

06 Routing

1 Thema des Praktikums

In diesem Praktikum wird mit statischem IP-Routing ein Netzwerk mit mehreren Subnetzen eingerichtet.

Die Schwerpunkte sind:

- Manuelle IP-Konfiguration von Hosts unter Linux
- Subnetting: Berechnung von Subnetzadressen und Subnetzmasken
- Einrichten der Subnetze und statischer Routen unter Linux
- Einrichten von statischen Routen unter Cisco IOS
- Erproben verschiedener Routing-Varianten

Ziel ist das Erlernen der statischen Netzwerkkonfiguration durch die Anwendung von Linux- und Cisco/IOS-Befehlen sowie das Vorgehen bei der Fehlersuche.

2 Vorbereitung

2.1 Linux Befehle zur Konfiguration von IPv4-Adressen und -Routen

In diesem Versuch werden Sie unter Linux IPv4-Adressen und IPv4-Routen konfigurieren. Machen Sie sich zudem mit den entsprechenden Linux-Befehlen vertraut.

- Studieren Sie zum Linux Befehl `ip` (siehe) die folgenden Subkommandos und beantworten Sie die untenstehenden Fragen:

```
ip link
ip address
ip route
```

Q01 Welchem OSI-Layer sind die folgenden Befehle zuzuordnen und was bewirken sie?

```
ip link set dev lan2 up
```

bringt der lan2 online

1/2

```
ip address flush dev lan2
```

löscht alle Adressen von der lan2

3

```
ip address add 160.85.11.111/24 broadcast + dev lan2
```

fügt Adresse bei broadcast und der lan2 hinzu

3

Q02 Wie lautet die Netzadresse, die mit dem obigen Befehl dem Interface lan2 zugewiesen wird?

160.85.11.0/24

Q03 Welche Broadcast-Adresse wird mit dem obigen Befehl dem Interface lan2 zugewiesen?

160.85.11.255

Q04 Was bewirkt der folgende Befehl?

```
ip route add default via 160.85.11.1
```

Alle Pakete, für die keine spezifischere Route in der Routing-Tabelle vorhanden ist (d.h., Pakete mit einem Ziel außerhalb des lokal verbundenen Netzwerks), werden über das Gateway mit der IP-Adresse 160.85.11.1 weitergeleitet.

Q05 Für welche Netzadresse und Präfixlänge steht «default»? Fragen Sie im Zweifelsfall ChatGPT!

0.0.0.0/0

Q06 Vertrauen Sie ChatGPT? Zeigen Sie, dass dieser Eintrag in der Routing Tabelle ein korrekter Eintrag für jede beliebige IP-Adresse ist!

Die Netzadresse 0.0.0.0 repräsentiert alle möglichen IP-Adressen. Die Präfixlänge /0 bedeutet, dass keiner der Bits in der IP-Adresse zur Identifizierung des Netzwerks verwendet wird. Mit anderen Worten, 0.0.0.0/0 umfasst alle möglichen IP-Adressen von 0.0.0.0 bis 255.255.255.255, was die gesamte IPv4-Adressbereich abdeckt.

2.2 Statische Host-Konfiguration unter Linux

Im ersten Teil dieses Versuchs sollen die Hosts A, B und C für das Subnetz «Wien» eingerichtet werden (siehe [Abbildung 1](#)). Die Netze sind an den Standorten Winterthur (WIN) und Zürich (ZH) unterschiedlich:

