

# Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme (IN0010)

## Übungsblatt 9

23. Juni – 27. Juli 2026

### Aufgabe 1 Drahtthai

Gegeben sei der in Abbildung 1.1 dargestellte Hexdump in Network-Byte-Order eines Ethernet-Rahmens, ohne Checksum, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

|        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0x0000 | 00 | 16 | 3e | ff | ff | ff | 00 | 16 | 3e | 6d | cd | 0d | 08 | 00 | 45 | 00 |
| 0x0010 | 00 | 58 | 9f | 47 | 40 | 00 | 40 | 06 | 47 | 33 | ac | 10 | fe | 02 | ac | 10 |
| 0x0020 | fe | 01 | 00 | 16 | da | e2 | 02 | 5d | 78 | 9a | f2 | 3d | 99 | 17 | 80 | 18 |
| 0x0030 | 00 | e3 | 54 | 70 | 00 | 00 | 01 | 01 | 08 | 0a | b3 | 13 | 65 | ca | 11 | 82 |
| 0x0040 | 53 | 20 | 53 | 53 | 48 | 2d | 32 | 2e | 30 | 2d | 74 | 69 | 6e | 79 | 73 | 73 |
| 0x0050 | 68 | 5f | 6e | 6f | 76 | 65 | 72 | 73 | 69 | 6f | 6e | 20 | 5a | 34 | 43 | 53 |
| 0x0060 | 69 | 31 | 5a | 52 | 0d | 0a |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Abbildung 1.1: Hexdump eines Ethernet-Rahmens, ohne Checksum, in Network-Byte-Order

**Hinweis:** Zur Lösung der Aufgabe sind Informationen aus dem Cheatsheet notwendig.

a)\* Markieren Sie in Abbildung 1.1 Beginn und Ende des Ethernet-Headers.

b) Begründen Sie, durch Markieren und Beschreiben relevanter Headerfelder, welches Protokoll auf Schicht 3 verwendet wird.

c)\* Beschreiben Sie, wie die Länge des Headers auf Schicht 3 bestimmt wird. Markieren und benennen Sie dafür relevante Abschnitte in Abbildung 1.1.

d)\* Markieren Sie alle Schicht 3 Adressen und benennen Sie diese.

e) Markieren Sie alle in Schicht 3 enthaltenen Extension Header.

f) Benennen und beschreiben Sie die drei kleinsten Headerfelder von Schicht 3. Geben Sie zudem die Größe der beschriebenen Headerfelder an.

g) Falls es eine L3-SDU gibt, geben Sie ihren Typ an und begründen Sie die Angabe. Andernfalls, legen Sie Ihren Gedankengang dar und erörtern wie es zu dieser Situation kommen konnte.

h) Die Bytes ab Position 0x0042 sind Payload von Schicht 4. Geben Sie die ASCII Darstellung der ersten 7 B der Payload an.

i) Um welches Protokoll der Anwendungsschicht handelt es sich also vermutlich und wozu wird dieses Protokoll verwendet?

## Aufgabe 2 Statisches Routing

Wir betrachten die Netztopologie des Unternehmens *TUMexam AG*, welche in Abbildung 2.1 dargestellt ist. Es soll die Erreichbarkeit der Subnetze NET1-3 untereinander sowie mit dem Internet sichergestellt werden. Die Router R1 und R2 sollen jeweils die höchste nutzbare IP-Adresse in den jeweiligen Subnetzen erhalten. Zur Verbindung zwischen den Routern stehen Transportnetze mit jeweils nur zwei nutzbaren Adressen zur Verfügung. Der Router mit dem lexikographisch kleineren Namen (z. B. R1 < R2) soll hier die niedrigere IP-Adresse erhalten.

Der Gateway der *TUMexam AG* sei über sein öffentliches Interface ppp0 mit dem Internet verbunden. Sein Default Gateway sei 93.221.23.1.

