

**Eexam**

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 / Hausaufgabe 9  
**Prüfer:** Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

**Datum:** Dienstag, 30. Juni 2020  
**Uhrzeit:** 14:00 – 23:59

### Bearbeitungshinweise

- Die erreichbare Gesamtpunktzahl beträgt 38 Punkte.
- Bitte geben Sie bis spätestens Montag, den **29. Juni um 23:59 CEST** über TUMexam ab.  
*Bitte haben Sie Verständnis, wenn das Abgabesystem noch nicht reibungslos funktioniert. Wir arbeiten daran!*
- Ihren **persönlichen** Link zur Abgabe finden Sie auf Moodle. Geben Sie diesen **nicht** weiter.
- Bitte haben Sie Verständnis, falls die Abgabeseite zeitweilig nicht erreichbar ist.

### Bitte nehmen Sie die Hausaufgaben dennoch ernst:

- Neben der Einübung des Vorlesungsstoffs und der Klausurvorbereitung dienen die Hausaufgaben auch dazu, den Ablauf der Midterm zu erproben.
- Finden Sie einen für sich selbst praktikablen und effizienten Weg, die Hausaufgaben zu bearbeiten. Hinweise hierzu haben wir auf [https://grnvs.net.in.tum.de/homework\\_submission\\_details.pdf](https://grnvs.net.in.tum.de/homework_submission_details.pdf) für Sie zusammengestellt.

Hörsaal verlassen von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ / Vorzeitige Abgabe um \_\_\_\_\_

## Aufgabe 1 Statisches Routing (16 Punkte)

Wir betrachten die Netztopologie des Unternehmens *TUMexam AG*, welche in Abbildung 1.1 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.

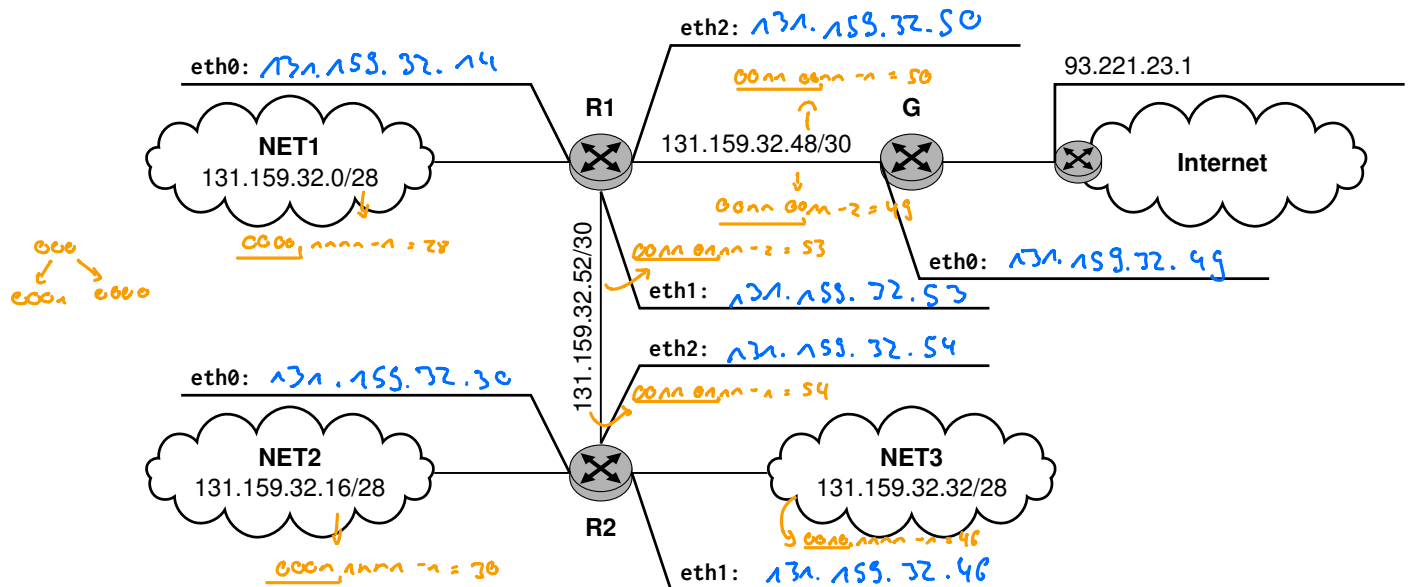


Abbildung 1.1: Netztopologie und IPv4-Adressierung

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 1.1 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

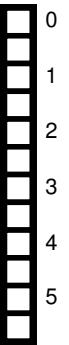
Tabelle 1.1: Routing-Tabelle von R2

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.