Winterthur: 160.85.17.0/27

Zürich: 160.85.19.0/27

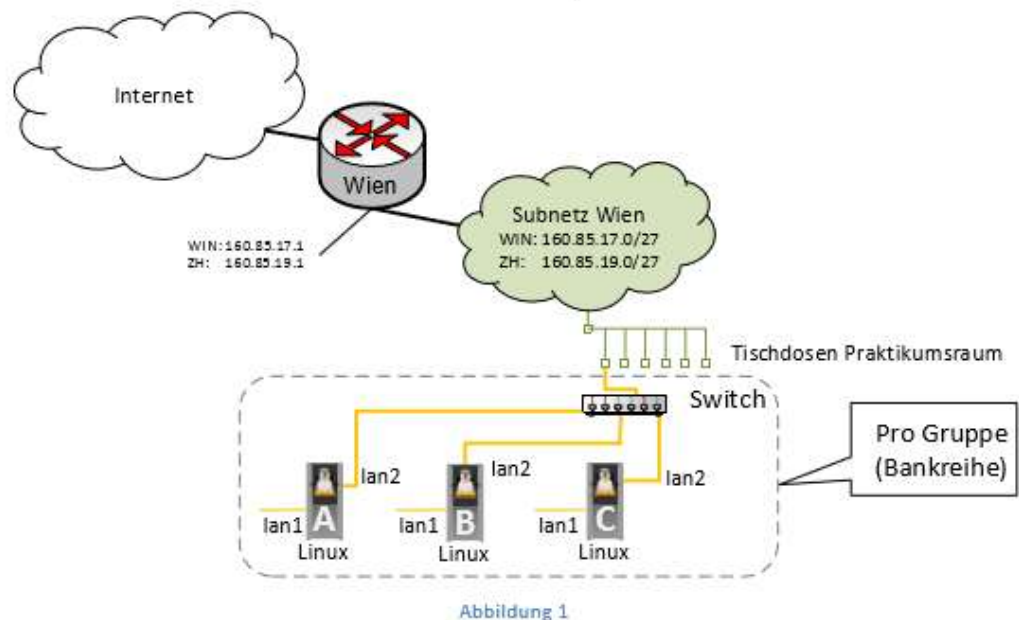


Abbildung 1

Um im Praktikum Adresskonflikte zu vermeiden, soll für das letzte Byte der IP-Adressen die Arbeitsplatznummer + 1 verwendet werden (siehe Plan im Anhang).

Q07 Füllen Sie in [Tabelle 1](#) für die drei Hosts A, B und C je die IP-Adresse, die Broadcastadresse sowie die IP-Adresse des Default-Routers aus.

Beispiel für Gruppe1, mittlerer Arbeitsplatz (Nr. 2) in Winterthur → 160.85.17.3.

Gruppe:	Host A (links)	Host B (mitte)	Host C (rechts)
IP-Adresse	160.85.17.2	160.85.17.3	160.85.17.4
Broadcast- Adresse (Präfixlänge /27)	160.85.17.31		
IP-Adresse des Default-Routers	160.85.17.1		

Tabelle 1

2.3 Subnetting und Subsubnetting

In diesem Teil des Praktikums werden Sie sich mit der Unterteilung eines Netzes in kleiner Subnetze beschäftigen.

Die ZHAW ist verantwortlich für 2 IPv4-Adressbereiche. Die Verwaltung der IPv4 Adressen für Europa liegt beim RIPE Network Control Center (<https://www.ripe.net/>). Dort können zugewiesene IPv4 Adressbereiche abgefragt werden.

Q08 Finden Sie heraus, für welche Adressbereiche die ZHAW registriert ist. Wie viele IPv4 Adressen sind dies insgesamt?

160.85.0.0 - 160.85.255.255
193.5.54.0 - 193.5.55.255

$$256 \cdot 256 + 2 \cdot 256 = 66'048$$

In diesem Praktikum verwenden wir folgende Subnetze aus den obigen Adressbereichen:

Winterthur: 160.85.17.0/24

Zürich: 160.85.19.0/24

Die Netze oben sind in Winterthur und Zürich jeweils mit dem Router «Wien» und über diesen mit dem Internet verbunden. Für die Versuche wird das angegebene Subnetz noch weiter unterteilt (**Abbildung 2**).

