



Hinweise zur Personalisierung:

- Ihre Prüfung wird bei der Anwesenheitskontrolle durch Aufkleben eines Codes personalisiert.
- Dieser enthält lediglich eine fortlaufende Nummer, welche auch auf der Anwesenheitsliste neben dem Unterschriftenfeld vermerkt ist.
- Diese wird als Pseudonym verwendet, um eine eindeutige Zuordnung Ihrer Prüfung zu ermöglichen.

Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme

Klausur: IN0010 / Endterm

Datum: Montag, 4. August 2025

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Uhrzeit: 08:00 – 09:30

Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **16 Seiten** mit insgesamt **6 Aufgaben** und enthält ein beigelegtes Cheatsheet. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Klausur beträgt 90 Punkte.
- Das Heraustrennen von Seiten aus der Prüfung ist untersagt.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
 - ein **nicht-programmierbarer Taschenrechner**
 - ein **analoges Wörterbuch** Deutsch ↔ Muttersprache **ohne Anmerkungen**
 - das der Klausur beigelegte **Cheatsheet**
- Mit * gekennzeichnete Teilaufgaben 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**, sofern es in der jeweiligen Teilaufgabe nicht ausdrücklich anders vermerkt ist.
- Schreiben Sie weder mit roter/grüner Farbe noch mit Bleistift.
- Schalten Sie alle mitgeführten elektronischen Geräte vollständig aus, verstauen Sie diese in Ihrer Tasche und verschließen Sie diese.

Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____

Aufgabe 1 Multiple Choice (18 Punkte)

Kreuzen Sie richtige Antworten an



Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden



Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden



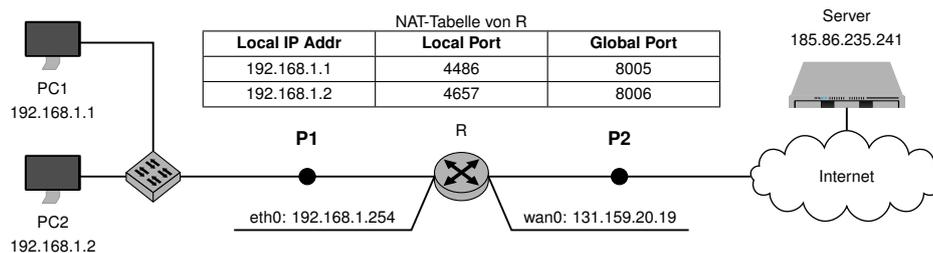
Die folgenden Teilaufgaben sind Multiple Choice / Multiple Answer, d. h. es ist jeweils mind. eine Antwortoption korrekt. Teilaufgaben mit nur einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt bewertet, wenn richtig. Teilaufgaben mit mehr als einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt pro richtigem und –1 Punkt pro falschem Kreuz bewertet. Fehlende Kreuze haben keine Auswirkung. Die minimale Punktzahl pro Teilaufgabe beträgt 0 Punkte.

a)* Sie rufen eine Website über HTTPS auf und der Server will sich durch ein X.509 Zertifikat authentifizieren. Was stellt ihr Browser sicher, um Man-in-the-Middle Angriffe zu verhindern?

- Der zum Signieren verwendete private Schlüssel ist im übermittelten Zertifikat enthalten.
- Er muss eine Chain of Trust zu einem vorinstallierten Root Zertifikat bilden können.
- Er täuscht einen TLS 1.2 Handshake vor, um Angreifer zu verwirren.
- Die angefragte Domain muss im X.509 Zertifikat vorhanden sein.
- Die angefragte URL muss im X.509 Zertifikat vorhanden sein.
- Er fragt bei dem Zertifikatsaussteller nach, ob dieser wirklich das Zertifikat ausgestellt hat.

b)* Wie lange ist die Zeit zwischen zwei Abtastpunkten, wenn mit einer Abtastfrequenz von $f_A = 20$ kHz ein zeitkontinuierliches Signal abgetastet wird?

- 20 ms
- 50 kHz
- 20 μ s
- 20 kHz
- 50 μ s
- 50 ms



c)* Gegeben sei obenstehendes Netzwerk mit dem NAT-Router R. **PC2** schickt einen HTTP-Request an den **Server**. Was ist die Source IP Adresse im IP-Paket an Stelle **P2**?

