Chair of Network Architectures and Services
School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

Esolution
Sticker mit SRID hier einkleben

**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* ✕■

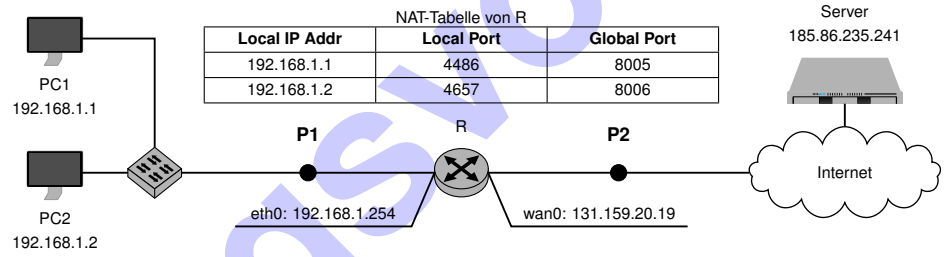
Die folgenden Teilaufgaben sind Multiple Choice / Multiple Answer, d. h. es ist jeweils mind. eine Antwortoption korrekt. Teilaufgaben mit nur einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt bewertet, wenn richtig. Teilaufgaben mit mehr als einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt pro richtigem und −1 Punkt 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 Zertifikatsausteller nach, ob dieser wirklich das Zertifikat ausgestellt hat.

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

☐ 20 ms ☐ 50 kHz ☐ 20 µs ☐ 20 kHz ☒ 50 µs ☐ 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 µs ☐ 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?

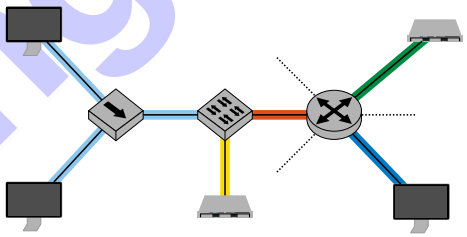
☒ `socket` ☐ `bind` ☐ `listen` ☐ `recv`

☐ `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 **Kollisions**domänen besitzt die Topologie?

☐ 1 ☐ 6 ☒ 5 ☐ 4 ☐ 3 ☐ 2 ☐ 7

n)* Gegeben sei die obenstehende Topologie. Wie viele **Broadcast**domänen 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?

$Q \xrightarrow{X}$ A A B A B A C A D E. . . $X \in \{A, B, C, D, E\}$

☐ −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.

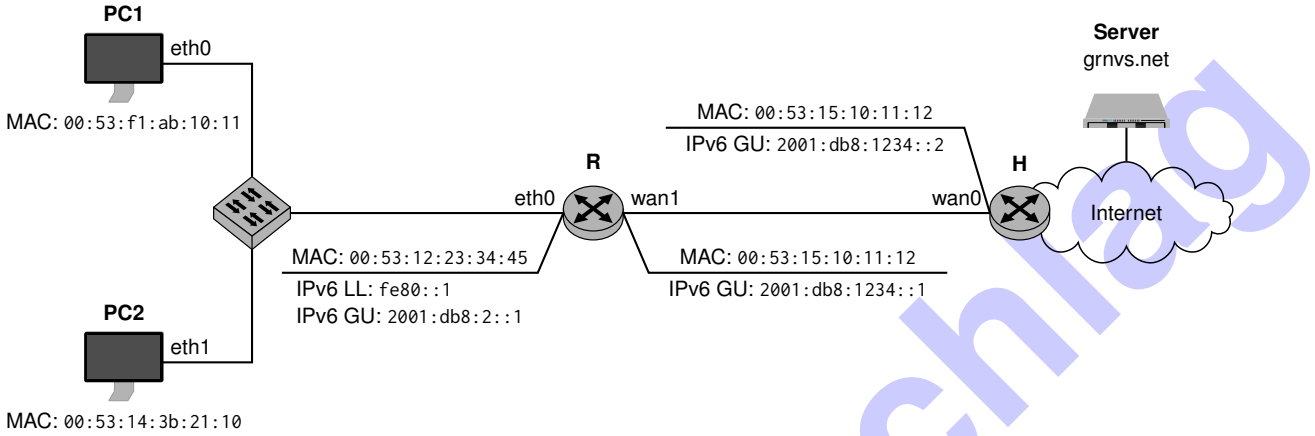



Abbildung 2.1: Netzwerk

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

PC1 LL: fe80::253:f1ff:feab:1011

PC1 GU: 2001:db8:2:0:253:f1ff:feab:1011
(Hinweis: Einzelne Nullenblöcke können nicht durch : : gekürzt werden.)

