congestion Avoidance". Die aktuelle Größe des Congestion Windows sei 10 Segmente. Innerhalb der nächsten Round-Trip Time werden 10 Segmente erfolgreich übertragen und bestätigt. Wie groß ist das Congestion Window nach dieser Übertragung? [1]
- f) Was sind "Duplicate ACKs"? [1]
- g) Welcher Mechanismus zur Flusskontrolle wird bei TCP verwendet? [1]
- h) Wie wird bei TCP aus den Fenstern für Flusskontrolle und Staukontrolle das letztendliche Sendefenster berechnet? [1]

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

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

**Aufgabe 3 - Fragmentierung und ARP (8 Punkte)**

Angenommen, ein Router bekommt das unten stehende IP-Paket.

Version 4	Header Length 20	Type of Service 0	Total Length 1440		
Identification 42			DF 0	MF 0	Fragment Offset 0
TTL 64	Protocol 6		Header Checksum <NOT RELEVANT FOR THIS TASK>		
Source 131.159.20.1					
Destination 193.99.144.85					
Data 					

Durch einen Lookup in seiner Routing-Tabelle stellt er fest, dass der nächste Hop der Router mit der IP-Adresse 188.1.37.89 ist. Auf dem ausgehenden Interface hat der sendende Router selbst die IP-Adresse 188.1.0.149 und die MAC 00:14:0b:60:17:1f (Layer 2 ist ein Ethernet).

- a) Leider ist die MTU des ausgehenden Links zum nächsten Hop nur 820 Bytes, das Paket muss also fragmentiert werden. Geben Sie in den Vordrucken auf der nächste Seite für die Fragmente alle Header-Felder außer der Prüfsumme an.

*Hinweis:* In RFC 791 steht bezüglich des Feldes "Fragment Offset":

Fragment Offset: 13 bits

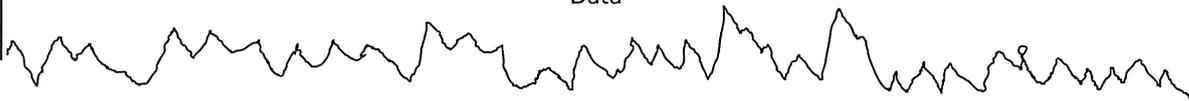
This field indicates where in the datagram this fragment belongs. The fragment offset is measured in units of 8 octets (64 bits). The first fragment has offset zero.

[5]

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

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

Version _____	Header Length _____	Type of Service _____	Total Length _____	
Identification _____			DF —	MF —
			Fragment Offset _____	
TTL _____	Protocol _____		Header Checksum <NOT RELEVANT FOR THIS TASK>	
Source _____				
Destination _____				
Data 				

Version _____	Header Length _____	Type of Service _____	Total Length _____	
Identification _____			DF —	MF —
			Fragment Offset _____	
TTL _____	Protocol _____		Header Checksum <NOT RELEVANT FOR THIS TASK>	
Source _____				
Destination _____				
Data 				

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

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

- b) Nehmen Sie an, der übernächste Hop habe eine noch kleinere MTU. Ist es möglich, dass IPv4-Fragmente unabhängig voneinander ein weiteres Mal fragmentiert werden oder muss der zweite fragmentierende Router das Paket zunächst wieder zusammen setzen? Begründen Sie Ihre Antwort kurz anhand der verwendeten Header-Felder. [1]

- c) Als der Router das Paket an den nächsten Hop weiterleiten möchte, stellt er fest, dass seine ARP-Tabelle leer ist. Füllen Sie die unten angegebenen Felder des ARP-Paketes aus, das der Router zunächst senden muss, um für die Weiterleitung benötigte Informationen zu erfragen.  
**Hinweis:** Es handelt sich hier um Felder in der eigentlichen ARP-Nachricht, NICHT im IP oder MAC-Header.

