



OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

Fakultät Informatik und Mathematik



Prof. Dr. Waas

**Praktikum zum Fach
Kommunikationssysteme/
Rechnernetze**

Übung

STATISCHES ROUTING MIT CISCO 2901 / 2800

Linux

(Version 07.06.2023 KVM)

1. EINFÜHRUNG

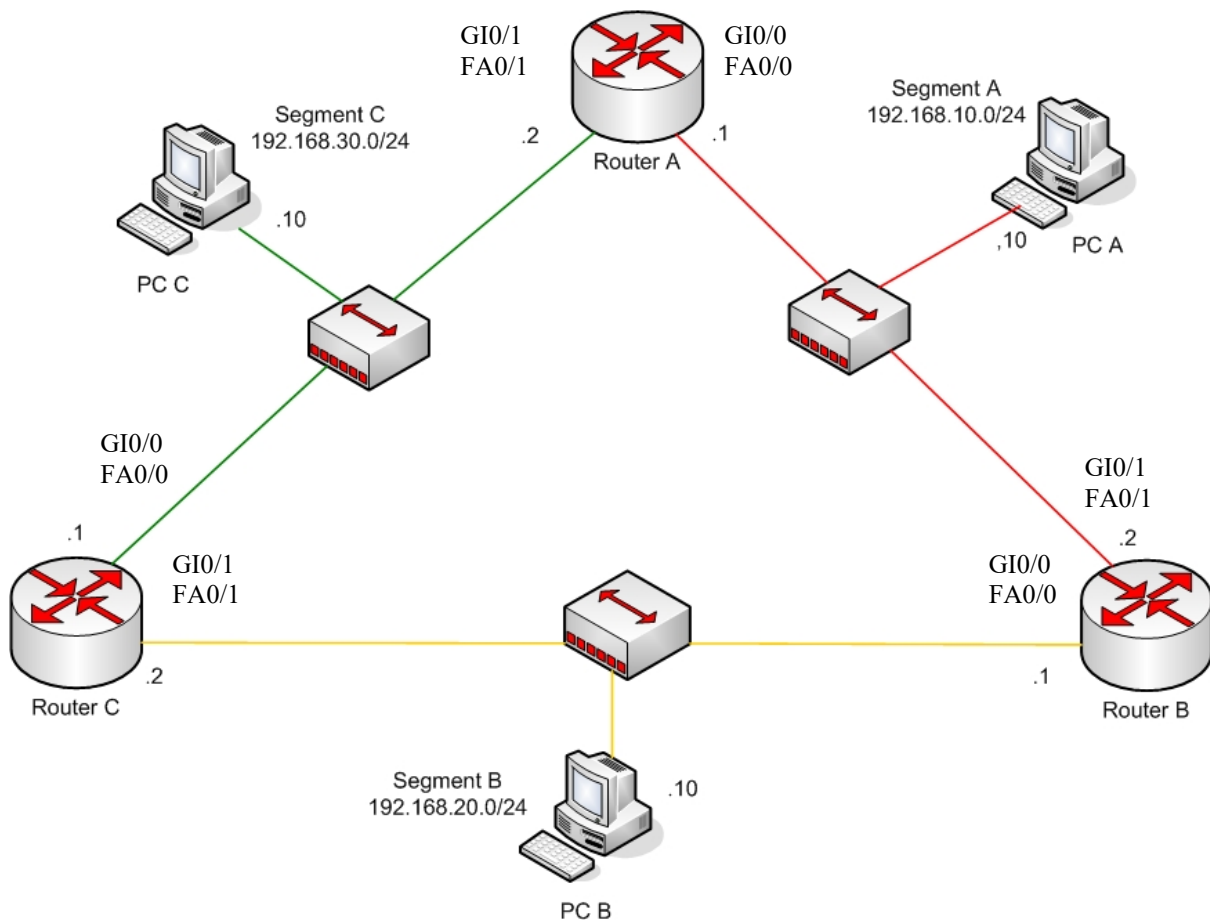
Routing ist ein Verfahren um Wege (Routen) in einem Netzwerk zu ermitteln, entlang denen Daten zwischen Quell- und Zielsystem übertragen werden. Hierbei gilt es immer möglichst optimale Routen zu finden. Im ISO OSI-Modell ist das Routing in der Schicht 3 (Vermittlungsschicht) angesiedelt und ist die Hauptaufgabe der Router.