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

manuell
DHCPv6

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

Es besteht die Gefahr des Trackings über verschiedene Netze hinweg auch mit verschiedenen globalen Präfixen, da die Rückrechnung der persistenten MAC Adresse aus der durch SLAAC generierten IPv6 möglich ist.

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.

2001:db8:a0::1:0:11

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?

0 1

Neighbor Solicitation
Neighbor Discovery Protocol (NDP)

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

0 1

Solicited Node Multicast Addresse
ff02::1:ff00:1

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

0 1

Multicast MAC Adresse
33:33:ff:00:00:01

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

0 1

Nach Generierung der LL und GU Adresse wird jeweils eine Duplicate Adress Detection durchgeführt um sicherzustellen, dass die Adresse nicht bereits schon vergeben wurde. Falls eine Antwort auf die Neighbor Soliciation ausbleibt, kann die Adresse benutzt werden. Falls es ein entsprechendes Neighbor Advertisement gibt, ist die generierte Adresse bereits in Benutzung und es muss eine andere gewählt werden.

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

0 1 2

| Destination | Next Hop | Iface |
|---|---|---|
| fe80::/64 | :: | eth0 |
| 2001:db8:1234::/64 | :: | wan1 |
| 2001:db8:2::/64 | :: | eth0 |
| ::0/0 | 2001:db8:1234::2 | wan1 |
| | | |
| | | |

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.

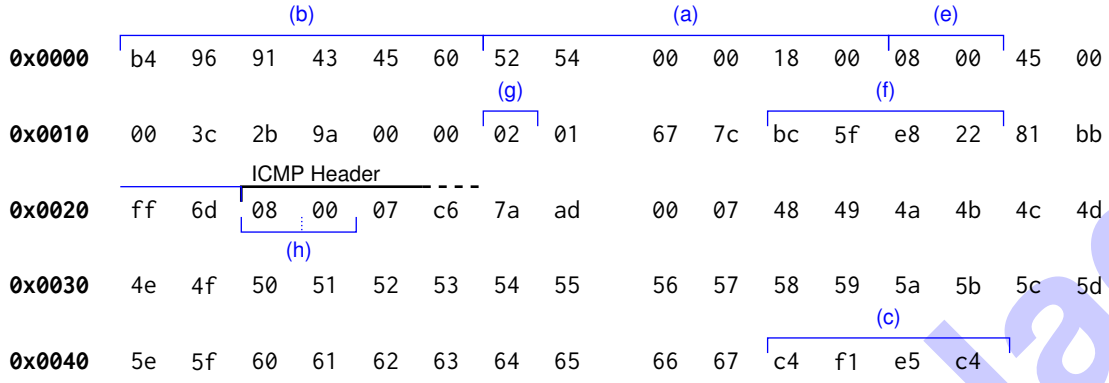



Abbildung 3.1: Ethernet-Rahmen (inklusive FCS)

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)

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 1

Die Frame Check Sequence dient der Fehlererkennung.
Treten auf dem Übertragungsweg Fehler auf kann dies durch die FCS erkannt werden.
Das entsprechende Paket wird dann verworfen.

0 1 e)* Von welchem Typ ist die L3-PDU?

Typ: IPv4 Begründung: Ethertype `0x0800`

0 1 f) Geben Sie die Absenderadresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen, ggf. gekürzten Schreibweise an.

`188.95.232.34`

0 1 g) Geben Sie die TTL bzw. das Hop Limit auf Schicht 3 an.

Wert: `0x02` = 2 Begründung: IPv4 TTL, am Offset `0x0016`

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.