- 192.168.1.2
- 192.168.1.254
- 127.0.0.1
- 185.86.235.241
- 131.159.20.19
- 192.168.1.1

d)* Gegeben sei obenstehendes Netzwerk mit dem NAT-Router R. Der **Server** schickt, innerhalb der bereits bestehenden Verbindung, eine HTTP-Reply an **PC2**. Was ist die Destination IP Adresse im IP-Paket an Stelle **P2**?

- 131.159.20.19
- 192.168.1.254
- 127.0.0.1
- 192.168.1.1
- 192.168.1.2
- 185.86.235.241

e)* Gegeben sei obenstehendes Netzwerk mit dem NAT-Router R. Der **Server** schickt, innerhalb der bereits bestehenden Verbindung, eine HTTP-Reply an **PC2**. Was ist der Destination **Port** im Segment an Stelle **P1**?

- 1024
- 65535
- 80
- 8005
- 443
- 4657
- 8006
- 4486

f)* Wessen MAC-Adressen schreibt ein kabelgebundener PC in einen Ethernet Rahmen, der an ein Notebook (NB) gesendet wird? Das Notebook ist über einen Access Point (AP) angebunden.

- AP, NB NB, PC PC, AP PC, AP, NB

g)* Auf welcher/n Schicht(en) im ISO-OSI Modell arbeitet Ethernet?

- 3 6 5 4 2 1 7

h)* Sie übertragen ein 1500 B großes Paket über ein 1500 km langes Kupferkabel mit einer Bitrate von 100 Mbit/s. Wie groß ist die Ausbreitungsverzögerung?

- 7,66 ms 0,75 ms 160 μ s anderer Wert
 12,0 ms 0,16 ms 7,5 ms 9,6 ms

i)* Welche Aussage(n) bezüglich der Arten von Verbindungspartnern von autonomen Systemen treffen auf Tier 1 autonome Systeme zu? Sie haben ...

- Peering-Partner Provider Kunden

j)* Welcher POSIX Socket-API Funktionsaufruf markiert einen Socket als passiv?

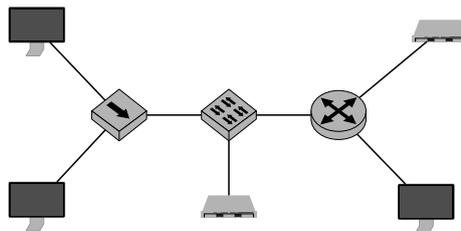
- send select socket bind
 connect close listen recv

k)* Welcher POSIX Socket-API Funktionsaufruf legt das zu verwendende Protokoll fest?

- socket bind listen recv
 close connect send select

l)* Welcher POSIX Socket-API Funktionsaufruf schließt eine TCP Verbindung?

- listen socket select send
 recv connect bind close



m)* Gegeben sei die obenstehende Topologie. Wie viele **Kollisionsdomänen** besitzt die Topologie?

- 1 6 5 4 3 2 7

n)* Gegeben sei die obenstehende Topologie. Wie viele **Broadcastdomänen** besitzt die Topologie?

- 1 2 7 3 4 5 6

o)* Die gedächtnislose Quelle Q emittiert Zeichen des Alphabets X gemäß der Auftrittswahrscheinlichkeiten des unten gegebenen Ausschnitts. Welche Entropie hat Q auf zwei Nachkommastellen gerundet?



- 1,30 0 anderer Wert 1,96 1,30 -1,96

Aufgabe 2 Wohnheimsnetz goes IPv6 (12 Punkte)

Gegeben sei ein Netzwerk eines Wohnheimes, wie in Abbildung 2.1. Dieses wurde nun endlich auf IPv6 umgestellt. Das Wohnheim ist über den Gateway-Router *R* mit dem Internet verbunden. Alle Caches seien zu Beginn leer. Allen Teilnehmern sei aber die IP Adresse des Gateway-Routers bekannt. Dem Router/Wohnheimsnetz wurde das globale Präfix $2001:db8:2::/64$ zugewiesen, dem Netz zwischen Router *R* und *H* das Netz $2001:db8:1234::/64$. Privacy Extensions sind deaktiviert.