Die Informationen, die ein Router für das Routen benötigt, werden in Routingtabellen gehalten. Die Erstellung dieser Tabellen kann grundsätzlich manuell oder mit Hilfe von automatisierten Verfahren erfolgen. Statische Routen sind feste Routen, die vom Administrator vor dem Beginn des Routings manuell eingegeben werden. Bei einer Topologie-Änderung im Netzwerk oder auch beim Ausfall eines Routers oder einer Leitung müssen diese manuell angepasst werden. Ziel dieser Übung ist es, die grundlegenden Funktionen eines CISCO-Routers kennenzulernen und anhand eines Beispiels die Konfiguration statischer Routen zu erlernen.

Es werden zwei Typen von Routern eingesetzt (2800 oder 2901) deren Ethernet-Schnittstellen unterschiedliche Namen haben (siehe folgende Tabelle).

Arbeitsplatz	Routertyp	Ethernet 0	Ethernet 1
PC7, PC8, PC9, PC10, PC11	Cisco 2901	GI0/0	GI0/1
PC12	Cisco 2800	FA0/0	FA0/1

Die folgende Grafik zeigt die Übungsumgebung für diese Übung.

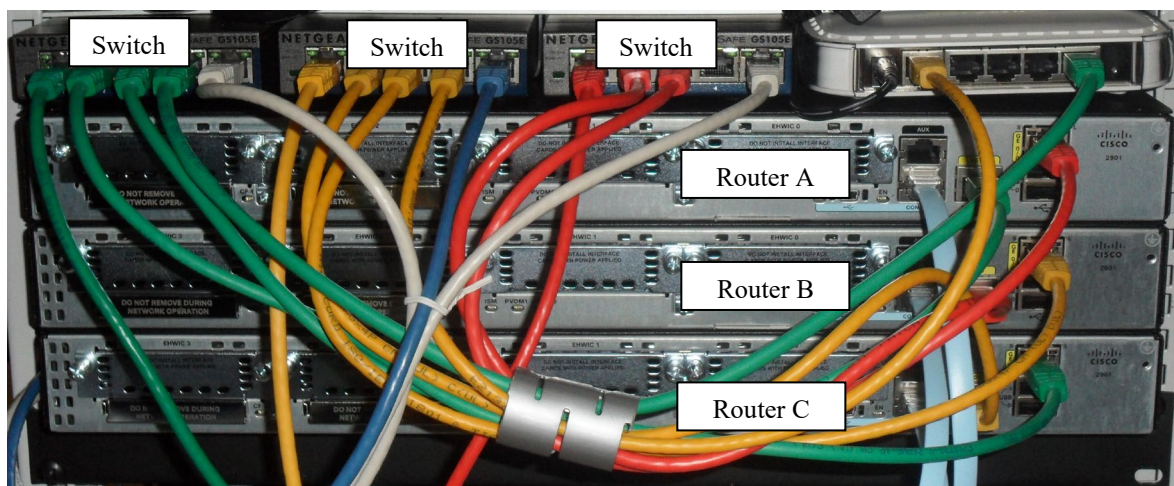


Drei Ethernet-Netze (gelb, grün, rot) sind mit 3 Routern verbunden. In jedem Netz befindet sich ein PC, der über einen Switch zwei Router erreichen kann. Jeder PC ist über eine serielle Leitung (nicht im Bild gezeigt) auf dem Kommandoport jeweils eines Routers verbunden um

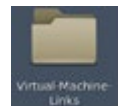
dort Einstellungen machen zu können.

2. VORBEREITUNGEN

- Diese Übung kann nur an den PC-Arbeitsplätzen **PC7 bis PC12** durchgeführt werden. Alle nötigen Router und Switches sind in Racks eingebaut.
- Im Kapitel Troubleshooting am Ende der Übung ist ein Diagramm (Foto), das Ihnen hilft, die Routerarbeitsplätze zu identifizieren.
- Von Ihrem Arbeitsplatz aus sehen sie normalerweise auf die Rückseite der zugeordneten Router, dort wo alle Netzkabel angeschlossen sind.
- Falls Ihr Routersystem nicht eingeschaltet ist (Schalter S0 = ON und S1 = ON), schalten Sie es bitte ein. **Achtung:** Es darf **nicht** die **Steckerleiste S3** eingeschaltet sein.
- Zur Übung brauchen Sie jeweils 3 Router und 3 Switches. Dort sollten die LED an den Netzwerkan Anschlüssen im Laufe der Übung leuchten.