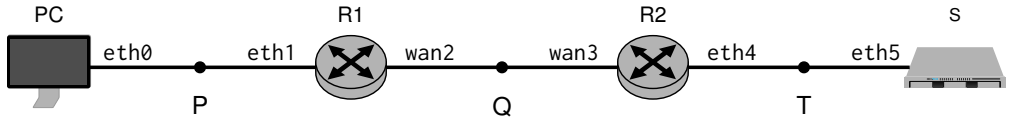



Abbildung 3.2: Netzwerktopologie

h)* Welcher Funktion dient dieses ICMP Packet?

0
1

Funktion: Echo Request Begründung: Type: `8`; Code: `0`

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)

0
1

Absender: `b4:96:91:43:45:60` Empfänger: `52:54:00:00:18:00`

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.

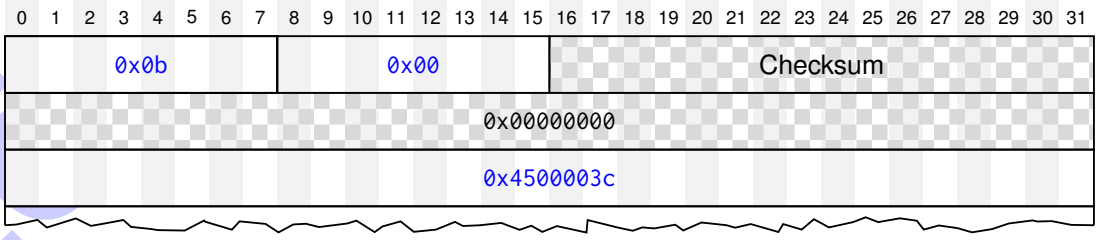
0
1
2

Adresse: R2.wan3.IP

Begründung: Die TTL wird von Router R1 auf 1 und von R2 auf 0 reduziert. Daraufhin wird eine ICMP Time Exceeded ICMP Fehlernachricht an den Absender des ursprünglichen Pakets geschickt.

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

0
1
2




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

0
1
2

Das Paket wurde von PC1 mit geringer TTL versendet. Dies deutet darauf hin, das diese Paket für traceroute verwendet wird.
Bei traceroute werden Pakete mit aufsteigender TTL versendet um durch die erhaltenen ICMP Fehlermeldungen Pfade durch das Netzwerk zu bestimmen.

## 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.

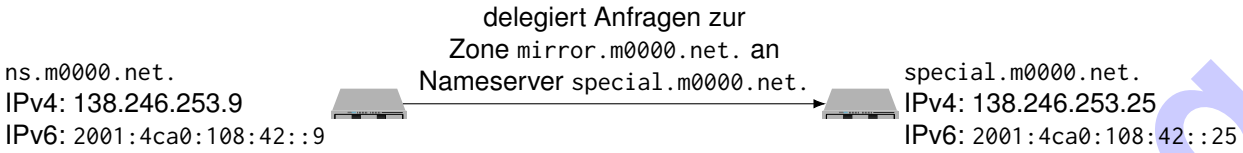



Abbildung 4.1: Informationen bezüglich Delegation und IP-Adressen

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.

0 1

```
$TTL 3600
$ORIGIN m0000.net.
m0000.net.        IN      SOA     ns.m0000.net. hostmaster.net.in.tum.de.
                                  ( 250804  1800 30 604800 1800)
ns                        A       138.246.253.9
ns                        AAAA    2001:4ca0:108:42::9
```

| | | | |
|---|---|---|---|
| special | A | 138.246.253.25 | a) |
| special | AAAA | 2001:4ca0:108:42::25 | a) |
| mirror | NS | special.m0000.net. | b) |
| info | CNAME | special.m0000.net. | c) |
| m0000.net. | MX | 100 mail.net.in.tum.de. | d) |
| | | | |

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: `25.253.246.138.in-addr.arpa.`