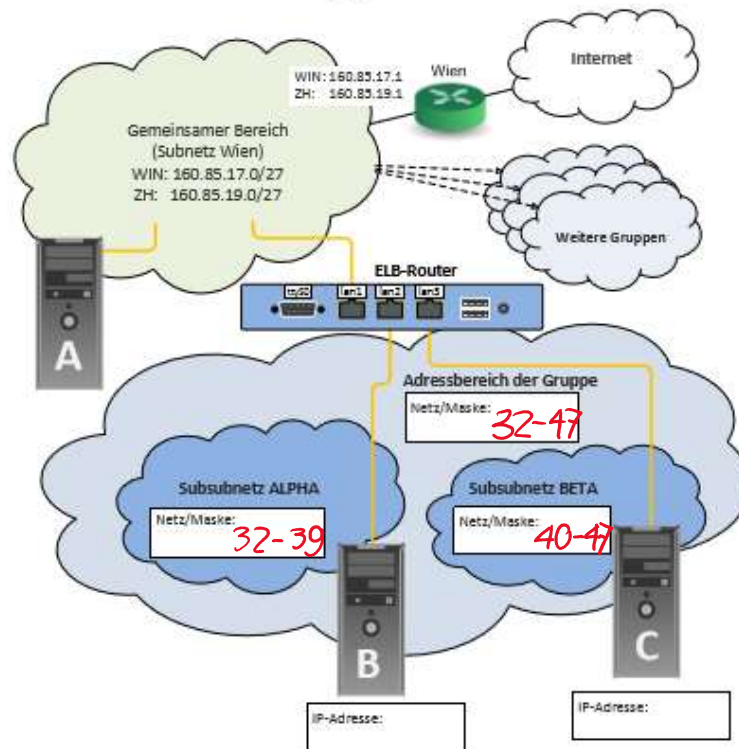


Abbildung 2

Als Router zur Anbindung der Subsubnetze werden Embedded Linux Boxen (ELBs) verwendet, und die Adressen und Netze werden abhängig von ihrer Gruppennummer (siehe Plan im Anhang) wie folgt gewählt:

- Die niedrigsten 32 Adressen werden von allen Gruppen gemeinsam verwendet, dies ist der gemeinsame Adressbereich (in **Abbildung 2** und **Abbildung 3** grün dargestellt). Jeder Gruppe sind in diesem Bereich zwei Adressen zugeordnet.

- Der restliche Adressraum wird so in Subsubnetze unterteilt, dass jede Gruppe 16 IP-Adressen erhält. Direkt anschliessend an den gemeinsamen Bereich kommt der Bereich von Gruppe 1, dann der für Gruppe 2 usw.
- Das Subsubnetz Ihrer Gruppen wird nochmals weiter in zwei Subsubsubnetze ALPHA und BETA unterteilt. Wählen Sie hierfür geeignete Netzgrössen, so dass in ALPHA und BETA mindestens zwei Rechner angeschlossen werden können.

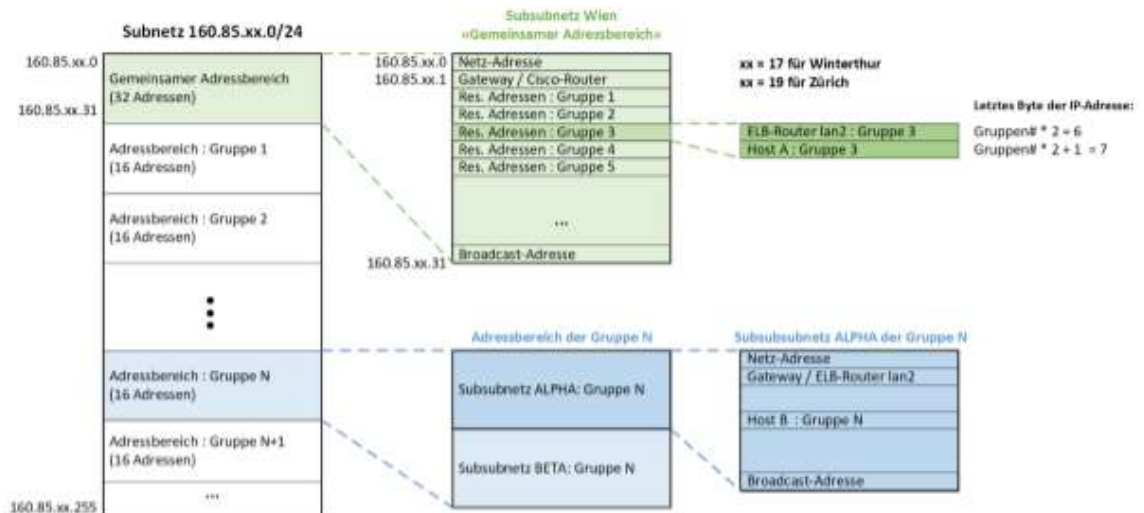


Abbildung 3: Beispiel der Adresszuordnung für Gruppe N

Q09 Was ist die Länge des Netzpräfix für den gemeinsamen Arbeitsbereich «Wien» (32 Adressen) und wie lautet die zugehörige Netzmaske?

27 255.255.255.224

Q10 Wie lang ist das Netzpräfix des Adressbereiches ihrer Gruppe und wie lauten die zugehörige Netzmasken?