- Öffnen Sie auf dem **Desktop** den Ordner **Virtual Machines Links**. Dort befinden sich Verknüpfungen zu den vorbereiteten virtuellen Maschinen.
- Klicken Sie auf die folgenden Verknüpfungen um die damit verlinkten virtuellen Maschinen zu starten: **PC-A**, **PC-B** und **PC-C**



Beachten Sie die folgenden Hinweise:

- Jedem der virtuellen PCs ist das entsprechende Netzwerk (=LAN) aus der Routerkonfiguration zugeordnet:

virtueller PC	Interface am Labor-PC	LAN
PC-A	IntelPro-oben-rot	Segment-A rot
PC-B	IntelPro-unten-gelb	Segment-B gelb
PC-C	Dlink-untengrün	Segment-C grün

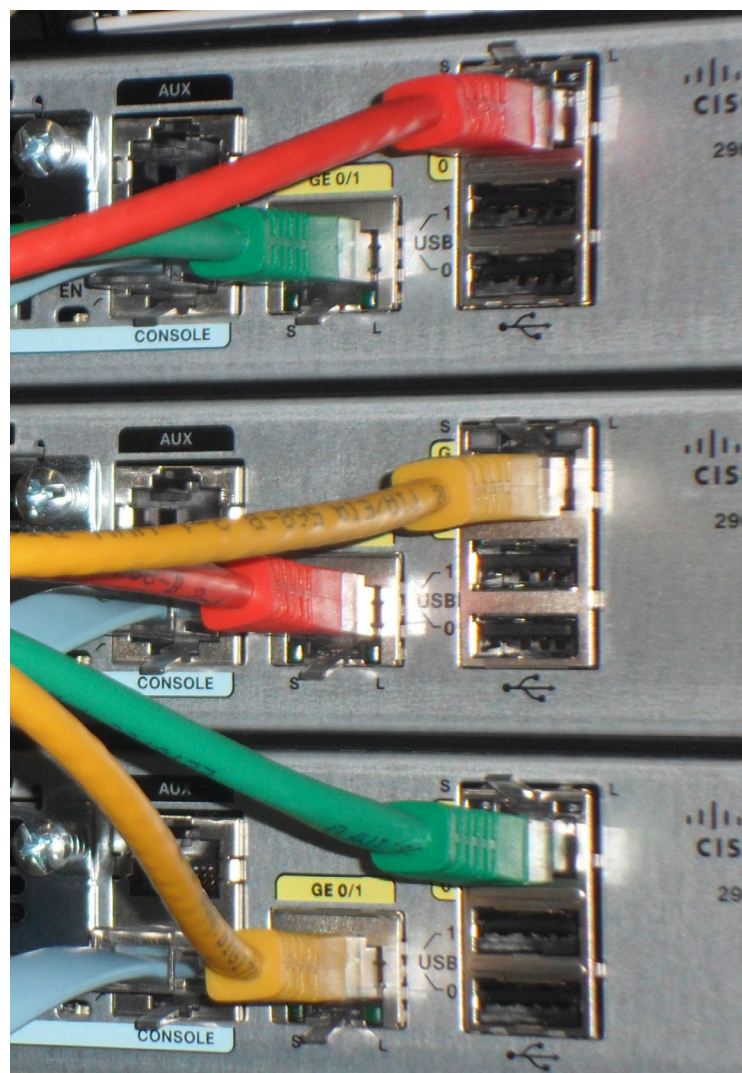
- Die Router werden über serielle Ports konfiguriert. Dazu ist in den virtuellen PC-A PC-B und PC-C die Verknüpfung **Serial port terminal** auf dem Desktop vorbereitet.

Router A Verbindung zu PC-A	Router B Verbindung zu PC-B	Router C Verbindung zu PC-C
 Serial port terminal	 Serial port terminal	 Serial port terminal

- Starten Sie **Serial port terminal** in jedem virtuellen PC (siehe Tabelle oben. Es wird dann ein Terminalfenster geöffnet. Aktivieren Sie das Terminalfenster und drücken Sie die **ENTER-Taste**, damit der Router antwortet.

Hinweis: Cut & Paste funktioniert im Serial port terminal auch.