Typ: PTR

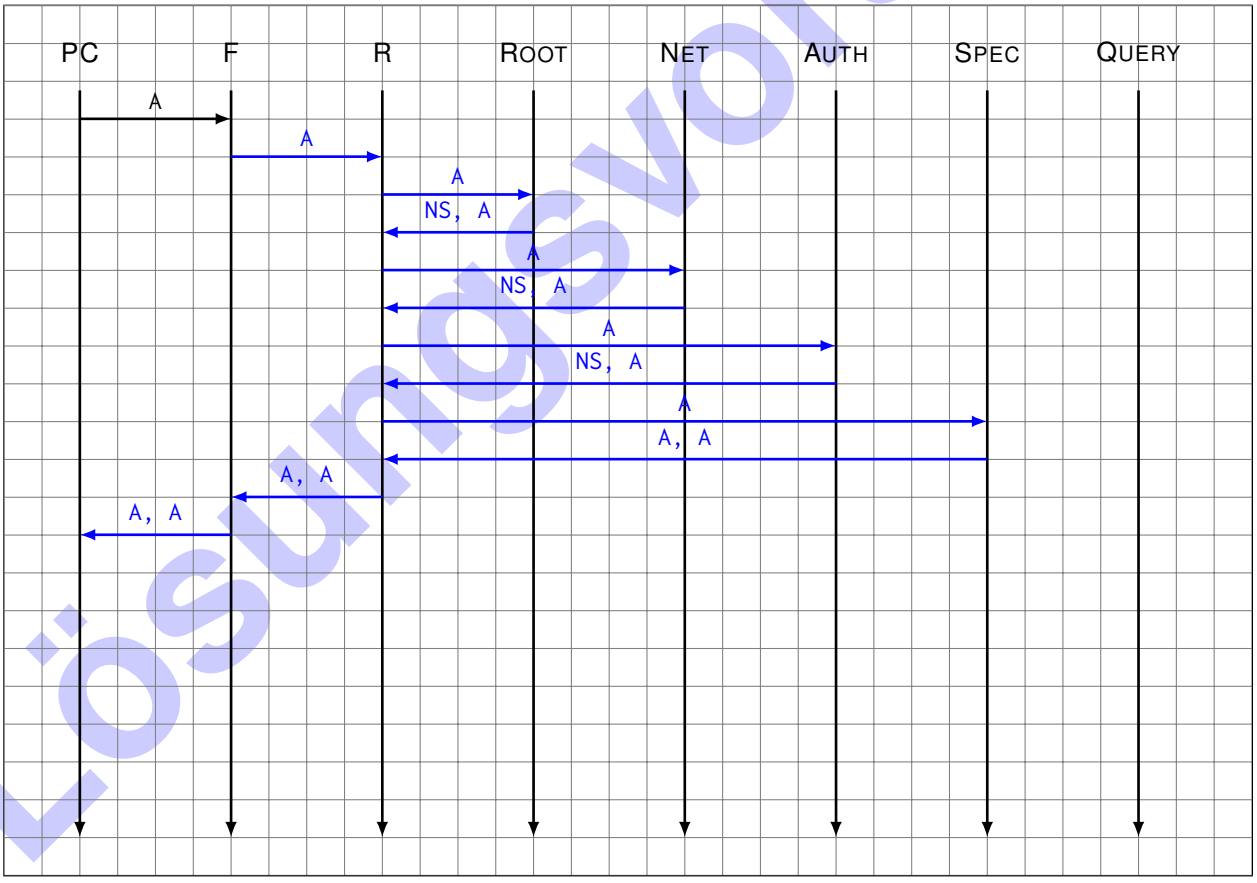
| Kürzel | Server | Hinweis |
|---|---|---|
| PC | Client | |
| F | 86.54.11.100 | Forwarding Resolver (Stub Resolver) |
| R | 79.127.216.19 | Resolver |
| ROOT | `a.root-servers.net` | autoritativ für . |
| NET | `a.gtld-servers.net` | autoritativ für `net.` |
| AUTH | `ns.m0000.net` | autoritativ für `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.

0 1 2 3 4 5




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

0 1

A 79.127.216.19, A 10.0.77.77
(Mit den Antwortwerten kann man im Übrigen bestimmen, was für eine Art an DNS Server angefragt wird und welcher Server am Ende die eigentliche Anfrage auflöst.)