28 255.255.255.240

Q11 Wie lang ist das Netzpräfix der Subsubsubnetze ALPHA und BETA, und wie sind die zugehörige Netzmasken?

29 255.255.255.248

- Tragen Sie für den gemeinsamen Adressbereich aus **Abbildung 3** die Angaben Ihrer Gruppe in **Tabelle 2** ein:

Netzadresse (a.b.c.d/n):	160.85. 17.0/27	Gemeinsamer Arbeitsbereich
IP Adresse des Gateways / Cisco-Routers:	160.85. 17.1	
IP Adresse des ELB-Router-Interface lan1. Das letzte Adress-Byte wird berechnet als: Gruppen# * 2:	160.85. 17.2	
IP Adresse von Host A. Das letzte Adress-Byte wird berechnet als: Gruppen# * 2 + 1:	160.85. 17.3	
Broadcast-Adresse:	160.85. 17.31	

Tabelle 2: Subnetz für den gemeinsamen Adressbereich

- Tragen Sie die Angaben für den reservierten Bereich Ihrer Gruppe und für die beiden von Ihnen festgelegten Subsubsubnetze Alpha und Beta in **Tabelle 3** ein. Verwenden Sie **Abbildung 3** und die in der Vorlesung vermittelten Regeln zur Bestimmung der Adressbereiche.
- Legen Sie für die ELB-Router-Interfaces lan2 und lan3 passende IP-Adressen fest. Typischerweise wird die niedrigste Interface-Adresse im Subnetz für den Gateway verwendet.
- Legen Sie für die beiden Hosts B und C eine beliebige freie Adresse im entsprechenden Subnetz fest.

Netzadresse des Gesamtbereichs der Gruppe (a.b.c.d/xx):	160.85. 17.32/28	Adressbereich der Gruppe
Broadcast-Adresse:	160.85. 17.47	
Netzadresse ALPHA (a.b.c.d/xx):	160.85. 17.32/29	Subsubnetz Alpha
IP Adresse ELB-Router lan2 (GW):	160.85. 17.33	
IP Adresse Host B :	160.85. 17.34	
Broadcast-Adresse:	160.85. 17.39	
Netzadresse BETA (a.b.c.d/xx):	160.85. 17.40/29	Subsubnetz Beta
IP Adresse ELB-Router lan3 (GW):	160.85. 17.41	
IP Adresse Host C :	160.85. 17.42	
Broadcast-Adresse:	160.85. 17.47	

Tabelle 3: Subsubnetze der Gruppe

- Zeigen Sie diese Vorbereitungen dem Praktikumsbetreuer.