- ✗ Sollte der Router mit der Meldung RMON geantwortet haben, dann wurde der Router nicht vollständig gestartet, sondern ist im ROM MONITOR stecken geblieben. Geben Sie dann bitte **boot** ein und drücken Sie die **Enter-Taste**. Damit sollte der Bootvorgang des Routers fortgesetzt werden.
- Überprüfen Sie die Anschlüsse der Router anhand des folgenden Bildes. **Stecken Sie niemals selbst irgendwelche Kabel der Übungssysteme um! Rufen Sie dazu die Laboraufsicht!** (entfällt bei Remote Zugang)



3. AUFGABENSTELLUNG

Aufgabe 1: Reset aller Router in den Grundzustand

Je nachdem in welchem Konfigurationszustand sich der einzelne Router befindet, sind die ersten Anzeigen am Terminal unterschiedlich.

a) Der Router ist im Grundzustand. Dann beantworten Sie die im Terminal angezeigte Frage mit **no**. Sie können sofort mit der Übung fortfahren.

```
Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no
Router>
```

b) Im Router befindet sich bereits eine Konfiguration. Darum muss der Router in den Grundzustand versetzt werden. Die folgende Tabelle gibt die Kommandos an, mit denen das getan werden kann. Beantworten Sie die folgenden Dialogfragen wie in der Tabelle angegeben.

```
Router_A> enable
Router_A#> erase startup-config
Router_A#> reload
System configuration has been modified. Save? [yes/no]: no
Proceed with reload? [confirm] y
```

Überprüfen Sie alle Router und versetzen Sie sie in den Grundzustand!

✗ Falls Sie die obigen **Dialoge falsch** beantwortet haben und Sie sind im „Initial Configuration Dialog“ gelandet, können Sie mit mit **STRG C** (bzw. **CTRL C**) abbrechen. Warten Sie 15 Sekunden und drücken Sie dann **ENTER**, bis das **Router>** Prompt erscheint. Dann können Sie die Übung ganz normal fortsetzen.

Aufgabe 2: Befehle des Cisco IOS Betriebssystems und erste Schritte

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Befehle des Cisco IOS Betriebssystems zur Durchführung der Übungsaufgabe. Im Laufe der Übung sollen Sie die passenden Kommandos auswählen und anwenden, um das Netzwerk und die statischen Routen korrekt zu konfigurieren. Es gibt mehrere Kommandoebenen, in denen die Befehle gelten:

- Kommandoebene: #
- Globaler Konfigurationsmodus: (config)
- Konfigurationsmodus für Interface: (config-if)

Durch ein vorangestelltes **no** wird der Befehl negiert bzw. aus der Konfiguration gelöscht.

Befehl	Beschreibung	Mode
Hostname [Routername]	Name für den Router setze	(config)
enable	Wechseln vom User Exec Mode in den Privileged Exec Mode, über den der Router konfiguriert werden kann (es erscheint eine # beim Routername)	#

disable	Verlassen des Privileged Exec Mode	#
configure terminal	Globaler Konfigurationsmodus	#
exit oder end	Globalen Konfigurationsmodus verlassen Interface-Konfigurationsmodus verlassen	(config) (config-if)
no logging console	Systemmeldungen auf dem Terminal unterdrücken	
interface <interfacename>	Zu einem Interface wechseln	(config)
ip address <ip address> <subnetmask>	IP Adresse für das vorher angewählte Interface setzen	(config-if)
no ip address <ip address>	Gesetzte IP-Adresse wieder entfernen	(config-if)
full duplex	Übertragung auf full duplex setzen	(config-if)
half duplex	Übertragung auf half duplex setzen	(config-if)
no shutdown	Aktivieren der Interfaces	(config-if)
shutdown	Interface deaktivieren	(config-if)
show running-config	Aktuelle Konfiguration zeigen (aus dem RAM)	#
ip route <ip> <mask> <nexthop>	Eintrag in die Routingtabelle	(config)
erase startup-config	Löscht die Startkonfiguration (Inhalt des NVRAM)	#

Es werden zwei Typen von Routern eingesetzt (2800 oder 2901) deren Ethernet-Schnittstellen unterschiedliche Namen haben (siehe folgende Tabelle).