## 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.

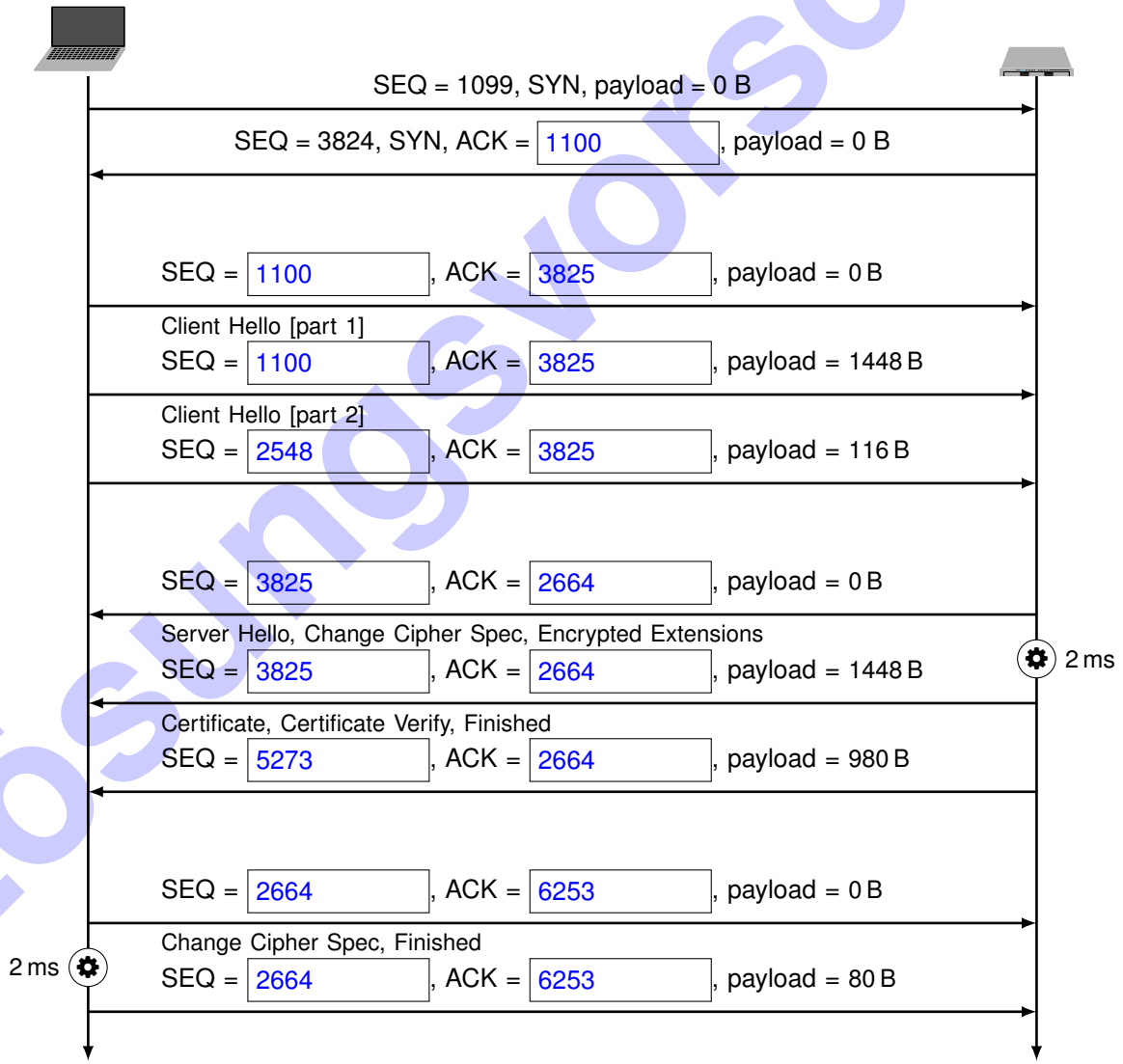
0 1

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.

