

# Klausur - Musterlösung Telematik



Prof. Dr. Martina Zitterbart

Institut für Telematik

KIT-Fakultät für Informatik

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**Dienstag, 29.03.2022**

- Diese Klausur umfasst **23 Seiten** und insgesamt **6 Aufgaben**. Bitte kontrollieren Sie jetzt, ob Sie eine vollständige Ausgabe erhalten haben.
- Sie dürfen Ihre Antworten in Deutsch oder Englisch formulieren. Der Wechsel der Sprache innerhalb einer Teilaufgabe ist nicht erlaubt.
- Schreiben Sie mit blauer oder schwarzer Farbe und mit einem permanenten Stift.
- Beachten Sie, dass die vorgegebenen Antwortfelder großzügig dimensioniert sind. In vorgeprägten Tabellen müssen nicht unbedingt alle freien Einträge für eine korrekte Lösung genutzt werden.
- **Es werden nur solche Ergebnisse gewertet, bei denen ein Lösungsweg eindeutig erkennbar ist.** Antworten sind **grundsätzlich zu begründen**, falls es in der jeweiligen Teilaufgabe nicht ausdrücklich anders vermerkt ist.
- Wenn Sie Ergebnisse aus einer Teilaufgabe in eine andere Teilaufgabe übernehmen, machen Sie dies bitte kenntlich.
- Insgesamt sind **60 Punkte** zu erreichen.
- *This exam consists of 23 pages and a total of 6 tasks. Please check now if you have received a complete edition.*
- *You may provide your answers in German or English. Changing the language within a subtask is not allowed.*
- *Write in black or blue color and use a permanent pen.*
- *Note that the provided answer fields are generously dimensioned. In preprinted tables not all free entries have to be used for a correct solution.*
- *Only those results are evaluated in which the solution path is clearly recognizable. Answers have to be justified in principle unless explicitly stated otherwise in the respective subtask.*
- *If you transfer results from one subtask to another subtask, please indicate this.*
- *A total of 60 points can be achieved.*

A1	A2	A3	A4	A5	A6	$\Sigma$
11	10	10	10	10	9	60

## Aufgabe 1 Allgemeine Fragen (*General Questions*) (11 Punkte)

11

- a) Weshalb ist die Sortierung von Einträgen in TCAM für Longest-Prefix-Matching von Relevanz?

1

*Why is the sorting of entries in TCAM relevant for longest prefix matching?*

Bei dem Vergleich einer Adresse mit den in TCAM gespeicherten Präfixen können mehrere Einträge matchen. Durch die Sortierung der Einträge in TCAM wird nur der erste Match ausgewählt.

- b) HTTP/2 ermöglicht das Multiplexen mehrerer Streams über eine einzige TCP-Verbindung. Erläutern Sie kurz, wie es infolge dessen zu Head-of-Line Blocking kommen kann.

1

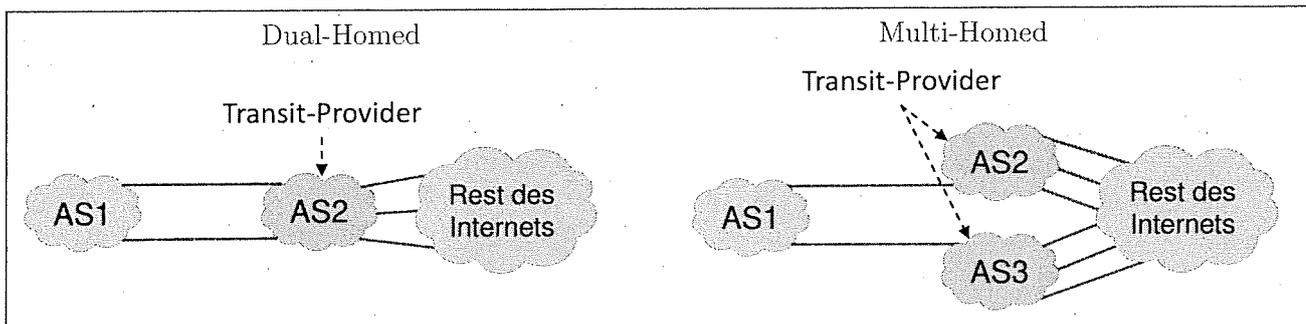
*HTTP/2 allows multiple streams to be multiplexed over a single TCP connection. Briefly explain how this can lead to head-of-line blocking.*

Durch den Verlust eines TCP-Segments eines Streams kann die Auslieferung nachfolgender TCP-Segmente *anderer* Streams verzögert werden.

- c) Zeigen Sie den Unterschied zwischen den Begriffen Dual-Homed und Multi-Homed im Kontext autonomer Systeme auf, indem Sie jeweils eine Skizze anfertigen. Kennzeichnen Sie in Ihrer Skizze die Transit-Provider.

2

*Show the difference between the terms dual-homed and multi-homed in the context of autonomous systems by providing a sketch for each. Mark the transit providers in your sketch.*



- d) Zwischen welchen Systemen werden EBGP und IBGP jeweils eingesetzt? Erläutern Sie kurz die Aufgabe eines Route-Reflectors und wie dessen Einsatz die Skalierbarkeit von IBGP verbessern kann.

2

*Between which systems are EBGP and IBGP used respectively? Briefly explain the task fulfilled by a route reflector how its use can improve the scalability of IBGP.*

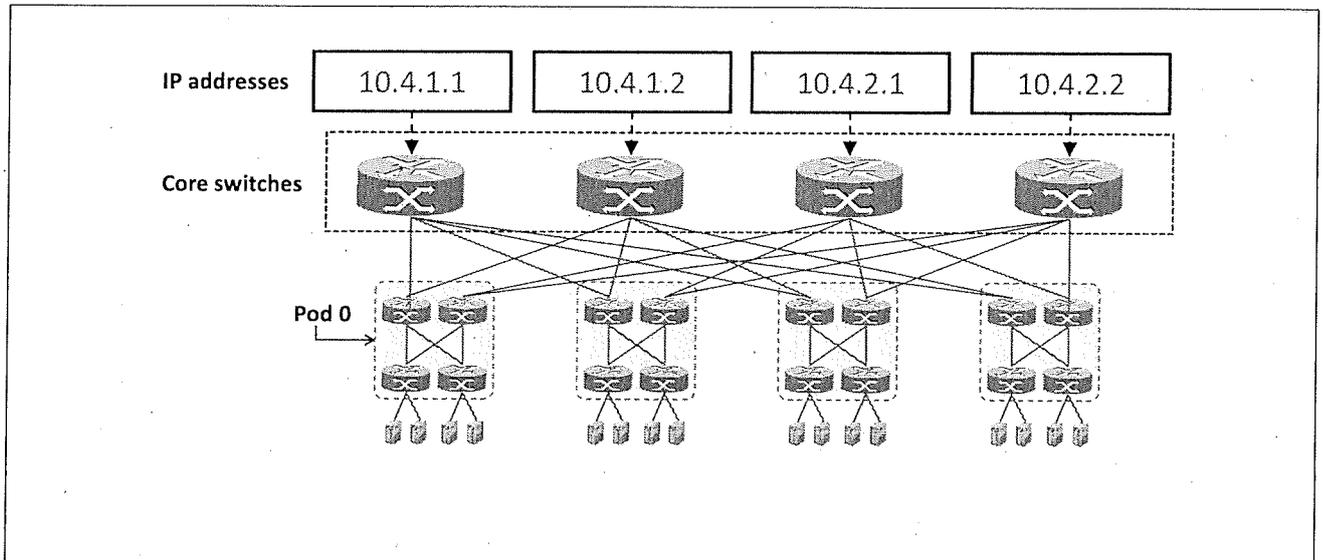
Protokoll (protocol)	Eingesetzt zwischen welchen Systemen? (used between which systems?)
IBGP	BGP-Router innerhalb eines autonomen Systems
EBGP	BGP-Router verschiedener autonomer Systeme

Route-Reflector:

Ein Route-Reflector leitet BGP-Nachrichten an die IBGP-Router innerhalb eines ASes weiter. Dadurch müssen IBGP-Router nicht vollvermascht sein.