Arbeitsplatz	Routertyp	Ethernet 0	Ethernet 1
PC7, PC8, PC9, PC10, PC11	Cisco 2901	GI0/0	GI0/1
PC12	Cisco 2800	FA0/0	FA0/1

Machen Sie sich mit den grundlegenden Cisco-Routerbefehlen vertraut, in dem Sie sich über die show-Kommandos beispielsweise folgende Informationen ausgeben lassen:

- IP-Adressen der verschiedenen Interfaces (**FA0/0, FA0/1, GI0/0 oder GI0/1**)
- ARP-Tabelle
- Statische Routen

*Hinweis: Durch die Eingabe von „?“ erhält man eine Auflistung der Routerbefehle. Auch können dadurch nach Eingabe eines Befehls weitere mögliche Parameter aufgelistet werden:
z.B. Router> show interface ?*

```
Router> enable
Router# show ?
Router# show interfaces
Router# show interface FA0/1          (oder GI0/1)
Router# show arp
Router# show ip route
```

Aufgabe 3: Konfigurieren der Router

Konfigurieren Sie die Interfaces der Router A, B und C nach dem oben abgebildeten Netzplan. Die nötigen Befehle (nur das fettgedruckte) für Router A finden sie in der folgenden Tabelle. Passen Sie die Befehle für die anderen Router entsprechend an.

```
Router_A> enable
Router_A#> config terminal
Router_A(config)# no logging console
Router_A(config)# hostname Router_A

Router_A(config)# interface FA0/0                (oder GI0/0)
Router_A(config-if)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
Router_A(config-if)# no shutdown
Router_A(config-if)# exit

Router_A(config)# interface FA0/1                (oder GI0/1)
Router_A(config-if)# ip address 192.168.30.2 255.255.255.0
Router_A(config-if)# no shutdown
Router_A(config-if)# exit
Router_A(config)# exit

Router_A# show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C 192.168.30.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C 192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

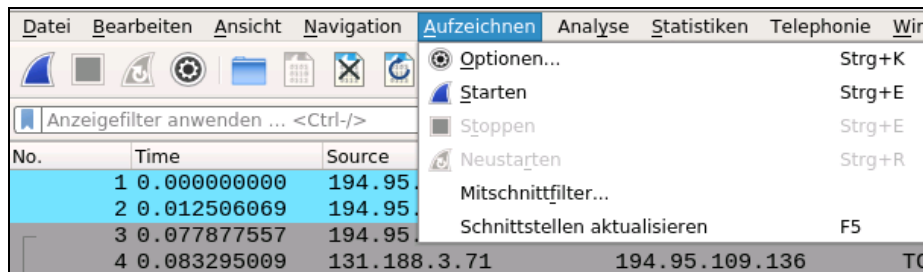
Hinweis: Direkt angeschlossene IP-Netze kommen automatisch in die Routingtabelle am jeweiligen Router. Alle anderen müssen manuell hinzugefügt werden.

- Pingen Sie **von jedem virtuellen PC** jeden Router und jeden anderen virtuellen PC und beobachten Sie wie weit sie kommen. (*Wenn Sie umgekehrt zuerst den PC vom Router aus pingen, funktioniert das gelegentlich nicht*). Notieren Sie sich die Ergebnisse. Machen Sie sich beim Betrachten der Routingtabellen in den Routern klar, warum manche Ziele noch nicht erreichbar sind.
- Konfigurieren Sie die nötigen statischen Routen nach folgenden Vorgaben:
 - **Router A:** Das Netz 192.168.20.0 soll über 192.168.30.1 als NextHop erreichbar sein.
 - **Router B:** Das grüne Netzwerk soll über das rote Netzwerk erreichbar sein.
 - **Router C:** Das rote Netzwerk soll über das gelbe Netzwerk erreichbar sein.

Im folgenden Kasten erfolgt die Konfiguration der statischen Routen für Router A. Analog dazu müssen Sie auch die statischen Routen, laut den obigen Vorgaben, in den Routern B und C anpassen und eintragen.