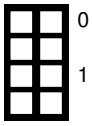
Sowohl Sitzungs- als auch Darstellungsschicht
Sitzungsschicht → Sitzungsverwaltung und -wiederaufnahme
Darstellungsschicht → Verschlüsselungsfunktion

0 1 2 3 4

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.



c)* Berechnen Sie die Zeit, die TCP und TLS in Aufgabe b) für die Handshakes benötigen, gemessen vom ersten TCP Segment bis Anwendungsdaten vom Client gesendet werden können.
Gehen Sie von ...



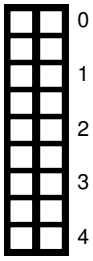

- 0.03 ms Serialisierungszeit pro Paket,
- einer RTT von 55 ms,
- 2 ms für die eingezeichneten kryptographischen Operationen (⚙) auf je Client und Server aus.

$10 \cdot 0.03ms + 2 \cdot 55ms + 2 \cdot 2ms = 114.30ms$

d)* In Aufgabe b) sehen Sie, wie TCP Segmente auch nach dem Handshake oft ohne Payload versendet werden. Ist dies notwendig? Welchen Grund könnte dies haben?


Es handelt sich um eine reines Acknowledgement. Es ist eigentlich nicht notwendig, da die darauffolgenden Segmente die selbe Funktion erfüllen. Es scheint ein Implementierungsdetail zu sein, welches Segmente möglichst frühzeitig bestätigt und nicht auf die Berechnung der Nutzdaten wartet.

e)* Argumentieren Sie, wie durch den Einsatz von TCP & TLS Ziele von ① Zuverlässigkeit, ② Vertraulichkeit, ③ Integrität, und ④ Authentizität einer Verbindung erreicht werden.




① **Zuverlässigkeit**: TCP stellt sicher, dass Daten vollständig, geordnet und fehlerfrei ankommen

② **Vertraulichkeit**: TLS schützt die Daten vor abhören durch Verschlüsselung

③ **Integrität**: TLS schützt durch Signaturen und Checksums die Daten vor Manipulation

④ **Authentizität**: Durch X.509 Zertifikate überprüft TLS, ob der Kommunikationspartner der ist, für den er sich ausgibt

## 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.

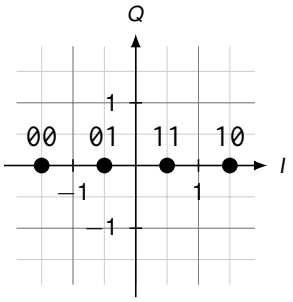



Abbildung 6.1: Signalraumzuordnung

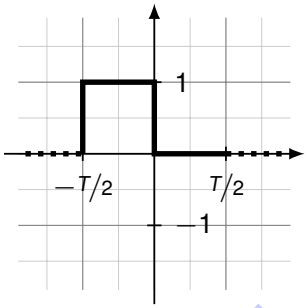



Abbildung 6.2: Grundimpuls

0
1

a)* Begründen Sie, welches Modulationsverfahren verwendet wurde.

4-ASK, da es in der Signalraumzuordnung 4 Punkte gibt deren Quadraturanteil 0 ist.

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

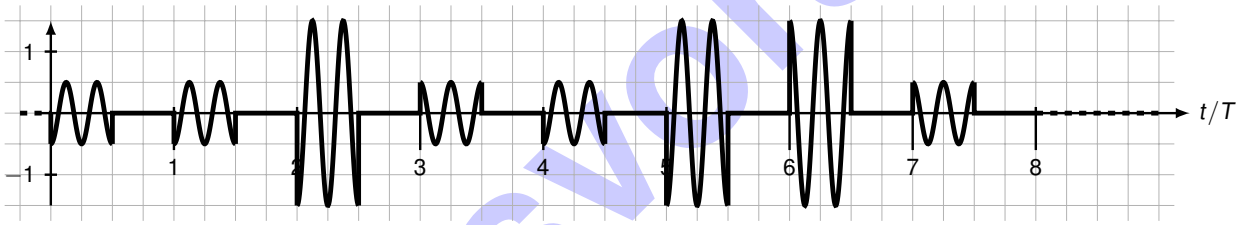



Abbildung 6.3: Moduliertes Signal

0
1

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

Vier Wiederholungen einer Kosinusschwingung innerhalb der Symboldauer:
$f_M = 4 \cdot \frac{1}{T} = 4\,\text{MHz}$

0
1
2
3

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!