- 2 e) Geben Sie die IP-Adressen der vier Core Switches im dargestellten k-Pod Fat-Tree an. Gehen Sie davon aus, dass die IP-Adressen aus dem Subnetz 10.0.0.0/8 gewählt werden.

*Specify the IP addresses of the four core switches in the depicted k-pod fat-tree. Assume that the IP addresses are selected from subnet 10.0.0.0/8.*



f) Weshalb wird für Ethernet-Rahmen eine Mindestlänge verlangt und wie wird diese sichergestellt? Weshalb wurde zusätzlich Carrier Extension eingeführt?

2

*Why is a minimum length required for Ethernet frames and how is it ensured? Why was carrier extension also introduced?*

Die Mindestlänge von Ethernet-Rahmen dient der zuverlässigen Erkennung von Kollisionen beim Einsatz von CSMA/CD. Die Mindestlänge wird durch Auffüllen des Padding-Felds im Ethernet-Rahmen sichergestellt. Carrier Extension ermöglicht Kollisionserkennung bei höheren Datenraten, ohne dass eine Anpassung der Mindestlänge von Ethernet-Rahmen erforderlich ist.

g) Welchem Zweck dienen die TCP-Optionen MP\_CAPABLE und MP\_JOIN?

1

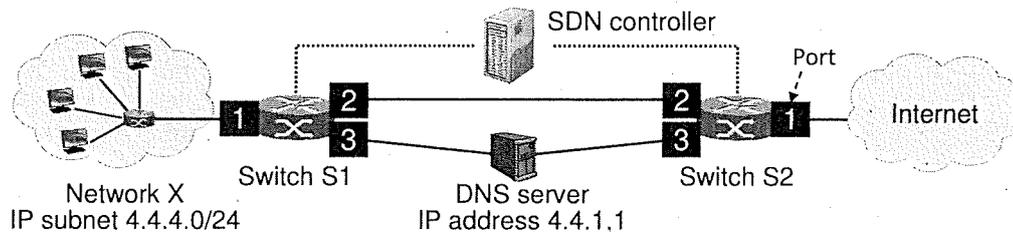
*What purpose do the TCP options MP\_CAPABLE and MP\_JOIN serve?*

MP\_CAPABLE: Signalisiert einem Empfänger, dass der Sender MPTCP unterstützt.  
MP\_JOIN: Fügt einer MPTCP-Verbindung einen Subflow hinzu.

## Aufgabe 2 Software Defined Networking (10 Punkte)

Im nachfolgend abgebildeten SDN-Netz steuert der SDN-Controller die Switches S1 und S2. Das Netz X (IP-Subnetz 4.4.4.0/24) soll mit Hilfe einer SDN-App vor ungewünschtem Zugriff aus dem Internet geschützt werden, wohingegen alle Zugriffe auf den DNS-Server (IP-Adresse 4.4.1.1) gestattet sind.

*In the SDN network shown below, the SDN controller controls the switches S1 and S2. With an SDN app, the network X (IP subnet 4.4.4.0/24) should be protected from undesired access from the Internet, whereas all access to the DNS server (IP address 4.4.1.1) is permitted.*



3 a) Geben Sie zunächst Flowtable-Einträge für S2 an, die für IP-Datagramme folgendes gewährleisten:

1. Datagramme aus dem Internet mit Zieladresse in Netz X werden auf Port 2 weitergeleitet.
2. Datagramme aus dem Internet mit Zieladresse des DNS-Servers werden auf Port 3 weitergeleitet.
3. Sonstige aus dem Internet empfangene Datagramme werden verworfen.
4. Auf Port 2 empfangene Datagramme aus Netz X werden in das Internet weitergeleitet.
5. Auf Port 3 vom DNS-Server empfangene Datagramme werden in das Internet weitergeleitet.
6. Alle verbleibenden Datagramme werden an den SDN-Controller weitergeleitet.

*First, specify flow table entries for S2, which ensure the following for IP datagrams:*

1. *Datagrams from the Internet with destination address in network X are forwarded on port 2.*
2. *Datagrams from the Internet with destination address of the DNS server are forwarded on port 3.*
3. *Other datagrams received from the Internet are discarded.*
4. *Datagrams received on port 2 from network X are forwarded to the Internet.*
5. *Datagrams received on port 3 from the DNS server are forwarded to the Internet.*
6. *All remaining datagrams are forwarded to the SDN controller.*

Flowtable von S2 (flow table of S2)

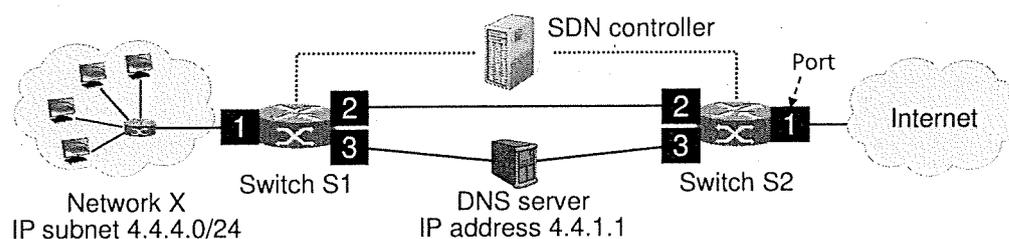
Priorität	Match-Felder	Aktion
2	IN_PORT = 1, IP_DST = 4.4.4.0/24	Output 2
2	IN_PORT = 1, IP_DST = 4.4.1.1	Output 3
1	IN_PORT = 2, IP_SRC = 4.4.4.0/24	Output 1
1	IN_PORT = 3, IP_SRC = 4.4.1.1	Output 1
1	IN_PORT = 1	Drop
0	*	Controller

b) Vervollständigen Sie nun die angegebene `onPacketIn`-Methode der SDN-App, um ungewünschten Zugriff auf Netz X aus dem Internet zu unterbinden. Gehen Sie davon aus, dass S1 alle IP-Datagramme an den SDN-Controller sendet, die von keinem Flowtable-Eintrag weitergeleitet werden. Beim Empfang eines Datagramms im Controller werden Flowtable-Einträge auf Basis der im Paket enthaltenen Informationen folgendermaßen programmiert:

1. Eine Programmierung erfolgt nur, wenn ein Datagramm von S1 auf Port 1 empfangen wurde.
2. Programmierte Einträge leiten alle Datagramme (ausschließlich) zu den jeweils miteinander kommunizierenden Endsystemen weiter. Die entsprechenden IP-Adressen werden dem vom Controller empfangenen Datagramm entnommen.
3. Einträge leiten an den DNS-Server adressierte Datagramme direkt an diesen weiter.
4. Einträge leiten Datagramme, die nicht an den DNS-Server adressiert sind, direkt an S2 weiter.
5. Es wird zusätzlich ein Eintrag für die Weiterleitung in entgegengesetzter Richtung programmiert.