```
Router_A> enable
Router_A# config terminal
Router_A(config)# ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 192.168.30.1
Router_A(config)# exit
Router_A# show ip route
```

- Pingen Sie nun noch einmal alle Systeme und beobachten Sie das Ergebnis. Evtl. sind Ihre Routingtabellen noch nicht vollständig.
- Starten Sie auf dem lokalen Labor-PC das Programm **Wireshark**
- Öffnen Sie das **Aufzeichnen Menü** und wählen Sie **Optionen...** aus.

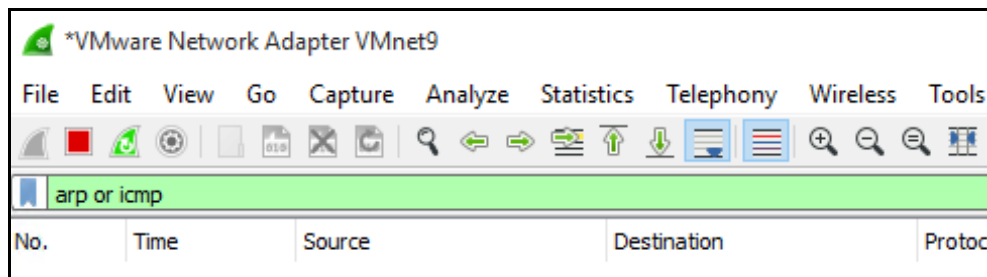


- **MESSUNG SEGMENT A:** Wählen Sie Interface **IntelPro-oben-rot** aus und klicken Sie auf den **Start-Button**. Damit kann Wireshark auf dem Subnetz 192.168.10.0 (IPv6: fd00:0:0:10::) alle Datenpakete sehen und aufzeichnen.
- **MESSUNG SEGMENT B:** Starten Sie das Programm Wireshark noch einmal. Öffnen Sie dort das **Aufzeichnen Menü** und klicken Sie auf **Optionen**. Wählen Sie diesmal das Interface **IntelPro-unten-gelb** aus und klicken auf den **Start-Button**. Damit kann der zweite Wireshark im Subnetz 192.168.20.0 (IPv6: fd00:0:0:20::) alle Datenpakete sehen und aufzeichnen.
- **MESSUNG SEGMENT C:** Starten Sie das Programm Wireshark ein drittes Mal. Öffnen Sie dort das **Aufzeichnen Menü** und klicken Sie auf **Optionen**. Wählen Sie diesmal das Interface **Dlink-untengrün** aus und klicken auf den **Start-Button**. Damit kann der dritte Wireshark im Subnetz 192.168.30.0 (IPv6: fd00:0:0:30::) alle Datenpakete sehen und aufzeichnen.

In der folgenden Übung sollen Sie mit den Wireshark Programmen alle Netzwerke (Subnetze) beobachten und die aufgezeichneten Daten interpretieren.

- Machen Sie sich klar, welchen Weg ein Ping Request bzw. Ping Reply nimmt. Stellen Sie in allen Wireshark als Display-Filter **arp or icmp** ein

Beispiel: Beobachten Sie auf allen drei PC einen Ping von PC-A zu PC-B.



Achtung: Um bei Switches etwas messen zu können, muss die sog. **Port-Mirror Funktion (Port-Spiegelung)** verwendet werden. Durch die Verwendung von Port-Spiegelung kann es manchmal zu Verdopplungen der gemessenen Pakete kommen. Das ist normal und leider nicht zu verhindern, hat aber i.A. keinen Einfluss auf die Übung.

Es wird der Switchport gespiegelt, an dem der jew. Router mit dem Interface FA0/0 bzw. GI0/0 angeschlossen ist.

Spiegeln bedeutet, dass alle Pakete am Spiegel-Port auf den Port des PCs kopiert werden, eingehende und ausgehende.

Aufgabe 4: Fehlersimulation im Netzwerk

Was passiert, wenn die Route zwischen Router C und dem Switch in Segment C ausfällt? Simulieren Sie diesen Fall, indem Sie den Port **FA0/0 bzw. GI0/0 des Routers C** abschalten. **Keine Kabel abstecken!!**

```
Router_C# config terminal
Router_C(config)# interface FA0/0           (oder GI0/0)
Router_C(config-if)# shutdown
Router_C(config-if)# exit
Router_C(config)#exit
Router_C# show ip route
```

Die Verbindung zwischen Router C und dem Switch ist nun durch die obige Konfiguration unterbrochen (so als ob das Kabel abgezogen wäre). Lösen Sie dieses Problem, das durch die Unterbrechung der Verbindung entstanden ist, durch entsprechende Konfiguration der Routingtabellen in den Routern, damit **PC-C** wieder alle Ziele im Netz erreichen kann. Der Port FA0/0 bzw. GI0/0 in Router C bleibt dabei ausgeschaltet.