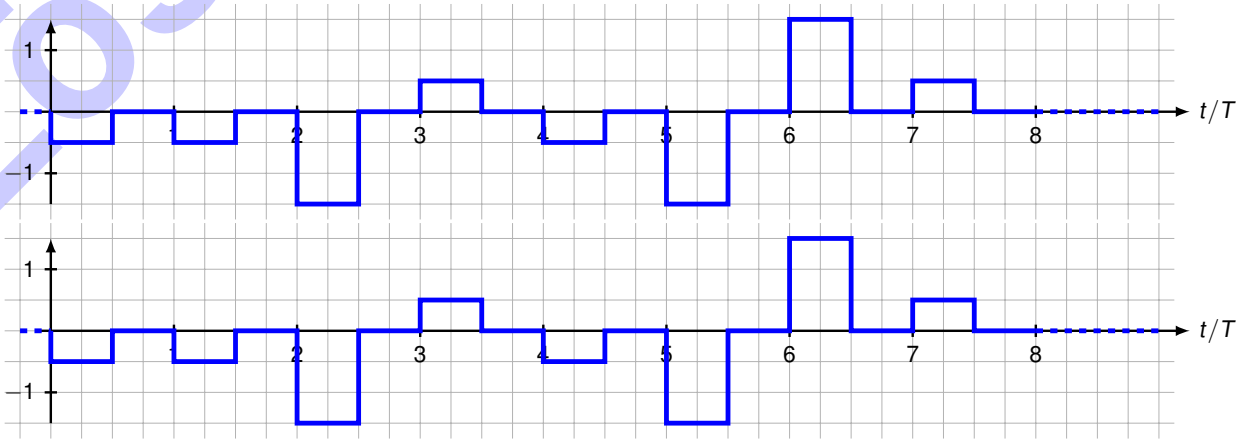



Abbildung 6.4: Basisbandsignal - zwei Vordrucke - Nicht zu wertenden Vordruck streichen!

d) Geben Sie die übertragene Bitfolge an (keine Begründung erforderlich).

0 1 2

| 01 | 01 | 00 | 11 | 01 | 00 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

Die Daten wurden vor dem Schritt der Leitungskodierung noch kanalkodiert. Dabei kam ein Encoder zum Einsatz, welcher jedem 7 bit ASCII Zeichen ein Paritätsbit voranstellt.

e)* Bestimmen Sie die Coderate des verwendeten Encoders.

0 1

$$R = \frac{k}{n} = \frac{7\,\text{bit}}{7\,\text{bit} + 1\,\text{bit}} = \frac{7}{8}$$

f) Welche effektive Datenrate in Mbit/s kann mit dieser Kombination aus Encoder und Modulationsverfahren erzielt werden?

0 1

$$r_{\text{eff}} = \frac{2\,\text{bit}}{T} \cdot R = 1{,}75\,\text{Mbit/s}$$

Um Beginn und Ende von Nachrichten zu signalisieren, werden die ASCII Zeichen STX (Start of Text) und ETX (End of Text) als Steuerzeichen verwendet und vor bzw. nach den Nutzdaten gesendet.

g) Die nächste zu sendende Nachricht besteht aus insgesamt 29 ASCII-Zeichen **Nutzdaten**. Wie lange dauert es, die Nachricht inklusive der Steuerzeichen zu serialisieren?

0 1 2

$$L = (29 + 2) \cdot 7\,\text{bit} = 217\,\text{bit}$$

$$t_s = \frac{L}{r_{\text{eff}}} = \frac{217\,\text{bit}}{1{,}75\,\text{Mbit/s}} = 124\,\mu\text{s}$$

Alternativ: $L_{\text{total}} = (29 + 2) \cdot 8\,\text{bit} = 248\,\text{bit}$ $\quad t_s = \frac{L_{\text{total}}}{r} = \frac{L_{\text{total}}}{2\,\text{bit}/T} = \frac{248\,\text{bit}}{2\,\text{Mbit/s}} = 124\,\mu\text{s}$

h)* Nennen Sie einen alternativen Mechanismus zu Steuerzeichen, wie in der Leitungskodierung der Beginn und das Ende einer Nachricht signalisiert werden können und **beschreiben** Sie, wie dies hier umgesetzt werden könnte.