Now complete the given `onPacketIn` method of the SDN app to prevent undesired access to network X from the Internet. Assume that S1 sends all IP datagrams to the SDN controller that are not forwarded by any flowtable entry. When a datagram is received in the controller, flow table entries are programmed as follows based on the information contained in the packet:

1. Programming only takes place if a datagram has been received from S1 on port 1.
2. Programmed entries forward all datagrams (exclusively) to the respective end systems communicating with one another. The corresponding IP addresses are taken from the datagram received by the controller.
3. Entries forward datagrams addressed to the DNS server directly to it.
4. Entries forward datagrams that are not addressed to the DNS server directly to S2.
5. Additionally, an entry is programmed for forwarding in the opposite direction.



Wiederholung (*repetition*)

```
import S1; // Reference to switch S1

onPacketIn(packet, switch, inport) {
    // Restrict programming to packets received on port 1 of switch S1
    if (switch == S1 and inport == 1)
    {
        r1 = Rule();
        r1.PRIORITY(1);
        r1.MATCH('IP_SRC', packet.IP_SRC);
        r1.MATCH('IP_DST', packet.IP_DST);

        if (packet.IP_DST == 4.4.1.1)
            r1.ACTION('OUTPUT', 3); // Forward to DNS server
        else
            r1.ACTION('OUTPUT', 2);

        // Flow table entry for reverse forwarding direction
        r2 = Rule();
        r2.PRIORITY(1);
        r2.MATCH('IP_SRC', packet.IP_DST);
        r2.MATCH('IP_DST', packet.IP_SRC);
        r2.ACTION('OUTPUT', 1);

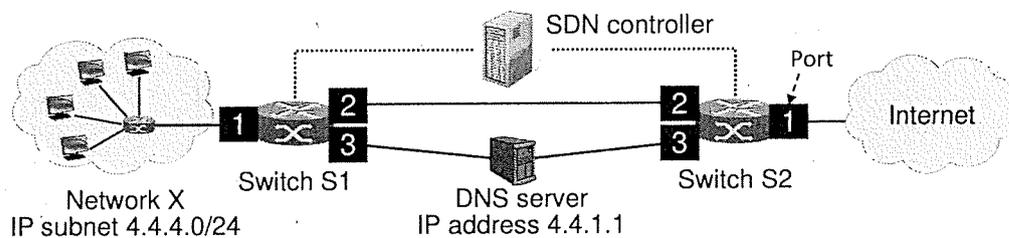
        send_rule(switch, r1);
        send_rule(switch, r2);
        send_packet(packet, switch);
    }
    // Silently discard all other packets
}
```

c) Gehen Sie davon aus, dass das Netz wie in Aufgabenteil a) und b) beschrieben betrieben wird. Zeichnen Sie das Weg-Zeit-Diagramm der Weiterleitung der nachfolgend angegebenen IP-Datagramme. Gehen Sie ferner davon aus, dass die in Aufgabenteil b) beschriebene SDN-App noch keine Flowtable-Einträge programmiert hat.

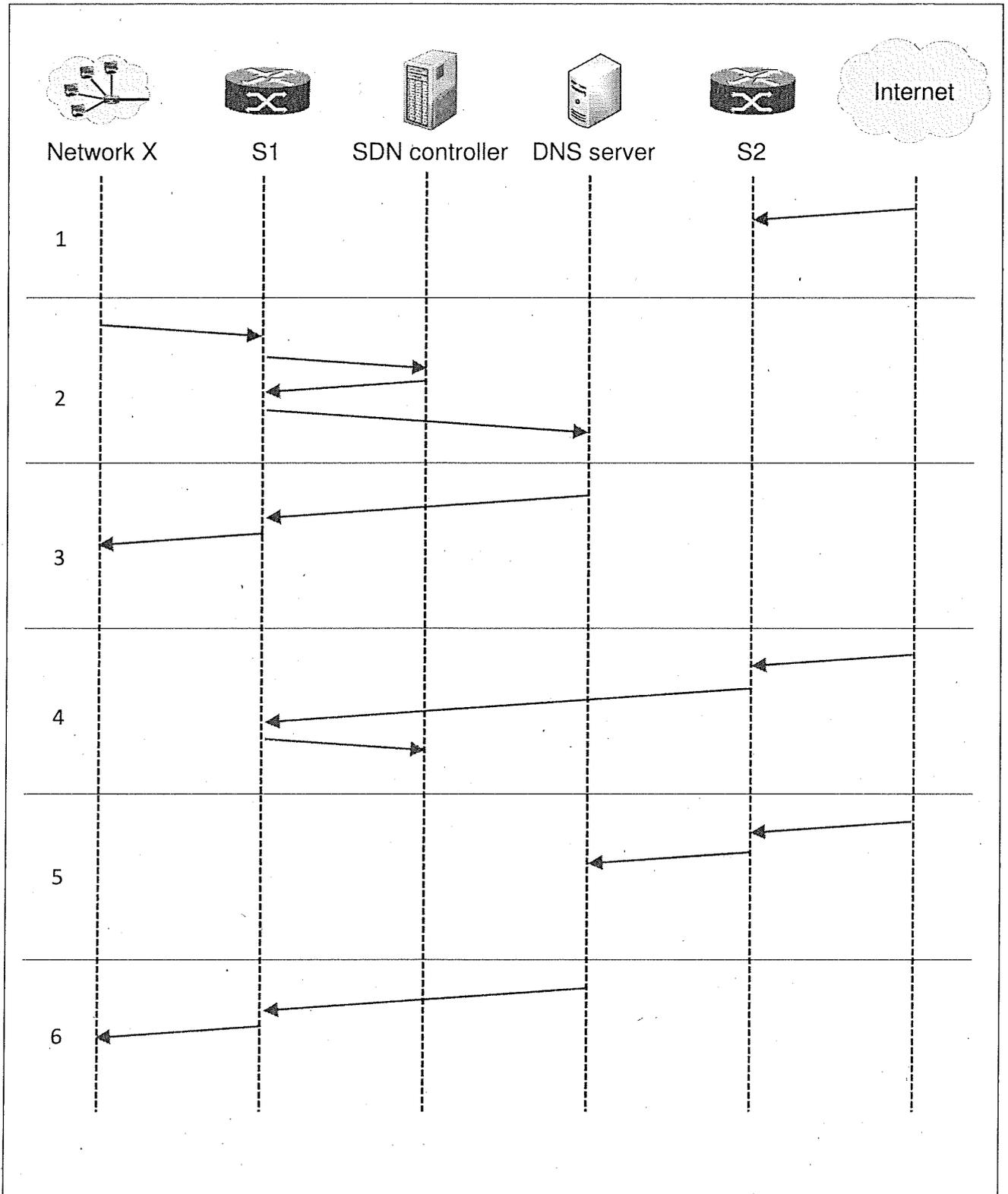
Assume that the network is operated as described in subtask a) and b). Draw the time-sequence diagram of the forwarding of the IP datagrams specified below. Further, assume that the SDN app described in subtask b) has not yet programmed any flow table entries.

3

Nr. (No.)	Quelle (source)	Empfangender Port (receiving port)	IP-Quelladresse (IP source address)	IP-Zieladresse (IP destination address)
1	Internet	Port 1 on switch S2	1.2.3.4	5.6.7.8
2	Network X	Port 1 on switch S1	4.4.4.22	4.4.1.1
3	DNS server	Port 3 on switch S1	4.4.1.1	4.4.4.22
4	Internet	Port 1 on switch S2	1.2.3.4	4.4.4.22
5	Internet	Port 1 on switch S2	4.4.4.22	4.4.1.1
6	DNS server	Port 3 on switch S1	4.4.1.1	4.4.4.22



Wiederholung (repetition)



### Aufgabe 3 Tries (10 Punkte)

Gegeben ist die folgende Liste mit Präfixen P1 bis P5.