```
Router_A# config terminal
Router_A(config)# no ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 192.168.30.1
Router_A(config)# ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 . . . . .
Router_A(config-if)# exit
Router_A# show ip route
```

Bitte berücksichtigen Sie, dass nun Router C das Subnetz 192.168.30.0 /24 nur noch über Router B und Router A erreichen kann.

Passen Sie auch das Defaultgateway in PC-C an! Öffnen Sie dazu die Eingabeaufforderung/Terminal in PC-C und geben Sie die nötigen Kommandos ein. Die folgende Liste zeigt Ihnen Kommandos, die dafür in Frage kommen können.



ip route	Routen zeigen
sudo route del -net 0.0.0.0 gw 192.168.30.1 netmask 0.0.0.0	Route löschen
sudo route add -net 0.0.0.0 gw 192.168.x.x netmask 0.0.0.0	Route hinzufügen

Aufgabe 5: Abschließende Fragen

- ☒ Was müsste geändert werden, wenn bei Aufgabe 4 an Router C an Stelle von GI0/0 (bzw FA0/0) das Interface **GI0/1** (bzw. **FA0/1**) ausfallen würde?
- ☒ Wie würden die Konfigurationen aussehen, wenn 4 Router in einem Quadrat miteinander verbunden wären?
- ☒ Wie viele zusätzliche statische Routingeinträge bräuchte man in jedem Router, wenn man ein Netzwerk aus 10 Subnetzen hat, und jeder Router genau zwei Interfaces hat?
- ☒ Welche Vor- und Nachteile bietet statisches Routing im Gegensatz zum Dynamischen Routing? Wann sollte welche Form eingesetzt werden?
- ☒ Warum wird obwohl in Routingtabellen nur mit Netzwerkadressen gearbeitet wird trotzdem ein Zielhost erreicht?
- ☒ Was bedeuten die folgenden Einträge der Routingtabelle

```
S    192.168.10.0/24 [1/0] via 192.168.20.1
C    192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet1
```

4 ENDE DER ÜBUNG

- Beenden Sie alle **Programme** und **virtuelle Maschinen**! Im Rahmen der Übung an Ihrem Arbeitsplatz erzielte Messergebnisse können Sie im Labor auf Ihren Memorystick zur späteren Nachbearbeitung abspeichern. Gewonnene sicherheitsrelevante Informationen insbesondere Passwörter, dürfen nicht weitergegeben oder unbefugt verwendet werden. Geht leider nicht im Remotebetrieb.
- **Loggen** Sie sich aus dem Labor-PC **aus**!
- Lassen Sie den PC weiterlaufen. Er wird automatisch ausgeschaltet.

Bitte hinterlassen Sie Ihren Arbeitsplatz in ordentlichem Zustand!

Entsorgen Sie Mitgebrachtes selbst!

Schieben Sie den Stuhl an den Tisch!

ANHANG: ROUTERSCRIPTS FÜR CUT&PASTE

Für Router Cisco 2800 mit FA-Interface

Router A

```
enable
config terminal
no logging console
hostname Router_A
interface FA0/0
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
no shutdown
exit
interface FA0/1
ip address 192.168.30.2 255.255.255.0
no shutdown
exit
ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 192.168.30.1
exit
show ip route
```

Router B

```
enable
config terminal
no logging console
hostname Router_B
interface FA0/0
ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
no shutdown
exit
interface FA0/1
ip address 192.168.10.2 255.255.255.0
no shutdown
exit
ip route 192.168.30.0 255.255.255.0 192.168.10.1
exit
show ip route
```

Router C

```
enable
config terminal
no logging console
hostname Router_C
interface FA0/0
ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
no shutdown
exit
interface FA0/1
ip address 192.168.20.2 255.255.255.0
no shutdown
exit
ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 192.168.20.1
exit
show ip route
```

Für Router 2901 mit GI-Interface

Router A

```
enable
config terminal
no logging console
hostname Router_A
interface GI0/0
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
no shutdown
exit
interface GI0/1
ip address 192.168.30.2 255.255.255.0
no shutdown
exit
ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 192.168.30.1
exit
show ip route
```

Router B

```
enable
config terminal
no logging console
hostname Router_B
interface GI0/0
ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
no shutdown
exit
interface GI0/1
ip address 192.168.10.2 255.255.255.0
no shutdown
exit
ip route 192.168.30.0 255.255.255.0 192.168.10.1
exit
show ip route
```

Router C

```
enable
config terminal
no logging console
hostname Router_C
interface GI0/0
ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
no shutdown
exit
interface GI0/1
ip address 192.168.20.2 255.255.255.0
no shutdown
exit
ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 192.168.20.1
exit
show ip route
```