Sender MAC address: \_\_\_\_\_

Sender IP address: \_\_\_\_\_

Target MAC address: \_\_\_\_\_

Target IP address: \_\_\_\_\_

[2]

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

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

**Aufgabe 4 - Fehlererkennung und -behebung (12 Punkte)**

Die Nachricht 10110 soll übertragen werden. Zum Schutz vor Übertragungsfehlern wird ein CRC mit Generatorpolynom  $x^3 + x^2 + 1$  eingesetzt.

a) Berechnen Sie die CRC-Prüfsumme der Nachricht. [3]

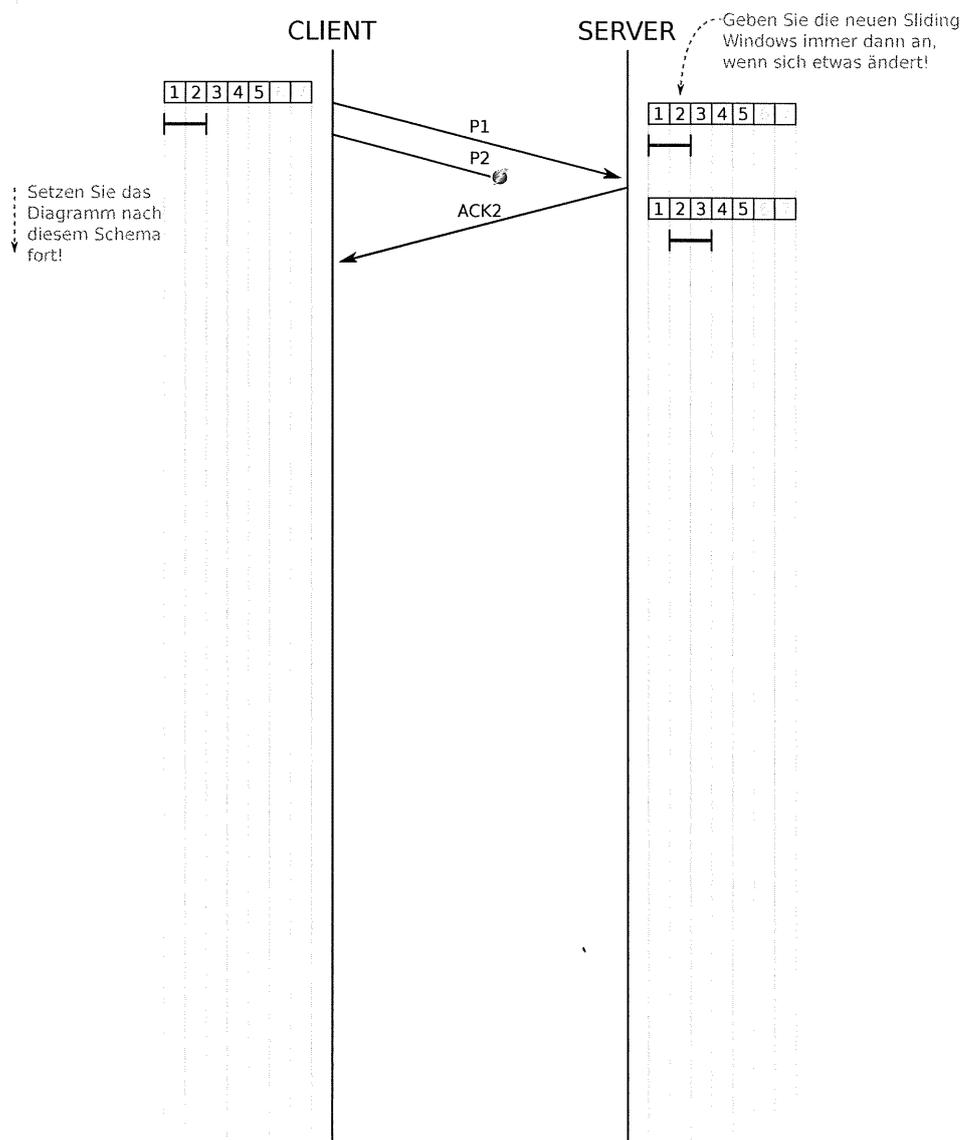
b) Ein Sender möchte die Nachricht 10101 an einen Empfänger übertragen. Als CRC mit dem gleichen Prüfpolynom wie oben ermittelt er den Wert 111. Die Nachricht wird bei der Übertragung verfälscht, der Empfänger erhält als Nachricht 11000. Der CRC-Wert wird korrekt übertragen. Rechnen Sie nach, ob der CRC den Fehler erkennt. Begründen Sie ihr Ergebnis anhand der Struktur des Fehlers! [4]

- c) Ein Client möchte 5 Datenpakete an einen Server senden. Für die Übertragungswiederholung im Falle verlorener Pakete kommt das Verfahren Selective Repeat zum Einsatz. Die Sende- und Empfangsfenstergröße sind jeweils 2. Es passiert Folgendes:

Sequenznummer	Ereignis
1	wird korrekt übertragen
2	geht beim ersten Übertragungsversuch verloren
3	wird korrekt übertragen
4	beim ersten Übertragungsversuch geht die Quittung verloren
5	beim ersten Übertragungsversuch geht die Quittung verloren

Vervollständigen Sie das folgende Weg-Zeit-Diagramm der Übertragung. Geben Sie das Sende- und Empfangsfenster immer dann an, wenn sich daran etwas ändert.