10

*The following list is given with prefixes P1 to P5.*

P1	1011 0101 1110 *
P2	1011 1101 1010 1*
P3	1011 0101 1010 101*
P4	1011 1101 1110 1*
P5	1011 0101 1010 111*

a) Erklären Sie, warum für das hier angegebene Szenario ein Trie mit Path Compression empfehlenswert ist. Gehen Sie dabei explizit auf den Vorteil ein, der gegenüber einem normalen Binary Trie entsteht.

1

*Explain why a trie with path compression is recommended for the given scenario. Explicitly address the advantage over a normal binary trie.*

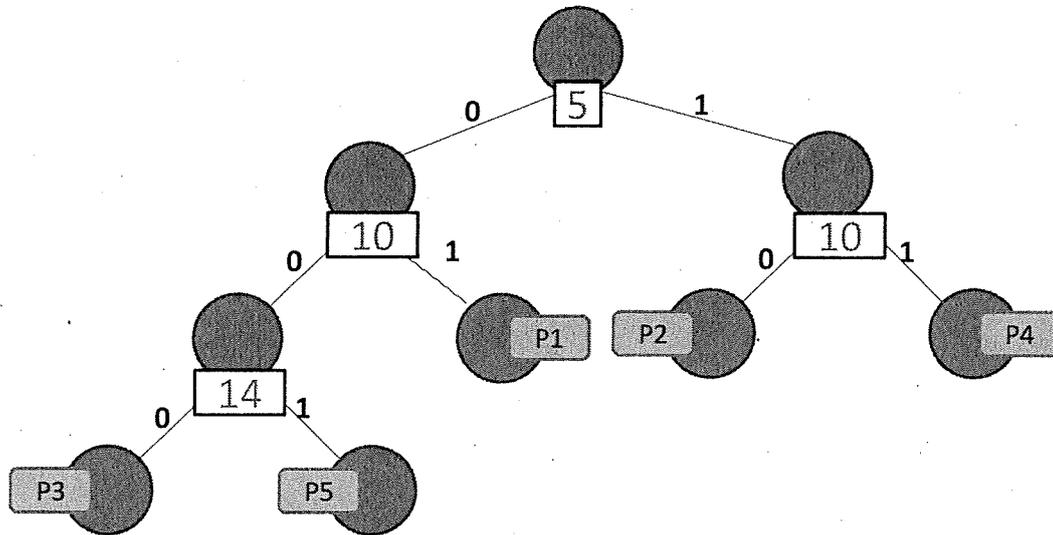
Path Compression eignet sich hier deshalb besonders gut, weil die Präfixe am Anfang (Bit 1 bis 4) und in der Mitte (Bit 6 bis 9) identisch sind. Bei einem normalen Binary Trie würde dies zu mehreren Kindknoten ohne Verzweigung führen. Mit Path Compression werden diese unnötigen Kindknoten vermieden.

4,5

b) Zeichnen Sie einen Binary Trie mit Path Compression für die angegebenen Präfixe. Beschriften Sie die Kanten und tragen Sie ein, in welchem Knoten welches Präfix (P1-P5) abgespeichert wird. Machen Sie in der Skizze außerdem deutlich, welche zusätzlichen Informationen für Path Compression benötigt werden.

*Draw a binary trie with path compression for the given prefixes. Label the edges and make clear in which node which prefix (P1-P5) is stored. Also make clear in the sketch which additional information is required for path compression.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
P1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	*			
P2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	*		
P3	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	*
P4	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	*		
P5	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	*



c) Gegeben ist der Trie aus dem vorherigen Aufgabenteil und Präfix **1011 0101 1111\***. Erklären Sie den Ablauf des Lookup-Algorithmus schrittweise in Textform. Geben Sie hierzu an, welche Informationen genutzt werden und welche Vergleiche stattfinden. Geben Sie außerdem in der dafür vorgesehenen Spalte an, welches zum jeweiligen Zeitpunkt der "Best Match" ist.

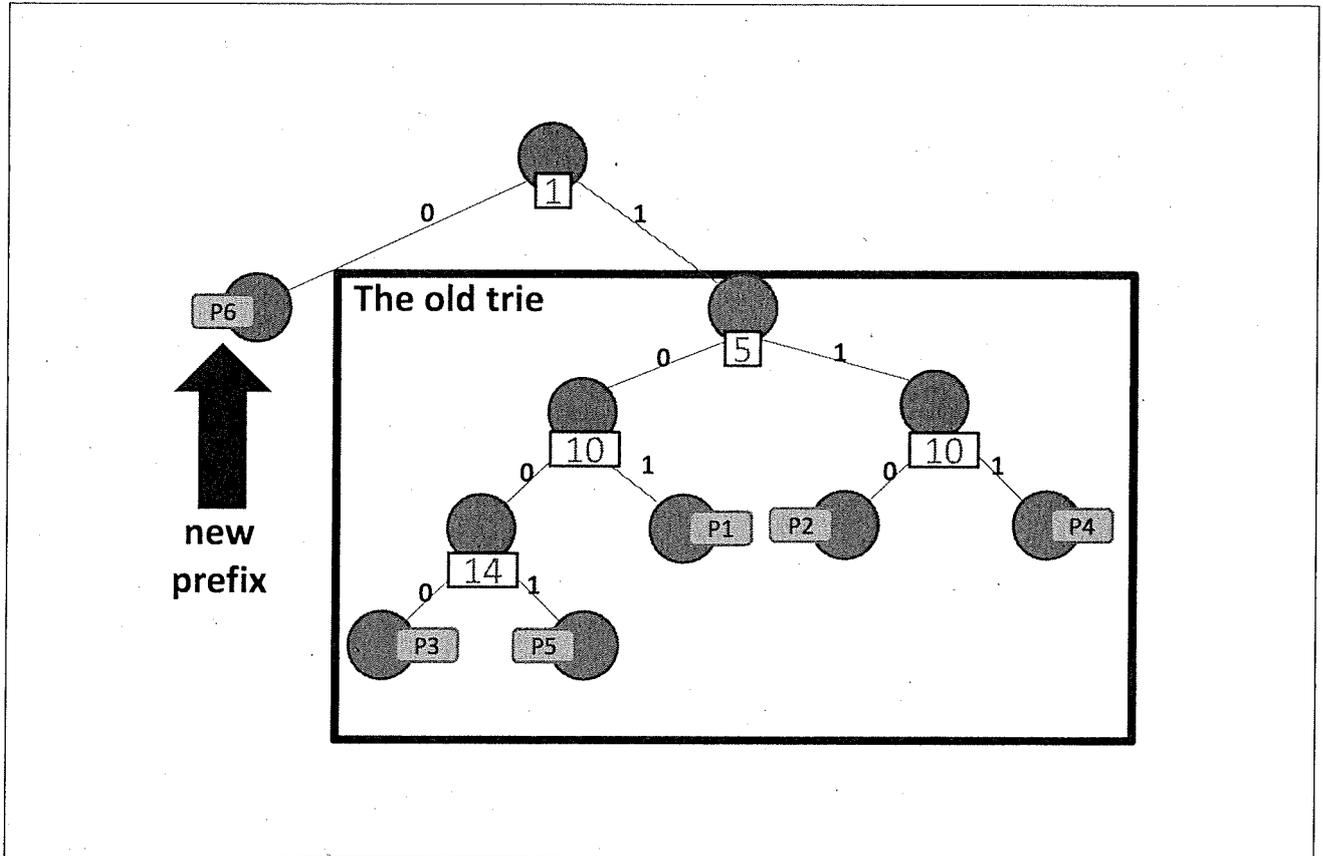
3

*Given is the trie from the previous subtask and prefix 1011 0101 1111\*. Explain the lookup algorithm step by step in text form. Specify which information is used and which comparisons take place. Also indicate in the column provided which is the "Best Match" at the time.*