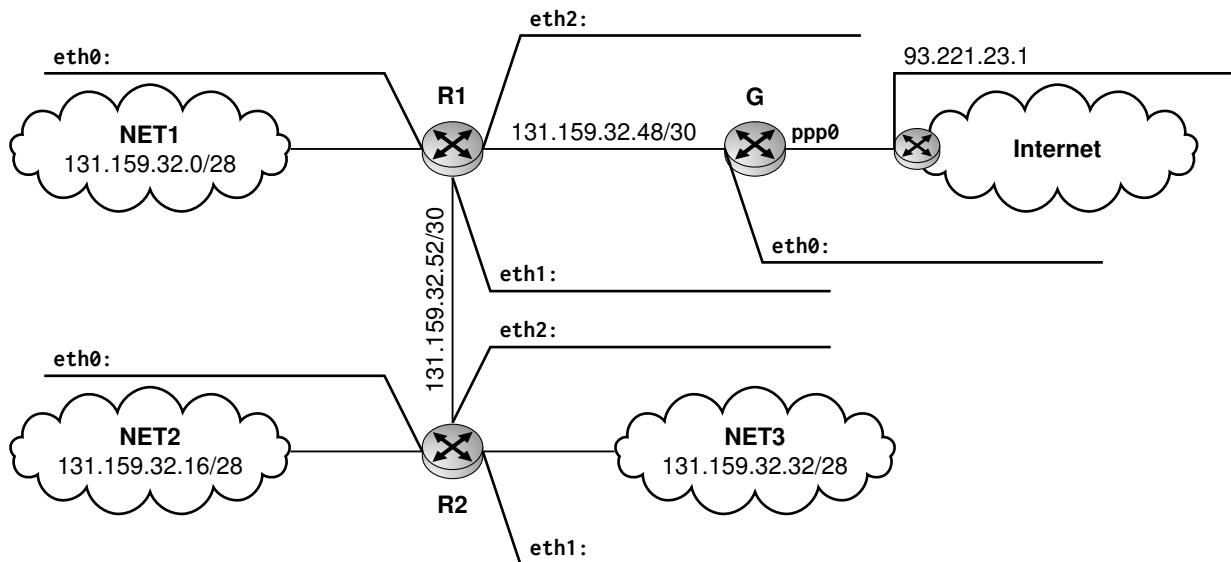


Abbildung 2.1: Netztopologie und IPv4-Adressierung

a)\* Weisen Sie jedem Interface der Router R1, R2 und G jeweils eine IPv4-Adresse zu (Router G nur Interface eth0). Tragen Sie die Adressen direkt in Abbildung 2.1 ein.

Die Routingtabelle von R2 sei wie folgt gegeben:

| Destination      | Next Hop      | Iface |
|------------------|---------------|-------|
| 131.159.32.52/30 | 0.0.0.0       | eth2  |
| 131.159.32.16/28 | 0.0.0.0       | eth0  |
| 131.159.32.32/28 | 0.0.0.0       | eth1  |
| 0.0.0.0/0        | 131.159.32.53 | eth2  |

Tabelle 2.1: Routing-Tabelle von R2

Der Eintrag 0.0.0.0 in der Spalte „Next Hop“ bedeutet, dass kein Gateway benötigt wird (Netz ist direkt angeschlossen). Die letzte Zeile ist der Eintrag für den sog. *Default-Gateway*. Dorthin werden Pakete an all diejenigen Netze weitergeleitet, für die keine bessere Route bekannt ist.

b) Geben Sie die Routingtabellen der Router R1 und G an. Fassen Sie dabei einzelne Routen soweit möglich zusammen und sortieren Sie die Einträge absteigend in der Länge des Präfixes.

| Destination | Next Hop | Iface |
|-------------|----------|-------|
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |

Routing-Tabelle von R1

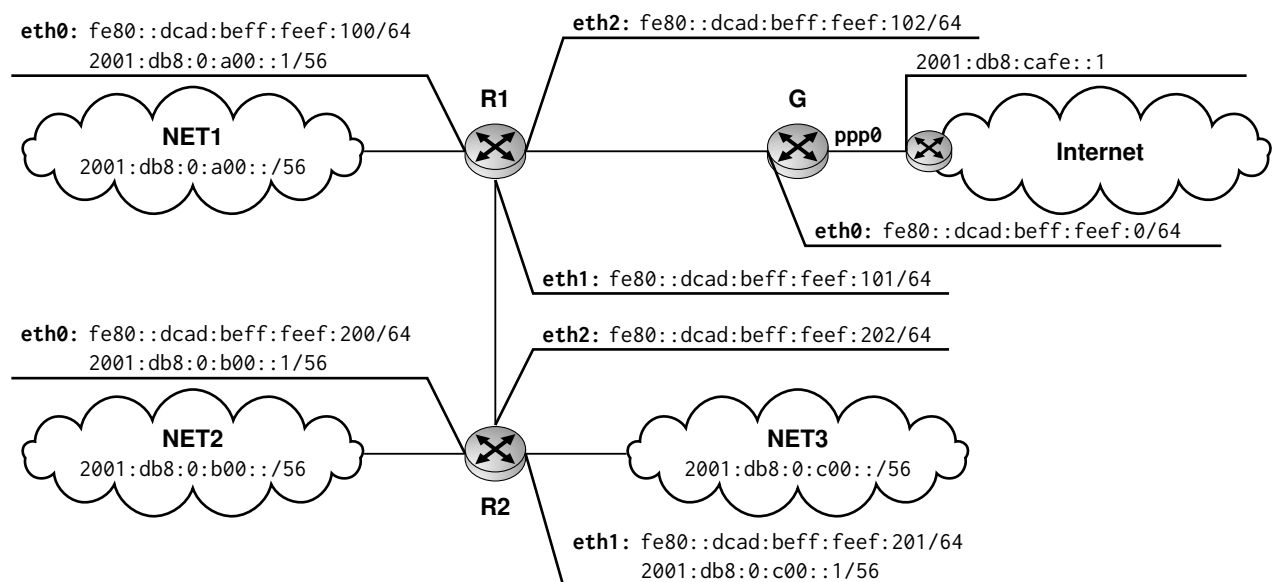
| Destination | Next Hop | Iface |
|-------------|----------|-------|
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |

Routing-Tabelle von G

c)\* Weswegen benötigt Router G nicht notwendiger Weise eine Route ins Transportnetz 131.159.32.52/30?

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

Die Leitung der *TUMexam AG* hat 2015 beschlossen, nun endlich mit der Migration auf IPv6 zu beginnen. Die zusätzliche IPv6-Adressierung ist in Abbildung 2.2 dargestellt.



### Abbildung 2.2: Netztopologie und IPv6-Adressierung

d) \* Was ist der Unterschied zwischen den beiden IPv6-Adressen fe80::dcad:beff:feef:201/64 und 2001:db8:0:c00::1/56 an Interface eth1 von R2?

e)\* Geben Sie die erste und letzte Adresse des Subnetzes an, zu dem die Adresse `fe80::dcad:bfff:feef:201/64` gehört.

f) In welchem Subnetz befinden sich demnach die Link-Local Adressen der übrigen Geräte aus Abbildung 2.2?

g) Stellt es ein Problem dar, dass das Subnetz `fe80::/64` offenbar mehrfach vergeben ist?

h) Der Default-Gateway von G sei bei `2001:db8:cafe::1` und über sein externes Interface `ppp0` erreichbar. Stellen Sie für Router G die IPv6 Routing-Tabelle auf. Fassen Sie dazu wieder Einträge soweit wie möglich zusammen und sortieren Sie die Einträge absteigend in der Länge des Präfixes.

| Destination | Next Hop | Iface |
|-------------|----------|-------|
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |
|             |          |       |

IPv6 Routing-Tabelle von G

### Aufgabe 3 Distanz-Vektor-Routing (Zusatzaufgabe)

Gegeben sei die in Abbildung 3.1 dargestellte Topologie mit den vier Routern A bis D. Die Linkkosten sind jeweils an den Kanten angegeben. Wir notieren die Routingtabellen in Kurzform als Vektor  $[(x_A, y_A), \dots, (x_D, y_D)]$ . Die Tupel  $(x, y)$  geben dabei die Kosten sowie den Next-Hop zum Ziel an.

Zum Beispiel geht der kürzeste Pfad von A nach B über B mit Kosten 2, von A nach C über C mit Kosten 1 und von A nach D über C mit Kosten 2. Router erreichen sich selbst per Definition mit Kosten 0. Das ergibt für Router A dann die Routingtabelle  $[(0, A) (2, B) (1, C) (2, C)]$  (die Position innerhalb des Vektors gibt das jeweilige Ziel an).

Zu Beginn seien die Routingtabellen noch leer, d. h. die Router kennen noch nicht einmal ihre direkten Nachbarn. Dies wird durch die Schreibweise  $(/, /)$  angedeutet. Sich selbst erreichen die Router natürlich mit Kosten 0.

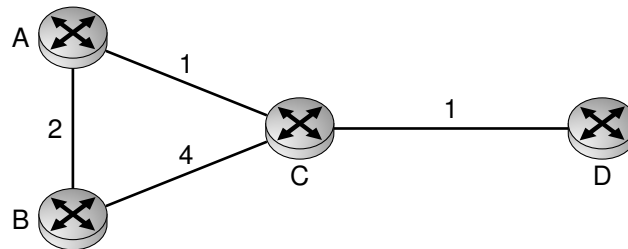


Abbildung 3.1: Netztopologie

Die Router beginnen nun damit, in periodischen Zeitabständen ihre Distanz-Vektoren mit ihren direkten Nachbarn auszutauschen. Dabei schickt beispielsweise Router B ein Update an Router C, welches lediglich die Distanz zum jeweiligen Ziel enthält (nicht aber den Next-Hop). Wenn nun Router A ein solches Update von B erhält und darin eine Route zu D finden würde, so wüsste A, dass er D über B erreicht. Die Kosten zu D entsprechen dann den Kosten zu B zuzüglich der Kosten, mit denen B das Ziel erreichen kann.