Netze sind dabei nur zusammen fassen, falls

- ① diese "benachbarte" liegen im Baum
- ② den gleichen Next Hop haben
- ③ das gleiche Interface haben

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
131.159.32.48/30	0.0.0.0	eth 2
131.159.32.52/30	0.0.0.0	eth 1
131.159.32.0/28	0.0.0.0	eth 0
131.159.32.16/28	131.159.32.54	eth 1
131.159.32.54/28	131.159.32.54	eth 1
0.0.0.0/0	131.159.32.49	eth 2

Routing-Tabelle von R1

Destination	Next Hop	Iface
131.159.32.48/30	0.0.0.0	eth 0
131.159.32.52/30	131.159.32.50	eth 0
131.159.32.32/28	131.159.32.50	eth 0
131.159.32.32/27	131.159.32.50	eth 0
0.0.0.0/0	93.221.23.1	ppp 0

Routing-Tabelle von G

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



G benötigt diese route nur, falls er dort Ziele erreichen muss.

⇒ Das ist nach Aufgabenstellung jedoch nicht unbedingt gefordert

Die Leitung der TUMexam AG hat 2015 beschlossen, nun endlich mit der Migration auf IPv6 zu beginnen. Die zusätzliche IPv6-Adressierung ist in Abbildung 1.2 dargestellt.

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?



Bei fe80::dcad:beff:feef:201/64 handelt es sich um eine per SLAAC zugewiesene Link-Local Adresse.

Die andere ist global unique

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



fe80:: - fe80::ffff:ffff:ffff:ffff

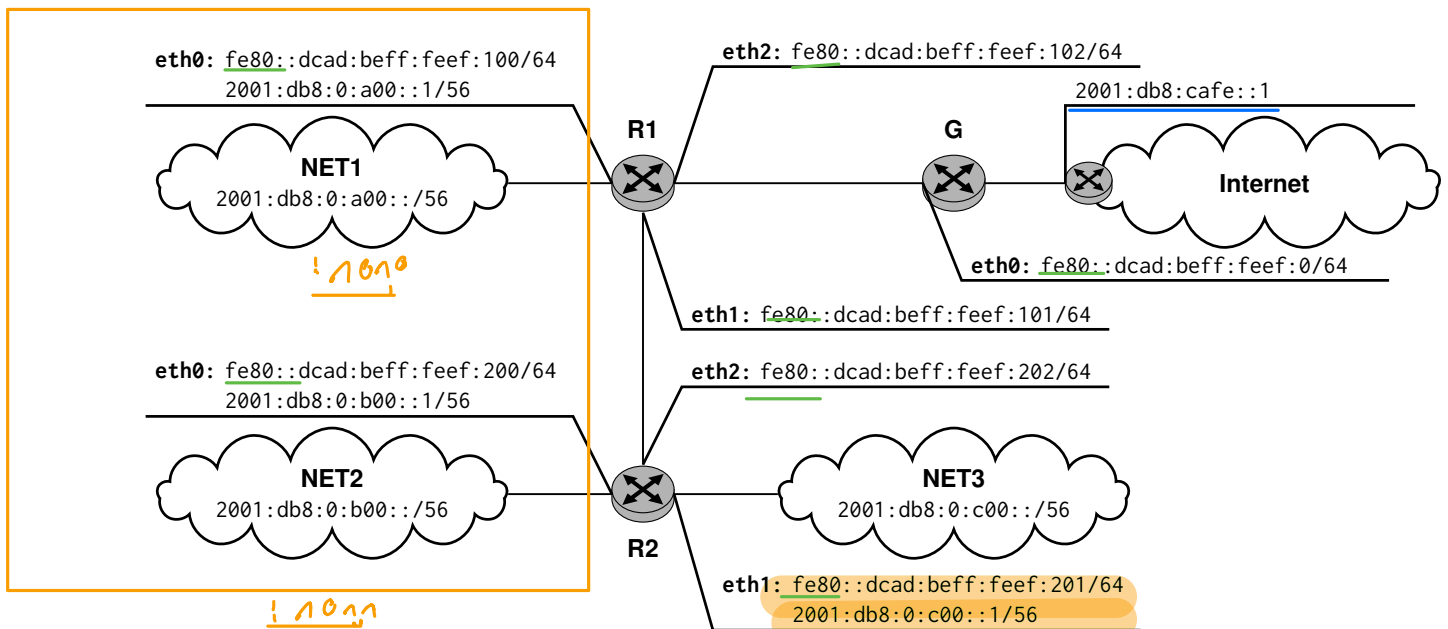


Abbildung 1.2: Netztopologie und IPv6-Adressierung

f) In welchem Subnetz befinden sich demnach die Link-Local Adressen der übrigen Geräte aus Abbildung 1.2?