0 1

Mechanismus: Coderegelverletzung

Beschreibung: In diesem Fall z.B. in einem Impuls nicht zurück zur Null wechseln (vgl. NRZ) oder dauerhaft einen ungültigen Pegel (Amplitude 0 oder 1) senden.

Wenn aktuell keine Nachricht gesendet wird, also das Medium idle ist, wird konstant das Steuerzeichen DEL übertragen. Dies resultiert in einem periodischen Signal, welches in Abbildung 6.5 abgebildet ist. Für dieses Signal soll nun noch eine Frequenzanalyse mittels der Fourrierreihe erfolgen.

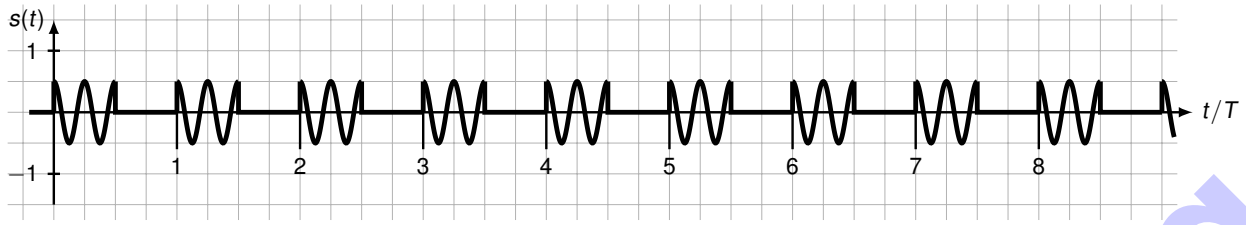



Abbildung 6.5: Moduliertes, periodisches Signal $s(t)$ während das Medium idle ist

0 1 2

i) Stellen Sie eine analytische Definition für das Signal $s(t)$ innerhalb einer Periode im Intervall $[0, T]$ auf.

$$s(t) = \begin{cases} 0.5 \cdot \cos\left(4\ \omega t\right) & \text{für } 0 \leq t < T/2 \\ 0 & \text{für } T/2 \leq t < T \end{cases}$$

0 1 2 3

j) Bestimmen Sie die Koeffizienten $a_k$ mit $k > 0$ des Spektrums des Idle-Signals.

**Hinweis:** $\int_0^{T/2} \cos(n\omega t) \cdot \cos(m\omega t)\,\mathrm{dt} = \begin{cases} T/4 & \text{für } n = m \text{ mit } n, m \in \mathbb{N}_+ \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

$$\begin{aligned} a_k &= \frac{2}{T}\int_0^{T} s(t)\cos(k\omega t)\,\mathrm{dt} \\ &= \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \frac{1}{2}\cdot\cos(4\omega t)\cos(k\omega t)\,\mathrm{dt} + 2\int_{T/2}^{T} 0\cdot\cos(k\omega t)\,\mathrm{dt} \\ &= \frac{1}{T}\int_0^{T/2} \cos(4\omega t)\cos(k\omega t)\,\mathrm{dt} \\ &= \begin{cases} 1/T \cdot T/4 = 0.25 & \text{wenn } k = 4 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \end{aligned}$$

0 1 2

k)* Begründen Sie, wie sich die Koeffizienten $b_k$ verhalten. Werden alle Koeffizienten $b_k = 0$ sein, oder wird es Koeffizienten $b_k \neq 0$ geben?

Da das Signal innerhalb einer Periode nicht ausschließlich achsen- oder rotationssymmetrisch ist, wird es sowohl $a_k \neq 0$ als auch $b_k \neq 0$ für $k > 0$ geben.

Alternativ: $a_k \neq 0$ nur für $k = 4$. Da das Signal aber Sprünge aufweist, hat es ein unendliches Spektrum und damit $\exists k \in \mathbb{N}^+ : b_k \neq 0$

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