**Hinweis:** Der Empfänger bestätigt ein Paket mit der Sequenznummer des jeweils nächsten Paketes (auf Paket 1 wird also mit ACK 2 geantwortet). Bestätigungen sind aber nicht kumulativ. [5]



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

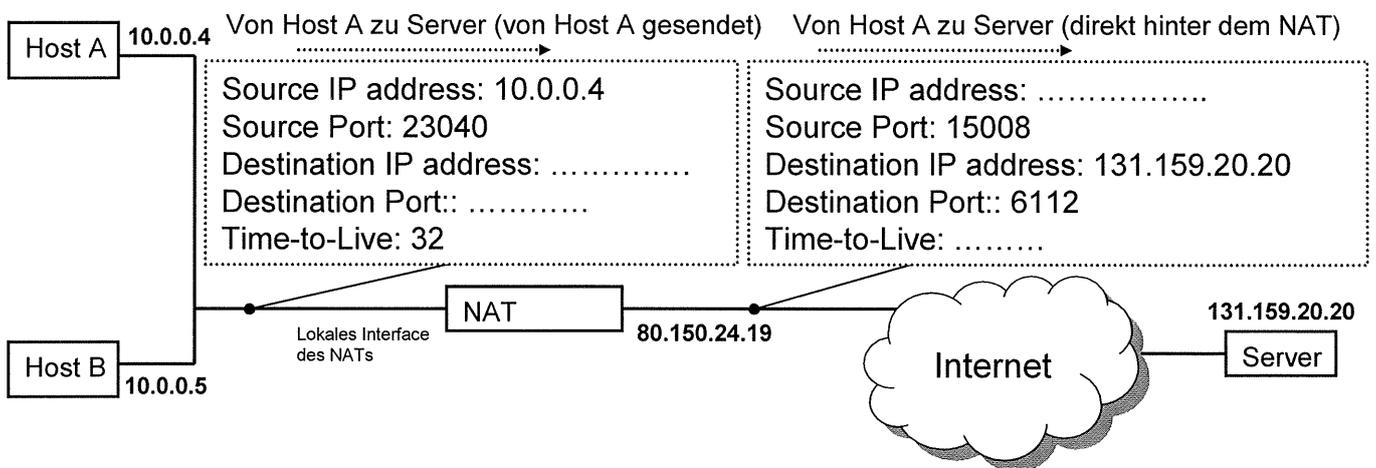
Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 5 - Network Address Translation (10 Punkte)**

In dieser Aufgabe kommuniziert ein Host A hinter einem Network-Address-Translator mit einem Server im Internet. Das verwendete Protokoll sei UDP. Füllen Sie die entsprechenden Paketfelder in den Grafiken aus und beantworten Sie die weiteren Fragen.

a) Geben Sie dem lokalen Interface des NATs (s. Grafik im nächsten Aufgabenteil) eine passende IP-Adresse und geben Sie dazu eine passende Subnetzmaske an. [1]

b) Füllen Sie die restlichen Felder des Pakets aus, welches der Host A an den Server sendet. Das Paket ist an zwei Stellen angegeben: wenn es den Host A verlässt und wenn es den Server erreicht. [2]