Schritt	Erklärung	Best Match
1	Fünftes bit wird angeschaut. Gehe nach links im Trie da fünftes bit=0.	-
2	Zehntes bit wird angeschaut. Gehe nach rechts im Trie da zehnte bit=1	-
3	Vergleiche ob Präfix P1 ein gültiges Präfix des gesuchten Präfixes ist. Das ist NICHT der Fall also wird der Best Match auch nicht aktualisiert.	-
4	Keine Verzweigung mehr. Algorithmus terminiert. Es gibt kein passendes Präfix.	-

- 1,5 d) Nehmen Sie nun an, es wird zusätzlich das Präfix  $P6 = 0^*$  in den Trie eingetragen. Beschreiben Sie als Skizze, wie der Trie nach dem Einfügen dieses Präfixes aussehen wird.

Now assume prefix  $P6 = 0^*$  is also added to the trie. Describe as a sketch what the trie will look like after this prefix has been inserted.

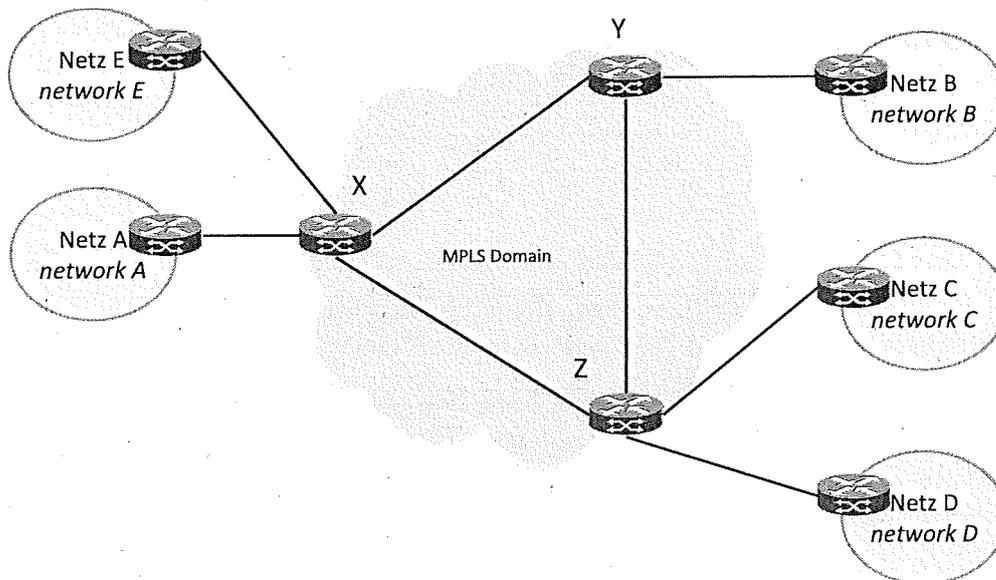


### Aufgabe 4 Label Switching (10 Punkte)

Gegeben sei das folgende Netz. Nur die Router X, Y und Z sind MPLS-Knoten, die von unmittelbar verbundenen, benachbarten Netzen (A-E) über IP erreichbar sind. Alle Links haben eine Kapazität von 100 Gbit/s. Es sind keine Label Switching Pfade etabliert.

10

*The following network is given. Only the routers X, Y and Z are MPLS nodes that can be reached via IP from directly connected, neighboring networks (A-E). All links have a capacity of 100 Gbit/s. No label switching paths are established.*



a) Zwischen welchen beiden Arten von MPLS-Knoten unterscheidet man? Erläutern Sie jeweils kurz deren Funktion und ordnen Sie X, Y und Z ihrem Typ zu.

2

*Which two different types of MPLS nodes exist? Briefly explain their function and assign X, Y and Z to their type.*

Label Switching Router [ ]

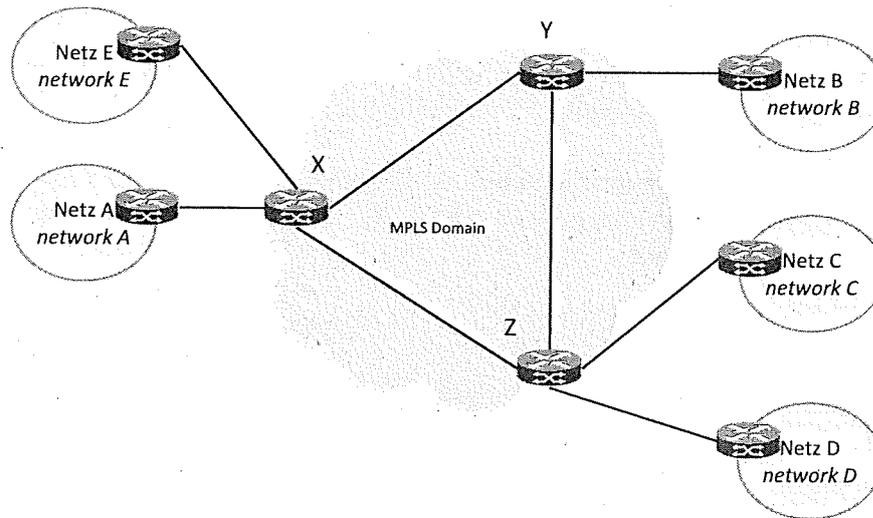
Label-basierte Weiterleitungsentscheidung, dabei Label Swapping (Austauschen von Labels)

Label Edge Router [X, Y, Z]

Hinzufügen und entfernen von Labels bzw. Zuordnung eines Flows zu einer Weiterleitungsklasse.

b)

2



Erfüllen Sie die folgenden vier Bedingungen, indem Sie die nötigen Label Switching Pfade etablieren. Ein Label Switching Pfad von Netz B zu Netz D kann wie folgt angegeben werden: B, Y, Z, D.

1. Weiterleiten des Verkehrs von Netz E zu Netz C mit 80 Gbit/s.
2. Weiterleiten des Verkehrs von Netz A zu Netz D mit 60 Gbit/s.
3. Weiterleiten des Verkehrs von Netz A zu Netz B mit 30 Gbit/s.
4. Weiterleiten des Verkehrs von Netz E zu Netz D mit 20 Gbit/s.

*Satisfy the following four requirements by establishing the necessary label switching paths. For example, a label switching path from network B to network D can be declared as follows: B, Y, Z, D.*

1. Forwarding of traffic from network E to network C with 80 Gbit/s.
2. Forwarding of traffic from network A to network D with 60 Gbit/s.
3. Forwarding of traffic from network A to network B with 30 Gbit/s.
4. Forwarding of traffic from network E to network D with 20 Gbit/s.

Pfade:

1. E, X, Z, C
2. A, X, Y, Z, D
3. A, X, Y, B
4. E, X, Z, D

c) Nachdem sie die vier Label Switching Pfade aus Aufgabenteil b) etabliert haben, wird Verkehr von Netz C an Netz E gesendet. Anhand welcher Information wird der Verkehr weitergeleitet? Begründen Sie Ihre Antwort.