Alle im gleichen, nämlich `fe80::/64`

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

Nein, da dies Link-Local Adressen sind, welche nicht geroutet werden.

h) Der Default-Gateway von G sei `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
<code>fe80::/64</code>	<code>::</code>	<code>eth 0</code>
<code>2001:db8:0:c00::/56</code>	<code>fe80::dcad:beff:feef:102</code>	<code>eth 0</code>
<code>2001:db8:0:a00::/56</code>	<code>fe80::dcad:beff:feef:102</code>	<code>eth 0</code>
<code>::/0</code>	<code>2001:db8:cafe::1</code>	<code>ppp 0</code>

IPv6 Routing-Tabelle von G

## Aufgabe 2 Distanz-Vektor-Routing (22 Punkte)

Gegeben sei die in Abbildung 2.1 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.

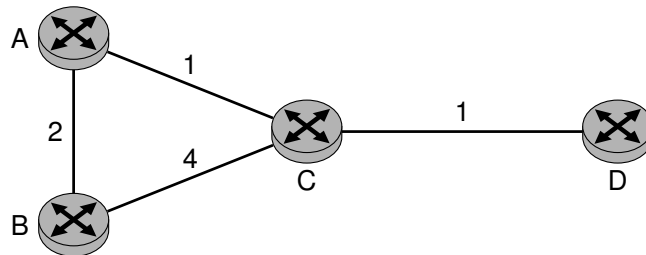


Abbildung 2.1: Netztopologie (Aufgabe 3)

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	$[(0, A) (/, /) (/, /) (/, /)]$	$[(/, /) (0, B) (/, /) (/, /)]$
1	$[(0, A), (2, B), (1, C), (/, /)]$	$[(2, A), (0, B), (4, C), (/, /)]$
2	$[(0, A), (2, B), (1, C), (2, C)]$	$[(2, A), (0, B), (3, A), (5, C)]$
3	$[(0, A), (2, B), (1, C), (2, C)]$	$[(2, A), (0, B), (3, A), (4, A)]$
Schritt	Router C	Router D
0	$[(/, /), (/, /), (0, C), (/, /)]$	$[(/, /), (/, /), (/, /), (0, D)]$
1	$[(1, A), (4, B), (0, C), (1, D)]$	$[(/, /), (1, A), (1, C), (0, D)]$
2	$[(1, A), (3, A), (0, C), (1, D)]$	$[(2, C), (5, C), (1, C), (0, D)]$
3	$[(1, A), (3, A), (0, C), (1, D)]$	$[(2, C), (4, C), (1, C), (0, D)]$

0

1

2

3

4

5

6

7

0 ☐

1 ☐

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

Dezentrale Implementierung von Bellman-Ford.

⇒ Da in Schritt k alle Pfade der Länge k betrachtet werden

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.

0 ☐

1 ☐

2 ☐

3 ☐

4 ☐

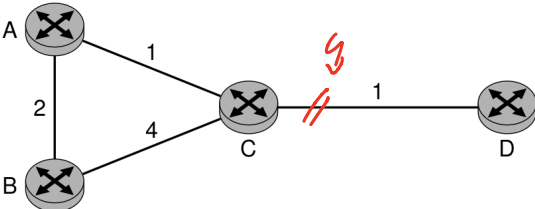
5 ☐

6 ☐

7 ☐

8 ☐

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

Schritt	Router A	Router B
4	$[(0, A), (2, B), (1, C), (2, C)]$	$[(2, A), (0, B), (3, A), (4, A)]$
5	$[(0, A), (2, B), (1, C), (6, B)]$	$[(2, A), (0, B), (3, A), (4, A)]$
6	$[(0, A), (2, B), (1, C), (4, C)]$	$[(2, A), (0, B), (3, A), (7, C)]$
7	$[(0, A), (2, B), (1, C), (8, C)]$	$[(2, A), (0, B), (3, A), (6, A)]$
⋮	⋮	⋮
		
Schritt	Router C	Router D
4	$[(1, A), (3, B), (0, C), (/, /)]$	$[(/, /), (/, /), (/, /), (0, D)]$
5	$[(1, A), (3, B), (0, C), (3, A)]$	$[(/, /), (/, /), (/, /), (0, D)]$
6	$[(1, A), (3, B), (0, C), (7, A)]$	$[(/, /), (/, /), (/, /), (0, D)]$
7	$[(1, A), (3, B), (0, C), (5, A)]$	$[(/, /), (/, /), (/, /), (0, D)]$
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

⇒ cost is infinity

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.



### Split Horizon:

Eine Route wird nicht über das Interface beworben über die, diese erhalten wurde.

→ Das Problem wird jedoch durch die Ring förmige Topologie in unserem Beispiel nicht behoben.

### Triggered updates:

Anstelle updates periodisch zu versenden, werden diese nur bei Änderungen im Netz gesendet.

→ Löst das Problem nicht, beschleunigt den count-to-infinity Vorgang aber

### Path Vector:

Bei jedem Update wird der gesamte Pfad mitgesendet

→ Damit können Router den vollständigen Pfad nachvollziehen und so kreis förmige Updates vermeiden.

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