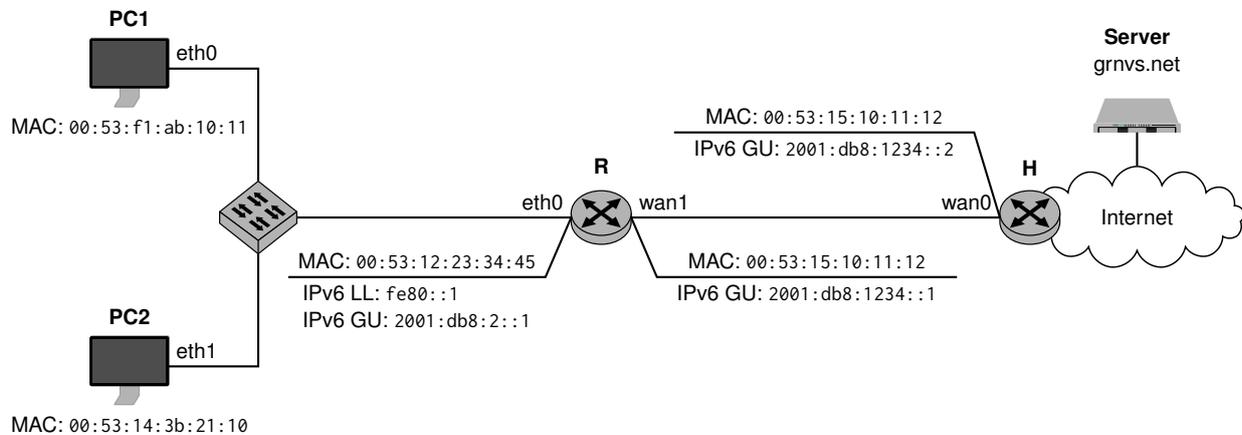


Abbildung 2.1: Netzwerk

0 1 a)* Weisen Sie PC1 entsprechende Link-Local Adressen (LL) und Global-Unique Adressen (GU) über SLAAC zu.

PC1 LL:
PC1 GU:

0 1 b)* Nennen Sie zwei **weitere** Möglichkeiten/Verfahren der Adressvergabe bei IPv6.

0 1 c)* Welches Problem hinsichtlich Datenschutz ergibt sich durch die Verwendung von SLAAC?

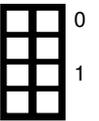
0 1 d)* Der Server *grnvs.net* sei unter folgender IPv6 Adresse erreichbar:
 $2001:0db8:00a0:0000:0000:0001:0000:0011$
Geben Sie die Adresse in vollständig gekürzter Schreibweise an.

PC1 möchte nun eine Verbindung mit den Server grnvs.net über das Internet aufbauen. Da alle Caches noch leer sind, muss PC1 zuerst noch die MAC Adresse des Interfaces eth0 des Routers herausfinden.

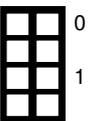
e)* Welche Anfrage wird dazu verwendet **und** wie heißt das zugehörige Protokoll?



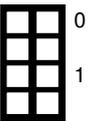
f)* An welche IP Adresse wird diese Anfrage adressiert? Nennen Sie den Adress-Typ **und** geben Sie die konkrete IPv6 Adresse an.



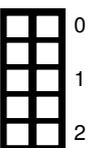
g) An welche MAC Adresse wird diese Anfrage adressiert? Nennen Sie den Adress-Typ **und** geben Sie die konkrete MAC Adresse an.



h) Diese Art von Anfrage wird auch im Laufe des SLAAC Mechanismus benutzt. Erklären Sie kurz, wann im Prozess diese gesendet wird und weshalb.



i)* Der Gateway Router R hat als Default (Next-)Gateway den Router H eingestellt. Erstellen Sie entsprechende Einträge in der Routingtabelle von R.



Destination	Next Hop	Iface

Routing-Tabelle von R

Aufgabe 3 Übertragungssteuerungsprotokollniederschrift (14 Punkte)

Gegeben sei der Ethernet-Rahmen (inklusive FCS) aus Abbildung 3.1, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

0x0000	b4	96	91	43	45	60	52	54	00	00	18	00	08	00	45	00
0x0010	00	3c	2b	9a	00	00	02	01	67	7c	bc	5f	e8	22	81	bb
0x0020	ff	6d	ICMP Header				7a	ad	00	07	48	49	4a	4b	4c	4d
0x0030	4e	4f	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5a	5b	5c	5d
0x0040	5e	5f	60	61	62	63	64	65	66	67	c4	f1	e5	c4		

Abbildung 3.1: Ethernet-Rahmen (inklusive FCS)

Beachten Sie, dass auch für die nachfolgenden Teilaufgaben im Allgemeinen Begründungen erforderlich sind. Achten Sie darauf, dass Markierungen eindeutig einzelnen Teilaufgaben zugeordnet werden können. Nicht nachvollziehbare Aussagen **werden nicht bewertet**.