3 Versuchsdurchführung: Statische Host-Konfiguration unter Linux

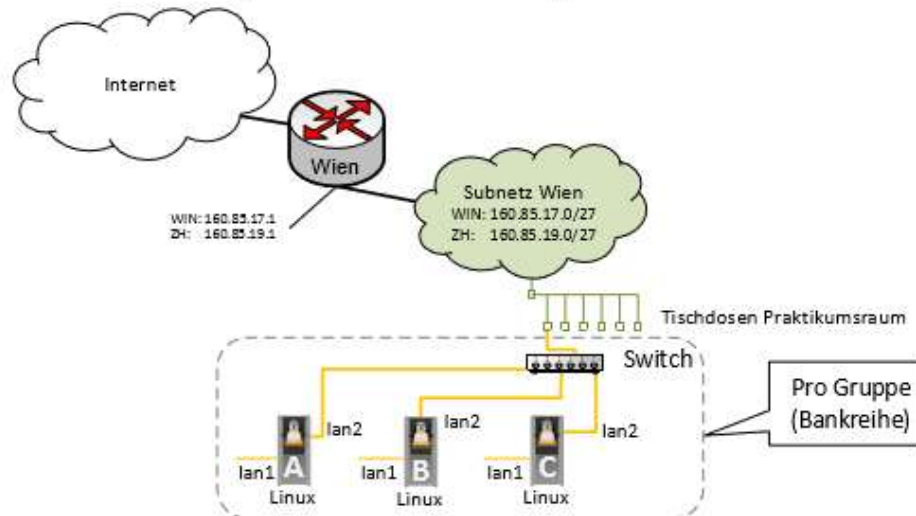


Abbildung 4

- Bauen Sie die Versuchsanordnung gemäss **Abbildung 4** auf.
- Trennen Sie die drei Hosts A, B und C vom ZHAW LAN (lan1) und starten Sie die Rechner unter Linux.
- Öffnen Sie auf jedem Rechner ein Terminal und setzen Sie die Benutzereinstellungen mit dem Skript `reset-kt-home` zurück.
- Um Störungen zu vermeiden, schalten Sie lan1 ab, entfernen alle Adressen und Routen:


```
ip link set dev lan1 down
ip address flush dev lan1
ip route flush dev lan1
```
- Konfigurieren Sie die Hosts A, B und C gemäss **Tabelle 1** mit Hilfe der folgenden Befehle:


```
ip link set der lan2 up (Interface lan2 aktivieren, s. Vorbereitung)
ip address flush der lan2 (vorhandene IP Adressen entfernen, s. Vorbereitung)
ip route flush der lan2 (vorhandene Einträge in der Routing Tabelle entfernen)
ip address add 160.85.xxx.yyy/27 broadcast + dev lan2
```

 Überprüfen Sie die Konfiguration der Interfaces mit dem Befehl:


```
ip address show lan2
```
- Schauen Sie sich auf einem der Hosts die Routing-Tabelle an:


```
ip route show
```

Q12 Sie sehen einen Eintrag in der Routing Tabelle. Wodurch wurde dieser erzeugt?

automatisch im Hintergrund erstellt bei "ip address add ..."

- Q13 Prüfen Sie mit dem `ping` Befehl die Erreichbarkeit der eigenen Adresse, des Routers Wien und der anderen Rechner und vermerken Sie dies in **Tabelle 4** z.B. mit «OK» für erreichbar.

Von: \ Nach:	Router Wien	Host A	Host B	Host C	Internet (8.8.8.8)
Host A	✓	✓	✓	✓	
Host B	✓	✓	✓	✓	
Host C	✓	✓	✓	✓	

Tabelle 4

- Q14 Welche Ziele sind nicht erreichbar? Wie lautet die Fehlermeldung?

Internet : "Network is unreachable"

- Q15 Was fehlt, dass diese Hosts erreicht werden können?

default

- Q16 Wie lautet der Befehl, der das korrigiert? (siehe auch Vorbereitung)

ip route add default via 160.85.17.1

- Wiederholen Sie den Versuch für die nicht erreichbaren Ziele. ✓

- Q17 Wie sieht der Eintrag der Default-Route in der Routing-Tabelle aus?

default via 160.85.17.1 der lan2



Zeigen Sie diese Resultate dem Praktikumsbetreuer.

4 Versuchsdurchführung: Statisches Routing unter Linux

- Bauen Sie die Versuchsanordnung gemäss [Abbildung 5](#) auf. Halten Sie die in der Vorbereitung von Ihnen festgelegten IP-Adressen und Netzmasken bereit oder tragen Sie sie in [Abbildung 5](#) nochmals ein.