*After establishing the four label switching paths, traffic is sent from network C to network E. Which information is the forwarding decision based on? Justify your answer.*

Der Verkehr wird anhand der IP-Zieladresse weitergeleitet, da Label Switching Pfade unidirektional sind und in der Rückrichtung noch kein Pfad etabliert wurde.

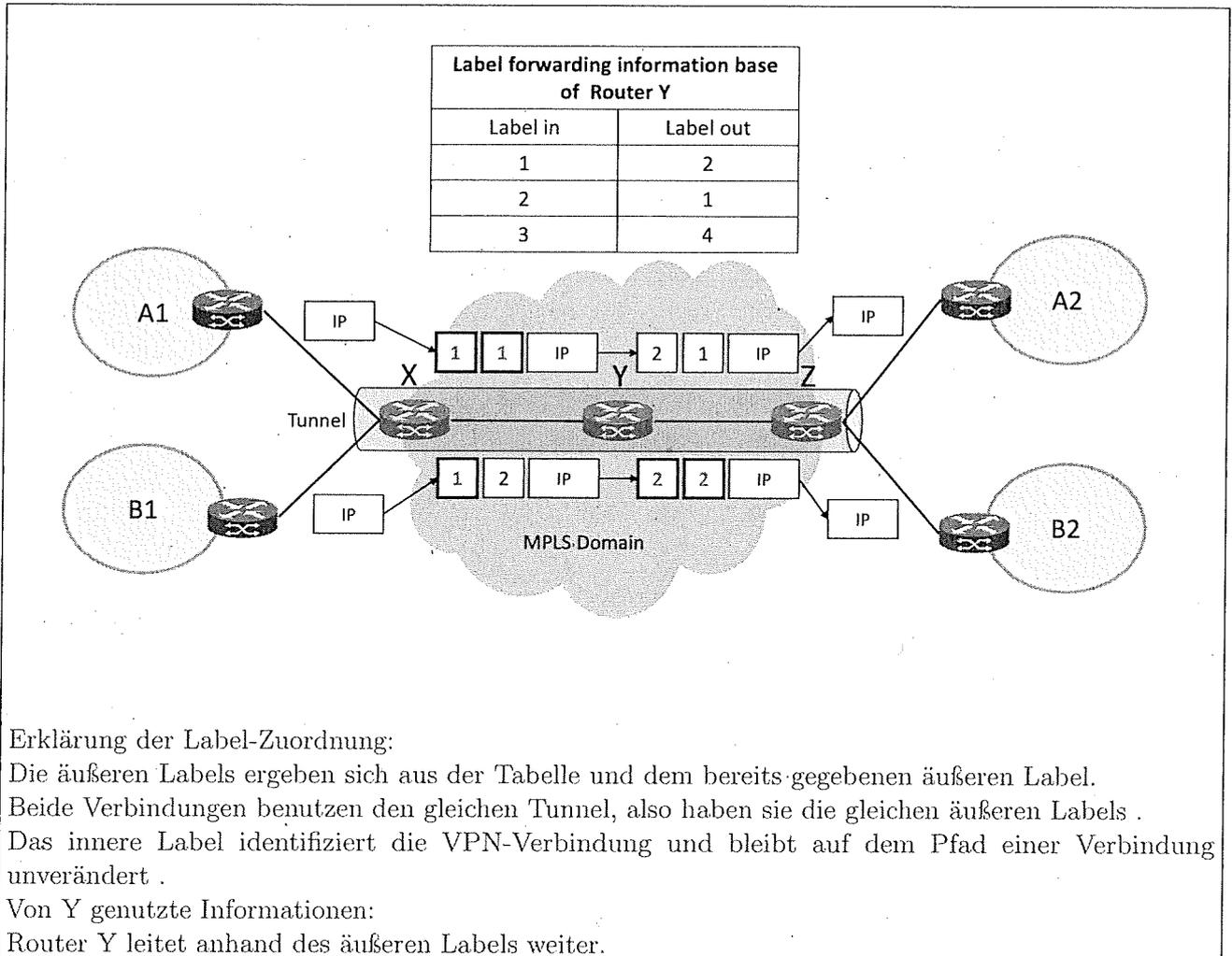
d) Können die Bedingungen 1-4 aus Aufgabenteil b) auch mit klassischem IP-Routing umgesetzt werden? Begründen Sie Ihre Antwort.

*Can the requirements 1-4 of subtask b) also be satisfied with classical IP routing? Justify your answer.*

Um alle Bedingungen zu erfüllen, muss Verkehr mit gleicher IP-Zieladresse auf verschiedenen Pfaden weitergeleitet werden. Da klassisches IP-Routing nur die IP-Zieladresse verwendet, ist es also nicht möglich.

e) Im dargestellten Netz sind mittels Label Stacking zwei VPN-Verbindungen durch einen Tunnel von MPLS-Knoten X zu MPLS-Knoten Z umgesetzt. Ergänzen Sie die fehlenden Labels mithilfe der bereits gegebenen Informationen und der vereinfachten Label Forwarding Information Base von Router Y und erklären Sie Ihre Label-Zuordnung. Geben Sie ferner an, auf Basis welcher Informationen Router Y seine Weiterleitungsentscheidung trifft.

*Label stacking is used to implement two VPN connections in the displayed network by establishing a tunnel from MPLS node X to MPLS node Z. Add the missing labels using the already given information, as well as the simplified label forwarding information base of router Y, and explain your label assignment. Also state, on which information the forwarding decision of router Y is based on.*



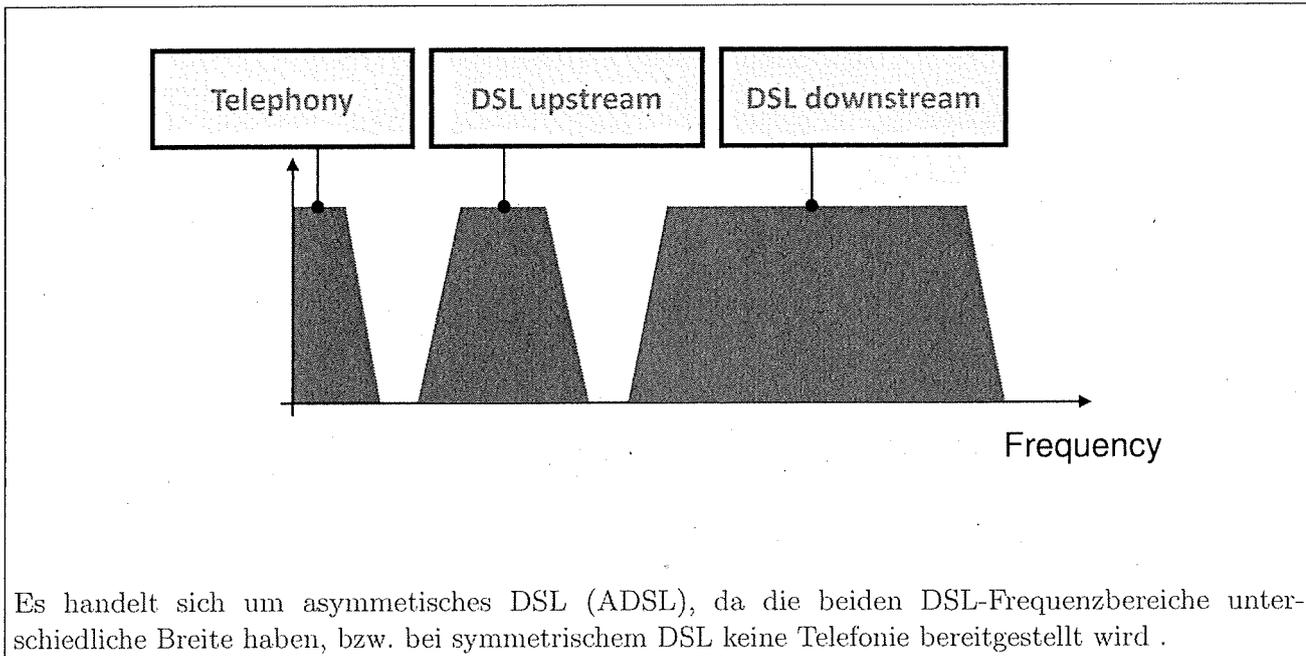
## Aufgabe 5 Access Networks (10 Punkte)

10

a) Kennzeichnen Sie die drei Bereiche für DSL-Upstream, DSL-Downstream und Telefonie im dargestellten Frequenzspektrum des DSL-Zugangs. Zeigt die Abbildung symmetrisches oder asymmetrisches DSL? Begründen Sie Ihre Antwort.