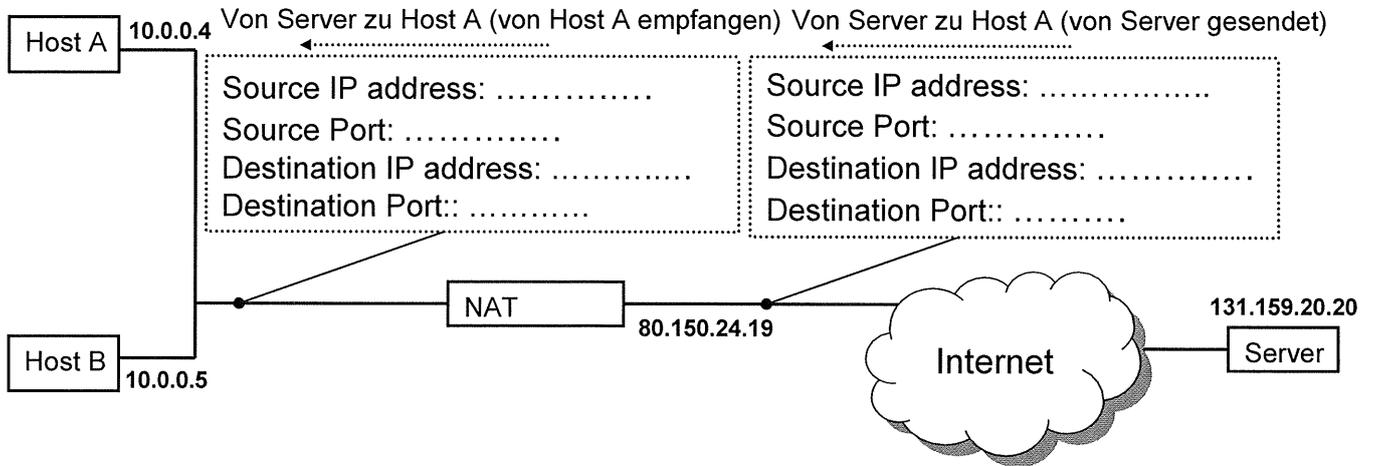
c) Legen Sie nun einen passenden Eintrag für die Übersetzung der Pakete im NAT an. Welche der angegebenen Felder sind für die Übersetzung zwingend notwendig? [2]

Protokoll	lokale IP-Adresse	lokaler Port	globaler Port	Ziel-IP-Adresse	Ziel-Port

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

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

- d) Nun antwortet der Server. Füllen Sie nun ebenfalls die Felder des entsprechenden Pakets an den beiden Stellen aus, wenn es den Server verlässt und wenn es den Host A erreicht. [2]



- e) Sie haben dem lokalen Netzwerk-Interface des NATs eine lokale IPv4-Adresse zugewiesen. Wie können lokale IP-Adressen bei IPv6 gebildet werden? [1]

- f) Welches Problem haben Dienste hinter einem NAT, die global erreichbar sein sollen? [2]

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

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

### **Aufgabe 6 - Bitübertragung (11 Punkte)**

Zwischen München und dem wichtigen Internetknotenpunkt Frankfurt soll ein neues Glasfaserkabel mit 4 TBit/s gelegt werden. Die Strecke betrage ca. 400 km.

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen.

Als vereinfachende Annahmen setzen Sie voraus, dass das Licht nur den Weg des Kabels zurücklegt und keine Signalbeeinträchtigungen oder Verzögerungen durch Signalverstärker, Steckverbinder und ähnliches auftreten. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes innerhalb einer Glasfaser beträgt ungefähr  $\frac{2}{3}$  der Lichtgeschwindigkeit in Vakuum  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ .

- a) Wie lange braucht ein Paket der Größe 1500 Byte von München nach Frankfurt (vom ersten in München auf die Leitung gelegten Bit bis zum Empfang des letzten Bits in Frankfurt)? Zeichnen Sie dazu ein Weg-Zeit-Diagramm. [3]

- b) Wie viele Byte können sich maximal gleichzeitig in Hin- und Rückrichtung auf einem Faserpaar (eine Glasfaser München nach Frankfurt und eine Glasfaser für Frankfurt nach München) befinden? [2]

- c) Wie verändern sich Speicherkapazität, Signalausbreitungsverzögerung (propagation delay) und maximale Datenrate, wenn man statt einem Faserpaar, vier solche Faserpaare verlegen würde? [1]

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

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

d) Die Glasfaser erreicht diese Übertragungsrate von 4 TBit/s dadurch, dass das Licht mit 80 verschiedenen Farben verschickt wird. Welche Form des Multiplex ist das? [1]

e) Welche anderen Formen von Multiplex kennen Sie? Erklären Sie bei einer davon die Funktionsweise. [2]

f) Welche Form von Multiplex wird bei CSMA-CD (Ethernet) eingesetzt? [1]

g) Für die Beschreibung einer Menge an Bytes, z.B. Bytes auf einer Leitung wie in einer vorigen Teilaufgabe, gibt es zwei Einheitenfamilien. Was ist der Unterschied zwischen Kilobyte (kB) und dem in der Informatik gebräuchlichen Kibibyte (KiB)? [1]