- 0  a)* Markieren Sie in Abbildung 3.1 die Absenderadresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)
 - 0  b)* Markieren Sie in Abbildung 3.1 die Empfängeradresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)
 - 0  c)* Markieren Sie in Abbildung 3.1 die Frame Check Sequence (FCS). (ohne Begründung)
 - 0  d)* Beschreiben Sie kurz den Zweck und die Auswirkung der FCS.
-
- 0  e)* Von welchem Typ ist die L3-PDU?
 - 1  Typ: Begründung:
-
- 0  f) Geben Sie die Absenderadresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen, ggf. gekürzten Schreibweise an.
 - 1 
-
- 0  g) Geben Sie die TTL bzw. das Hop Limit auf Schicht 3 an.
 - 1  Wert: Begründung:
-

Abbildung 3.2 zeigt die Netzwerktopologie der involvierten Netzwerkelemente. Das Paket aus Abbildung 3.1 wurde vom PC an die L3-Adresse von S versendet und bei **Punkt P** aufgezeichnet. Es handelt es sich um ein **ICMP Paket**. Der Beginn des ICMP Headers ist in Abbildung 3.1 markiert.

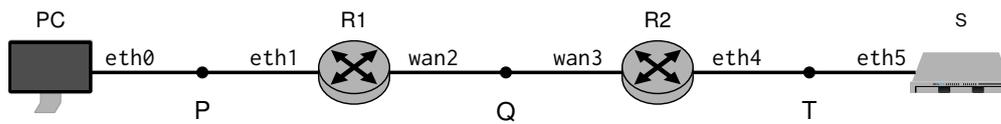


Abbildung 3.2: Netzwerktopologie

h)* Welcher Funktion dient dieses ICMP Packet?

Funktion:	Begründung:
-----------	-------------



Auf dem Übertragungsweg durch das Netzwerk wird das Paket wegen Zeitüberschreitung verworfen und eine **ICMP Time Exceeded Fehlermeldung** an den ursprünglichen Absender zurückgesandt. Alle folgenden Teilaufgaben beziehen sich auf dieses ICMP Paket. Dies wird ebenfalls an **Punkt P** betrachtet.

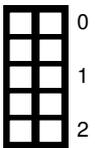
i) Bestimmen Sie die konkreten Werte der Absender- und Empfängeradresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)

Absender:	Empfänger:
-----------	------------



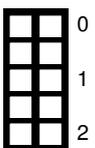
j) Nennen Sie die **Absender**adresse auf Schicht 3 in der Notation *Gerät.Interface.Adresstyp* (also zum Beispiel *R3.eno0.IP*) und begründen Sie warum dieser Knoten der Absender ist.

Adresse:	Begründung:
----------	-------------



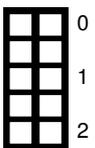
k) Ergänzen Sie die fehlenden Einträge in den ersten 12B des ICMP Pakets der Antwort. Füllen Sie die Felder hexadezimal aus.

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
																Checksum															
0x00000000																															



l) Teil von welchem Verfahren war das ursprünglich versendete ICMP Paket vermutlich? Nennen Sie dieses und beschreiben Sie kurz die Funktionsweise dieses Verfahrens.

--	--



Aufgabe 4 Auflösungen im Domänennamenssystem (13.5 Punkte)

Ihr Kommilitone Dieter soll im IITM Seminar ein Paper über DNS Resolver und deren Infrastruktur schreiben und setzt dazu einen speziellen Nameserver (`special.m0000.net`) auf. Dieser Nameserver soll für die Zone `mirror.m0000.net.` autoritativ sein. Um dies zu realisieren hat Dieter von seinen Betreuern Zugriff auf den autoritativen Nameserver (`ns.m0000.net`) für die übergeordnete Zone `m0000.net.` erhalten um die entsprechenden Eintragungen im Zonefile vorzunehmen.

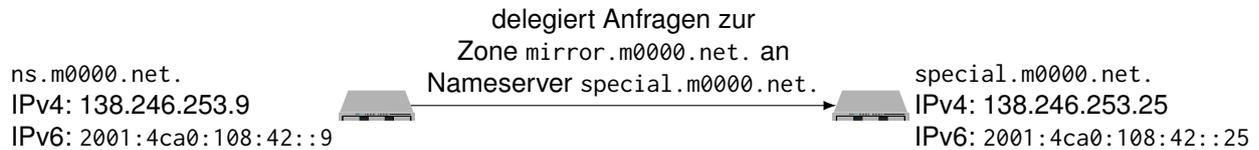


Abbildung 4.1: Informationen bezüglich Delegation und IP-Adressen

Helfen Sie Dieter das Zonefile von `ns.m0000.net.` zu vervollständigen. Die Domainnamen und IP-Adressen der Nameserver sind in Abbildung 4.1 gegeben. Geben Sie in den folgenden Teilaufgaben jeweils die Einträge im Zonefile so an, dass die Aufgabenstellung erfüllt ist.