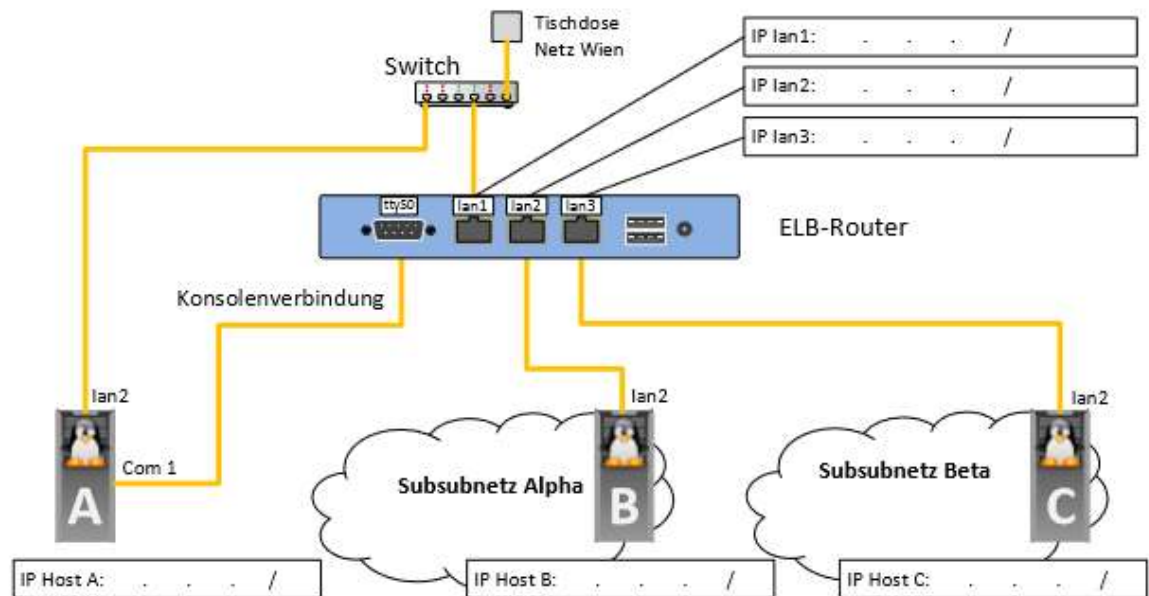


Abbildung 5

- Löschen Sie zunächst vorhandene Konfigurationen auf den Hosts A, B und C:

```
ip route flush default
ip address flush dev lan2
```

Konfiguration von Host A:

- Konfigurieren Sie auf Host A die IP-Adresse gemäss [Tabelle 2](#) (Achtung: Subnetzmaske!)
- Erstellen Sie auf dem Host A einen Default-Route-Eintrag zum Router Wien.
- Kontrollieren Sie mit `ip route show` die beiden Routing-Einträge.

Konfiguration der Subsubnetze

Wir konfigurieren das Netz Bottom-Up, das heisst wir beginnen mit den Subsubsubnetzen ALPHA und BETA.

- Konfigurieren Sie die IP-Adresse und den Default-Gateway auf den Hosts B und C gemäss [Tabelle 3](#).
- Öffnen Sie auf Host A eine Konsolenverbindung (`putty`) zum ELB-Router.
- Aktivieren Sie auf dem ELB-Router die Interfaces lan2 und lan3 (`ip link set dev lan2/3 up`).
- Setzen Sie die IP-Adressen der Interfaces lan2 und lan3 gemäss [Tabelle 3](#).
- Kontrollieren Sie mit `ip route show` die Routing-Einträge für beiden Netze.
- Prüfen Sie die Verbindungen zwischen den Subsubnetzen schrittweise mit dem `ping` Befehl:

1: Host B → ELB/lan2 ✓	2: Host B → ELB/lan3 ✓	3: Host B → Host C ✓
und		
1: Host C → ELB/lan3 ✓	2: Host C → ELB/lan2 ✓	3: Host C → Host B ✓

Hinweis: Falls die Routen richtig sind und die Verbindung nicht funktioniert, könnte die IP-Weiterleitung auf der ELB ausgeschaltet sein (Default-Einstellung):

- Kontrollieren Sie den Systemparameter für die IP-Weiterleitung (1 = Enabled, 0 = Disabled):

```
cat /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
```

- Schalten Sie nötigenfalls die IP-Weiterleitung ein:

```
sudo -s
```

```
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
```

Q18 Geht die Verbindung zwischen den Hosts B und C? Warum ist die Grundeinstellung `ip_forward=0` sinnvoll?

• Ja

• aus Sicherheitsgründen

4.1 Konfiguration und Test des gemeinsamen Subnetzes

- Konfigurieren Sie auf dem ELB-Router die Adresse des Interface `lan1` gemäss [Tabelle 2](#) sowie den Default-Route-Eintrag zum übergeordneten Router Wien.

Anmerkung: Das Interface `lan1` muss zunächst aktiviert werden.

Q19 Kann der ELB-Router das Internet, also z.B. den Host 8.8.8.8, bereits erreichen?

ja

- Erstellen Sie einen Route-Eintrag auf dem Host A, damit die Kommunikation mit den Hosts B und C möglich ist (flaches Routing) und testen Sie die Funktion. Verwenden Sie dazu den folgenden Befehl:

```
ip route add Subnetzadresse/Präfixlänge via Gatewayadresse
```

Q20 Wie sehen der Befehl und der resultierende Routing-Eintrag konkret aus?