2

*Mark the three areas for DSL upstream, DSL downstream and telephony in the depicted frequency spectrum of the DSL access. Does the image show symmetric or asymmetric DSL? Justify your answer.*



b) Im Kontext von DSL gibt es zusätzlich zur Interferenz zwei Parameter, die die Signaldämpfung hauptsächlich beeinflussen. Benennen Sie diese und erklären Sie, welchen Einfluss diese Parameter auf die Dämpfung haben.

2

*In addition to interference, there are two parameters that primarily influence signal damping in the context of DSL. Name those two parameters and explain how they influence signal damping.*

1. Kabeldurchmesser:

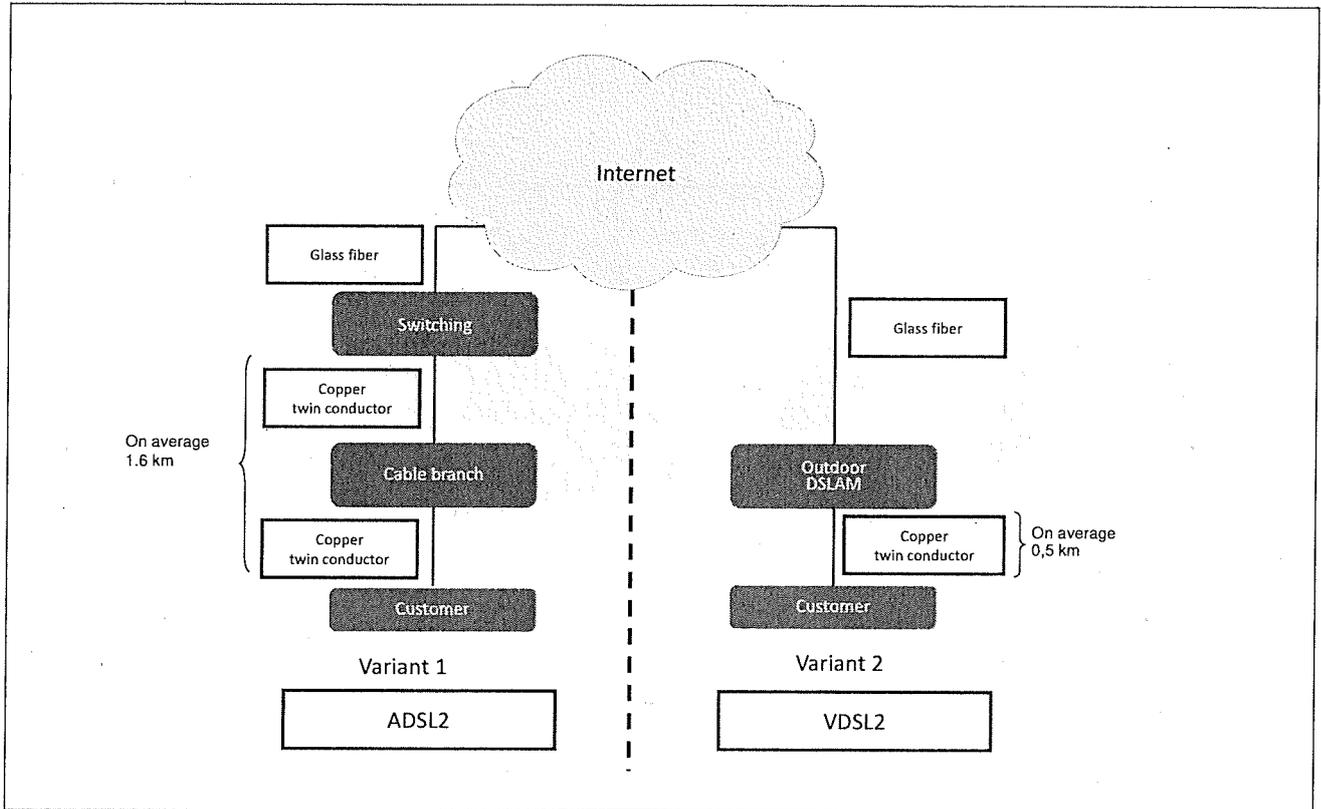
Die Dämpfung nimmt mit zunehmendem Kabeldurchmesser ab.

2. Kabellänge:

Die Dämpfung erhöht sich mit zunehmender Kabellänge.

2 c) Im folgenden Schaubild sind zwei DSL Anschlüsse dargestellt: ADSL2 und VDSL2. Kennzeichnen Sie für jeden Leitungsabschnitt, ob Glasfaserkabel oder Kupferkabel verwendet werden. Ordnen Sie außerdem die Varianten ADSL2 und VDSL2 im Schaubild zu.

*The following figure illustrates two DSL access networks: ADSL2 and VDSL2. Mark for every line section, whether glass fiber or copper cables are used. Also assign the variants ADSL2 and VDSL2 in the figure.*



1 d) Nennen Sie zwei Verbindungsparameter, die während der Establish Phase im Zuge des Aufbaus einer ADSL-Verbindung ausgehandelt werden.

*Name two connection parameters that are negotiated during the setup of an ADSL connection.*

1. Datenrate
2. Verwendete Träger

e) Was für eine Art Verfahren ist CSMA/CD? Wofür steht das Akronym?

*What kind of method is CSMA/CD. What does the acronym stand for?*

1,5

CSMA/CD ist ein Medienzugriffsverfahren.

CS: Carrier Sense

MA: Multiple Access

CD: Collision Detection

f) CSMA/CD wird sowohl bei ISDN als auch bei Ethernet verwendet. Wie funktioniert CD bei ISDN und wie bei Ethernet? Was passiert bei ISDN nach erfolgreichem CD?

*Both ISDN and Ethernet use CSMA/CD. Explain how CD works at ISDN and Ethernet. What happens after a successful CD at ISDN?*

1,5

Ethernet: Medium, auf dem gesendet wird, wird abgehört

ISDN: Echo-Kanal benötigt und abgehört, da D-Kanal nicht abgehört werden kann

Bei ISDN hört nach einer erfolgreichen Kollisionserkennung das System auf zu senden, das die Kollision bemerkt hat.