0 1 2 a)* Stellen Sie sicher, dass der spezielle Nameserver sowohl über IPv4 als auch IPv6 unter seinem Domänennamen erreichbar ist.

b)* Stellen Sie sicher, dass Anfragen für die Zone `mirror.m0000.net.` an den speziellen Nameserver delegiert werden.

0 1 c)* Stellen Sie **mit nur einem Eintrag** sicher, dass eine Infowebsite, die auf dem speziellen Nameserver gehostet wird, unter `info.m0000.net` vollständig erreichbar ist.

0 1 d)* Die Betreuer von Dieter wollen, dass E-Mails an `m0000.net` an den Lehrstuhl Mailserver gesendet werden sollen (`mail.net.in.tum.de.`). Die Präferenz soll 100 betragen.

0 1 e)* Vor der Änderung hatte der SOA Resource Record folgenden Wert:
`ns.m0000.net. hostmaster.net.in.tum.de. (250730 1800 30 604800 1800).`
 Aktualisieren Sie die Seriennummer im SOA RR.

\$TTL 3600			
\$ORIGIN m0000.net.			
m0000.net.	IN	SOA	ns.m0000.net. hostmaster.net.in.tum.de. (<input style="width: 80px;" type="text"/> 1800 30 604800 1800)
ns		A	138.246.253.9
ns		AAAA	2001:4ca0:108:42::9
<input style="width: 100%;" type="text"/>			
<input style="width: 100%;" type="text"/>			
<input style="width: 100%;" type="text"/>			
<input style="width: 100%;" type="text"/>			
<input style="width: 100%;" type="text"/>			
<input style="width: 100%;" type="text"/>			

Dieter möchte nun wissen, ob bereits ein reverse DNS Eintrag für die IPv4 Adresse von `special.m0000.net.` existiert.

0 1 f)* Welchen Namen muss er nach welchem Typ auflösen, um dies herauszufinden?

Domainname:

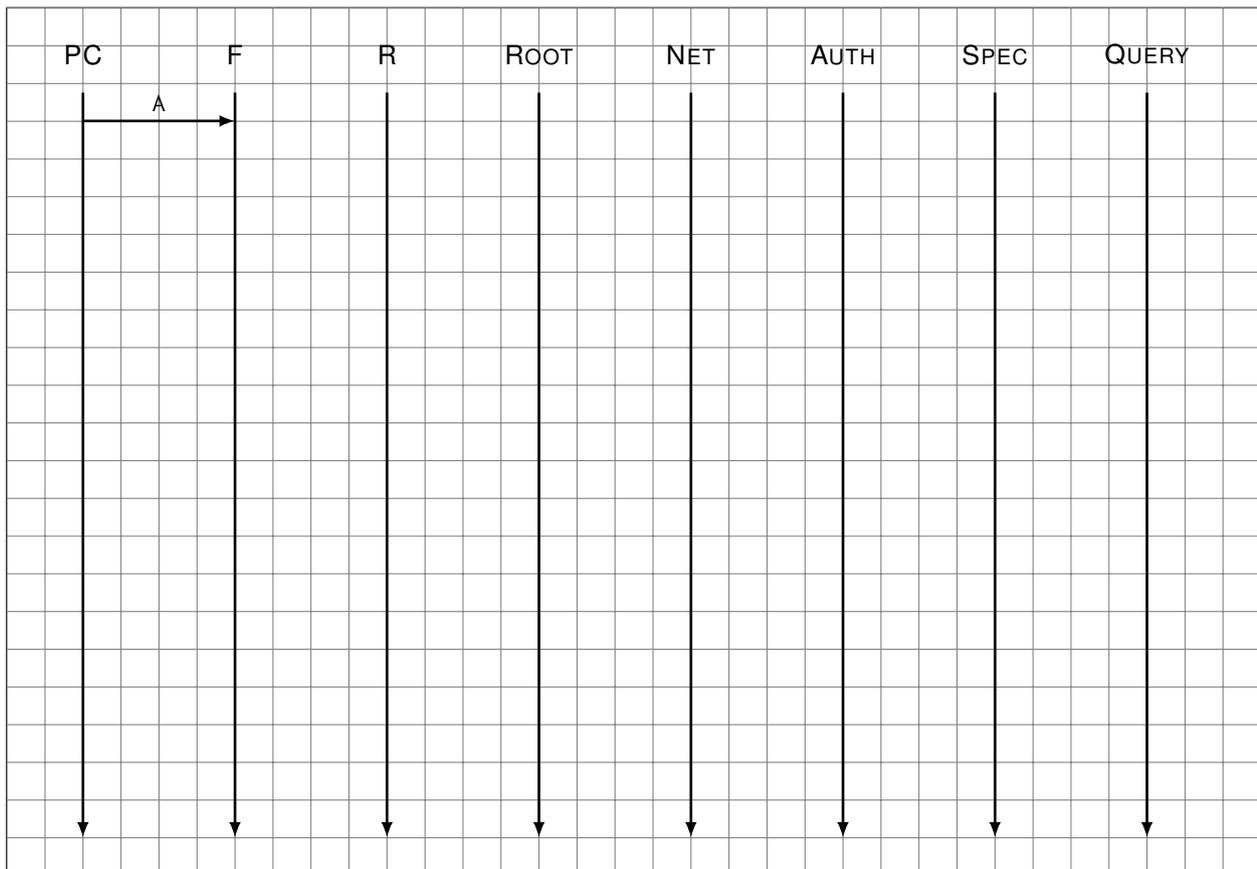
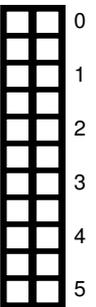
Typ:

Kürzel	Server	Hinweis
PC	Client	
F	86.54.11.100	Forwarding Resolver (Stub Resolver)
R	79.127.216.19	Resolver
ROOT	a.root-servers.net	autoritativ für .
NET	a.gtld-servers.net	autoritativ für net.
AUTH	ns.m0000.net	autoritativ für m0000.net.
SPEC	special.m0000.net	Spezieller Nameserver
QUERY	query.mirror.m0000.net	Ziel-Host

Tabelle 4.1: Kürzel und Informationen zu möglicherweise beteiligten Servern

Dieter soll für die Seminararbeit beschreiben, welche DNS Nachrichten ausgetauscht werden, wenn ein Client PC eine DNS Anfrage nach `query.mirror.m0000.net.` an den Forwarding Resolver *F* (86.54.11.100) schickt. Dieser sendet Anfragen rekursiv an den Resolver *R* (79.127.216.19), welcher Anfragen iterativ auflöst. Sobald schließlich der spezielle Nameserver eine Anfrage bzgl. der Domain `query.mirror.m0000.net.` erhält, antwortet er mit zwei A Resource Records (RRs), welche die Kontrolladresse 10.0.77.77 und die IP Adresse des **anfragenden Knotens** enthalten.

g) Zeichnen Sie in das Weg-Zeit Diagramm die DNS-Anfragen und Antworten mit Pfeilen ein, die beim Senden einer rekursiven DNS Anfrage für `query.mirror.m0000.net.` nach einem A RR beginnend beim Client PC versendet werden. Notieren Sie auf jedem Pfeil den Typ des Resource Records, der angefragt bzw. zurückgegeben wird. Tabelle 4.1 enthält Informationen und Kürzeln von möglicherweise beteiligten Servern. Alle Caches sind leer.



h) Welche Records mit welchen Werten werden dem PC letztendlich zurückgegeben?



Aufgabe 5 TCP & TLS (12 Punkte)