Im Folgenden wollen wir dieses Verhalten untersuchen. Da das Ergebnis allerdings davon abhängt, in welcher Reihenfolge Updates ausgetauscht werden, treffen wir die idealisierte Annahme, dass alle Router exakt zeitgleich ihre Updates verschicken.

a)\* Geben Sie gemäß obiger Definitionen die Routingtabellen aller vier Router in den folgenden Schritten an. Brechen Sie ab, sobald ein konvergenter Zustand erreicht ist.

| Schritt | Router A                        | Router B                        |
|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0       | $[(0, A) (/, /) (/, /) (/, /)]$ | $[(/, /) (0, B) (/, /) (/, /)]$ |
|         |                                 |                                 |
|         |                                 |                                 |
|         |                                 |                                 |
| Schritt | Router C                        | Router D                        |
| 0       |                                 |                                 |
|         |                                 |                                 |
|         |                                 |                                 |
|         |                                 |                                 |

b) Welcher (Graph-)Algorithmus findet hier Verwendung?

Nun fällt die Verbindung zwischen den Knoten C und D aus. Die Knoten C und D bemerken dies und setzen die entsprechenden Pfadkosten auf unendlich.

c) Was passiert in den folgenden Schritten, in denen die aktiven Knoten weiter ihre Distanzvektoren austauschen? Geben Sie nach jedem Schritt die Distanztabelle an, bis das weitere Ergebnis klar ist.

| Schritt | Router A | Router B |
|---------|----------|----------|
| 4       |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
| Schritt | Router C | Router D |
| 4       |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |
|         |          |          |

d)\* In der Vorlesung wurden **Split Horizon**, **Triggered Updates** und **Path Vector** als mögliche Gegenmaßnahmen für das Count-to-Infinity-Problem genannt. Erläutern Sie in der Gruppe die Funktionsweise dieser Verfahren.



## Aufgabe 4 Drahtthai (Zusatzaufgabe)

Gegeben sei der in Abbildung 4.1 dargestellte Hexdump in Network-Byte-Order eines Ethernet-Rahmens, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

```
0x0000  d0 e1 40 97 ec ea 00 0d      2e 00 40 01 08 00 45 00
0x0010  00 38 00 00 00 00 f1 01      8c 2b 3e 9a 59 2e ac 13
0x0020  f9 bd 0b 00 bf 50 00 00      00 00 45 00 00 3c 15 b2
0x0030  00 00 01 11 ea 81 ac 13      f9 bd 81 bb 91 f1 d4 0f
0x0040  82 be 00 28 de b8
```

Abbildung 4.1: Hexdump eines Ethernet-Rahmens in Network-Byte-Order

a)\* Markieren Sie in Abbildung 4.1 Beginn und Ende des Ethernet-Headers.

b) Begründen Sie, welches Protokoll auf Schicht 3 verwendet wird.

c) Bestimmen Sie die Länge des Headers auf Schicht 3 (Begründung) und markieren Sie dessen Ende in Abbildung 4.1.

d) Geben Sie – sofern im Paket enthalten – TTL bzw. HopCount in dezimaler **und** hexadezimaler Schreibweise an.

e) Begründen Sie, zu welchem Protokoll die L3-SDU gehört.

Gegeben sei die in Abbildung 4.2 dargestellte SDU der Schicht 3 **eines anderen Pakets**. Es sei bekannt, dass es sich hierbei um ICMPv4 handelt.

```
0x0000  0b 00 bf 50 00 00 00 00      45 00 00 3c 15 c6 00 00
0x0010  01 11 ea 6d ac 13 f9 bd      81 bb 91 f1 ec 38 82 c4
0x0020  00 28 c6 89
```

Abbildung 4.2: ICMP-Nachricht inklusive ICMP-Header in Network-Byte-Order

f)\* Bestimmen Sie Typ und Code der ICMP-Nachricht.

g) Wodurch wird eine solche Nachricht hervorgerufen?

h)\* Markieren Sie das Ende des ICMP-Headers in Abbildung 4.2.

i) Erläutern Sie, was die Payload einer solchen Nachricht grundsätzlich enthält.

j)\* Erläutern Sie, weswegen ein NAT zwischen TCP/UDP und ICMP unterscheiden muss.

k) Erläutern Sie, wie ein NAT-fähiger Router den Empfänger dieser konkreten ICMP-Nachricht ermitteln kann.

l)\* Beschreiben Sie das grundsätzliche Problem, das bei ICMP in Verbindung mit NAT auftritt.

m) Wie kann das Problem aus Teilaufgabe l) beispielsweise für ICMP Echo Requests/Replies gelöst werden?

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

n) Welches zusätzliche Problem entsteht mit der ICMP-Nachricht aus Abbildung 4.2 bei der Verwendung von NAT?

o) Wie kann auch das Problem aus Teilaufgabe n) gelöst werden?

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

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, equal-sized squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