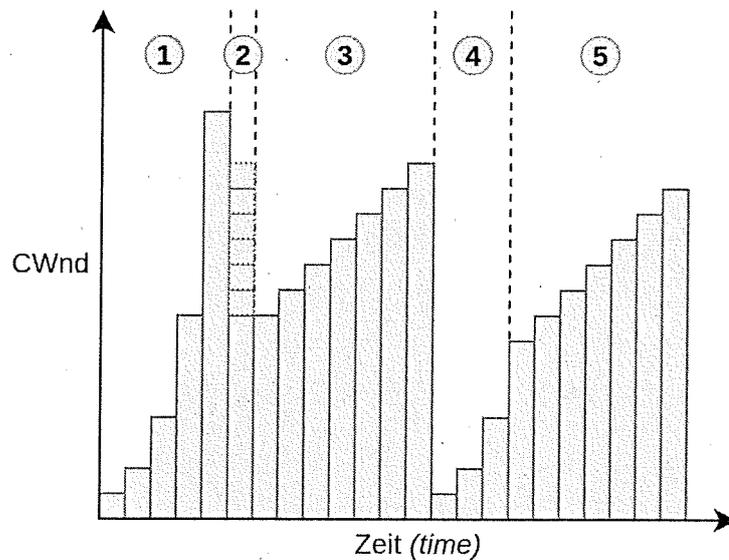
## Aufgabe 6 TCP Staukontrolle (9 Punkte)

9

- a) Benennen Sie die Phasen des folgenden Verlaufs des TCP-Staukontrollfensters eines gerade gestarteten Senders, der TCP Reno verwendet. Begründen Sie jeweils kurz, wieso der Staukontrollalgorithmus sich in der jeweiligen Phase befindet. Erläutern Sie bei etwaigen Paketverlusten, wie diese interpretiert werden.

4

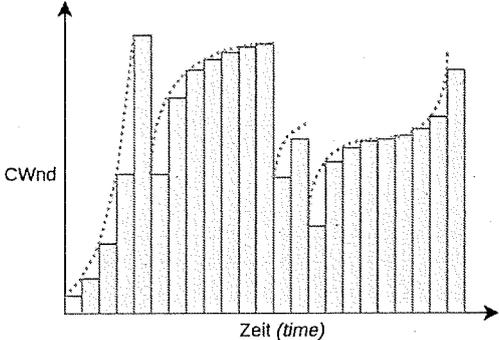
Name the phases of the following diagram of the TCP congestion control window of a just-started sender that uses TCP Reno. Briefly explain why the congestion control algorithm is in the respective phase. For any packet losses, explain how they are interpreted.



Nr. (No.)	Name der Phase (name of the phase)	Begründung (reason)
1	Slow Start	Beginn der Verbindung
2	Fast Recovery + Fast Retransmit	Paketverlust (signalisiert durch DupAcks) Interpretation: schwaches Stausignal
3	Congestion Avoidance	Fortsetzung nach Fast Recovery
4	Slow Start	Paketverlust (signalisiert durch Retransmission Timeout) Interpretation: starkes Stausignal
5	Congestion Avoidance	Slow Start Threshold erreicht

b) Ordnen Sie den folgenden Verlauf eines TCP-Staukontrollfensters einem aus der Vorlesung bekannten Staukontrollverfahren zu. Nennen Sie dabei ein Kriterium, anhand dessen Sie Ihre Unterscheidung zu TCP Reno vornehmen.

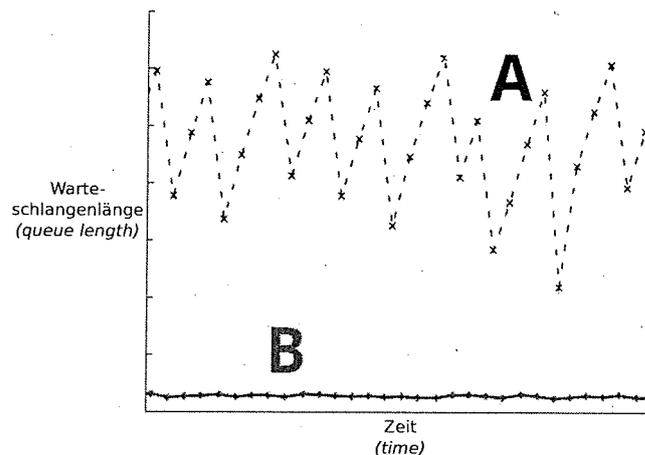
Assign the following diagram of a TCP congestion control window to a congestion control algorithm known from the lecture. Give a criterion that you use to distinguish it from TCP Reno.

CWnd-Zeit-Diagramm (CWnd-time diagram)	Name des Staukontrollverfahrens + Kriterium (name of the congestion control algorithm + criteria)
	TCP Cubic Kriterium: kubisches Verhalten der Kurve

1,5

c) Das folgende Diagramm stellt die Pufferauslastung eines Switches in Form von Warteschlangenlängen zweier TCP-Verbindungen dar. Die TCP-Verbindungen verwenden zwei unterschiedliche Staukontrollverfahren (A und B). Welche der beiden Kurven (A oder B) stellt das zu erwartende Warteschlangenverhalten von *Data Center TCP (DCTCP)* dar? Begründen Sie Ihre Antwort. Erläutern Sie ferner, warum DCTCP gegenüber TCP Reno in Data Centers zu bevorzugen ist.

The following diagram depicts the buffer utilization of a switch in terms of queue lengths of two TCP connections (A and B). The TCP connections use two different congestion control algorithms (A and B). Which of the two curves (A or B) represents the expected queueing behavior of Data Center TCP (DCTCP)? Justify your answer. Further explain, why DCTCP is preferable to TCP Reno in data centers.



Kurve von DCTCP:

B, da die Warteschlangenlänge signifikant geringer ist (als A).  
(ODER: B, da die Warteschlangenlänge weniger stark schwankt)

Begründung warum DCTCP zu bevorzugen ist:

Eine geringe Warteschlangenlänge führt (zu einer geringeren Warteschlangenverzögerung und somit) zu einer geringeren Ende-zu-Ende Latenz.

(ODER: da die Warteschlangenlänge weniger stark schwankt kommt es zu weniger Jitter)

d) Die TCP-Verbindungen  $TCP_A$  und  $TCP_B$  nutzen beide TCP Reno und fließen durch ein gemeinsames Bottleneck. Dabei ist die RTT von  $TCP_A$  deutlich größer als die RTT von  $TCP_B$  ( $RTT_A \gg RTT_B$ ). Welche Aufteilung der Linkkapazität ist zwischen beiden TCP-Verbindungen zu erwarten? Begründen Sie Ihre Antwort.

1,5

*The TCP connections  $TCP_A$  and  $TCP_B$  both use TCP Reno and flow through a common bottleneck. The RTT of  $TCP_A$  is significantly larger than the RTT of  $TCP_B$  ( $RTT_A \gg RTT_B$ ). What is the expected link capacity distribution between the two TCP connections? Give reasons for your answer.*

Erwartete Aufteilung:

$TCP_B$  erhält einen größeren Anteil an der Linkkapazität (im Vergleich zu  $TCP_A$ ), da dessen gesendete Pakete schneller quittiert werden und somit dessen Staukontrollfenster schneller wächst.

e) Nennen Sie ein Staukontrollverfahren aus der Vorlesung, bei dem das Phänomen aus Aufgabe d) nicht auftritt. Begründen Sie Ihre Antwort.

1

*Name a congestion control algorithm from the lecture in which the phenomenon from task d) does not occur. Give reasons for your answer.*

TCP Cubic (oder anderes RTT-unabhängiges Staukontrollverfahren), da dessen Änderung des Staukontrollfensters nur von der vergangenen Zeit seit der letzten Stausituation abhängt (oder mit korrekter Begründung für ein anderes Verfahren als TCP Cubic).