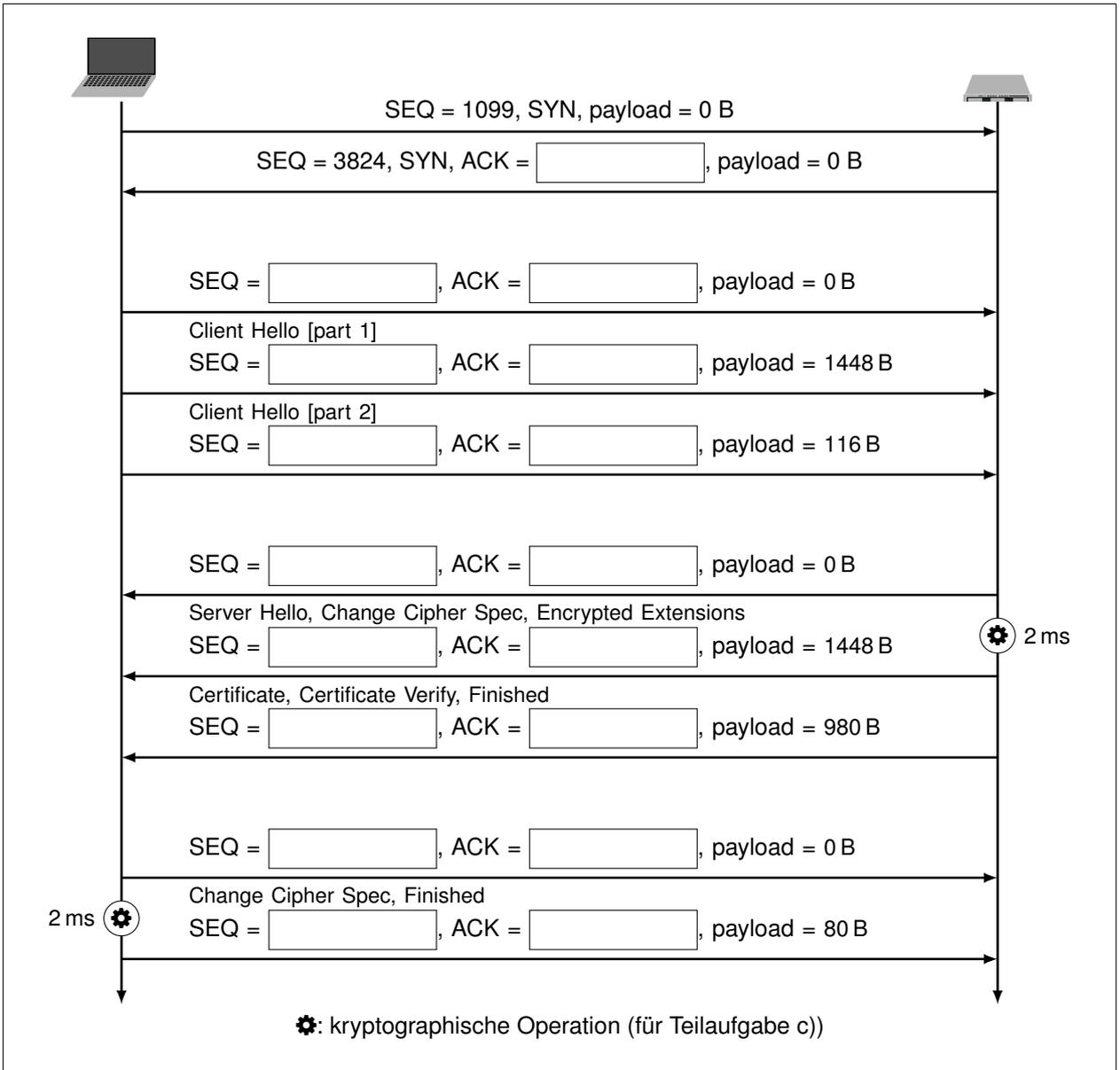
Sie besuchen über Ihren Browser eine HTTPS-Webseite. Um die Verbindung sicher und zuverlässig aufzubauen, erfolgen mehrere Schritte auf unterschiedlichen Protokollschichten. In dieser Aufgabe betrachten wir TCP und TLS.

- 0

 a)* Während TCP klar zur Transportschicht zählt, ist die Zuordnung bei TLS schwieriger. Erklären Sie, welchen Schichten des ISO/OSI-Modells TLS zuzuordnen ist und geben Sie mind. eine TLS-Funktion der jeweiligen Schicht an.

- 0

 b)* Im Folgenden sind die TCP Segmente eines TLS 1.3 Handshakes zu sehen. Teilweise sind die TLS Nachrichten so groß, dass sie in mehreren TCP Segmenten verschickt werden müssen. Tragen Sie die TCP Sequenz und Acknowledgement Nummern ein.



Aufgabe 6 Nachrichtenübertragung Rückwärts (20.5 Punkte)

Im Folgenden betrachten wir ein Übertragungsprotokoll, das auf der physikalischen Schicht ASCII kodierten Text überträgt. Die verwendete Signalraumzuordnung ist in Abbildung 6.1 und der verwendete Grundimpuls in Abbildung 6.2 gegeben.

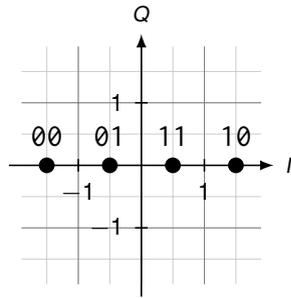


Abbildung 6.1: Signalraumzuordnung

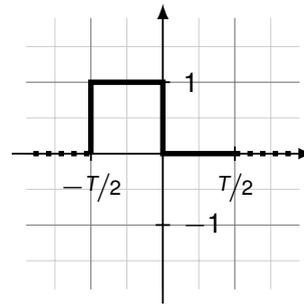


Abbildung 6.2: Grundimpuls



a)* Begründen Sie, welches Modulationsverfahren verwendet wurde.

In Abbildung 6.3 ist ein Ausschnitt eines vollständig modulierten Signals einer Nachricht zu sehen, bevor es bandbegrenzt und gesendet wird. Die **Symboldauer** beträgt $T = 1 \mu\text{s}$.

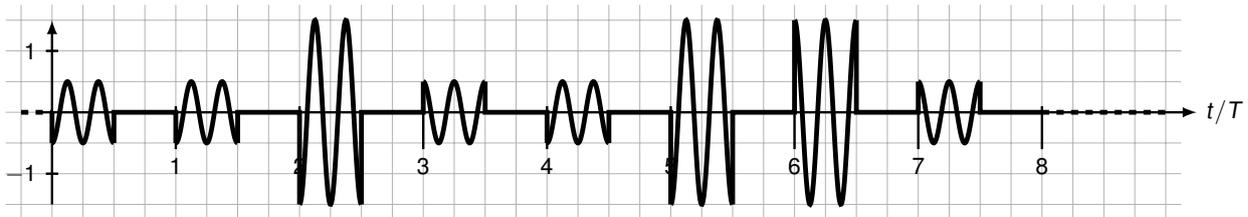
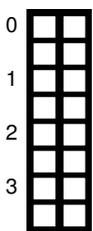


Abbildung 6.3: Moduliertes Signal



b)* Bestimmen Sie die Frequenz f_M des verwendeten Kosinus-Trägersignals. Geben Sie das Ergebnis in einer sinnvollen Einheit an.



c)* Zeichnen sie das Basisbandsignal vor dem Schritt der Modulation in einem der Vordrucke aus Abbildung 6.4 ein. Nutzen Sie den zweiten Vordruck, falls Sie sich verzeichnen. Streichen Sie in diesem Fall den nicht zu wertenden Vordruck deutlich!

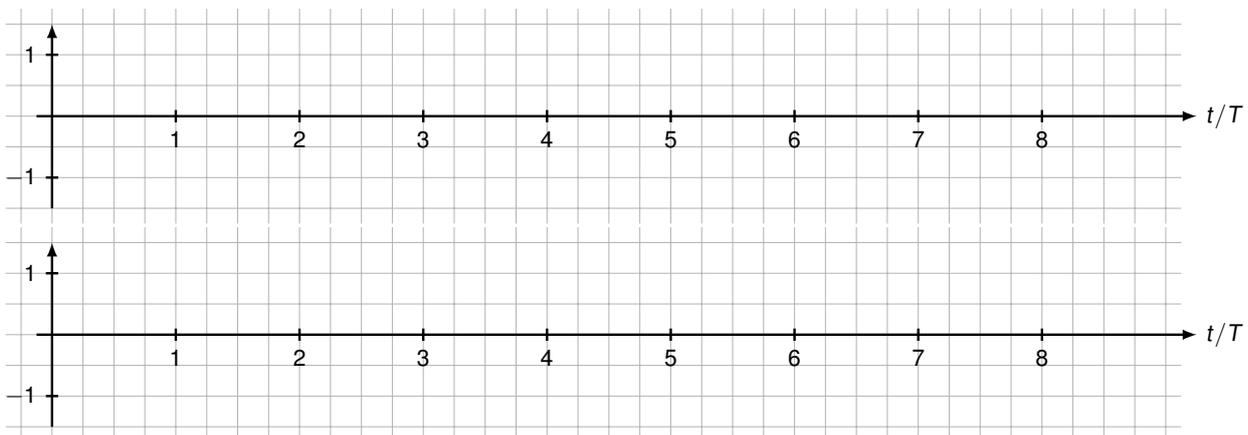


Abbildung 6.4: Basisbandsignal - zwei Vordrucke - Nicht zu wertenden Vordruck streichen!

Zusätzlicher Platz für Lösungen. Markieren Sie deutlich die Zuordnung zur jeweiligen Teilaufgabe. Vergessen Sie nicht, ungültige Lösungen zu streichen.