`ip route add 160.85.17.32/28 via 160.85.17.2`

`160.85.17.32/28 via 160.85.17.2 dev lan 2`

Q21 Prüfen Sie mit dem `ping` Befehl die Erreichbarkeit der Hosts untereinander, zum Router Wien und ins Internet und vermerken Sie dies in [Tabelle 5](#) z.B. mit «OK» für erreichbar.

	Nach:	Router Wien	Host A	Host B	Host C	Internet (8.8.8.8)
Von:						
Host A		✓	✓	✓	✓	✓
Host B			✓	✓	✓	
Host C			✓	✓	✓	
ELB		✓	✓	✓	✓	✓

Tabelle 5

Q22 Haben Sie eine Erklärung für die Fälle, in denen keine Konnektivität gegeben ist? (Verwenden Sie gegebenenfalls Wireshark auf Host A, um den Verkehr zu beobachten). Auf welchen Geräte(n) Geräten muss die Konfiguration noch erweitert werden?

- Subnetze \leftrightarrow Wien fehlt
- Router Wien muss erweitert werden

Konfiguration des übergeordneten Cisco-Routers (Wien)

Es soll nun die Verbindung der Subsubnetze zum Internet hergestellt werden. Im Folgenden erfolgt die Konfiguration mit Hilfe des Cisco-IOS (Cisco Befehlssatz).

Achtung: Informieren Sie die anderen Gruppen, dass Sie an der Konfiguration Änderungen vornehmen wollen. Idealerweise sollte dies immer nur eine Person gleichzeitig konfigurieren, da Fehler die anderen Gruppen behindern könnten.

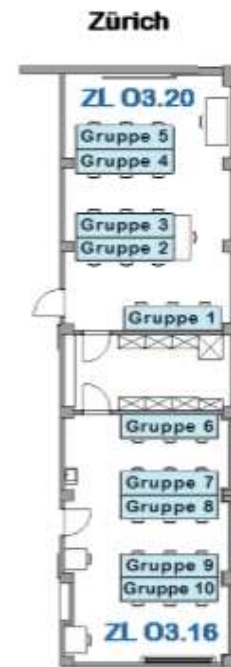
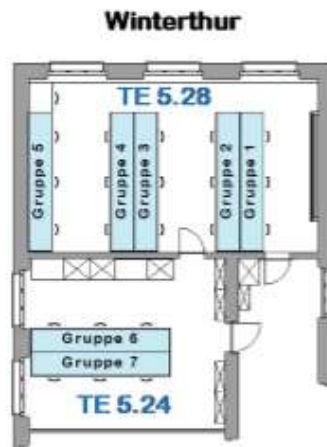
Bitte entfernen Sie am Ende des Versuchs Ihre Einträge wieder!

- Verbinden Sie sich vom Rechner A via Telnet-Programm mit dem Router *Wien*.
`telnet 160.85.17.1` (Winterthur) oder `telnet 160.85.19.1` (Zürich)
- Loggen Sie sich mit dem Passwort **KT-Labor** ein. Sie sollten einen Prompt bekommen.
`wien-te>`
 Mit dem Befehl *enable* loggen Sie sich als Administrator ein (Passwort **KT-Labor**). Sie bekommen einen neuen Prompt (`wien#`) als Rückmeldung, dass Sie zum Konfigurieren berechtigt sind.
`wien-te> enable`
`wien-te#`
- Studieren Sie die Routing-Tabelle
`wien-te# show ip route`
`wien-te# show ip route static`
- Gehen Sie in den Konfigurationsmodus.
`wien-te# configure terminal`
- Geben Sie die Route für Ihre Subsubnetze ein (Route via *lan1* Ihres ELB-Routers).
`wien-te(config)# ip route Subnetz-Adr Subnetz-Maske Router-Adr`
- Routen entfernen können Sie mit dem folgenden Befehl.
`wien-te(config)# no ip route Subnetz-Adr Subnetz-Maske`
- Verlassen Sie den Konfigurationsmodus, kontrollieren Sie die Routing-Tabelle und beenden Sie dann die Session.
`wien-te(config)# exit`
`wien-te# show ip route`
- Testen Sie die Verbindungen von den Hosts A, B, und C untereinander und zu verschiedenen Hosts im ZHAW-Netz sowie zu Hosts ausserhalb (z.B. 8.8.8.8).



- **Präsentieren Sie Ihre Konfiguration dem Praktikumsbetreuer.**

- **Entfernen Sie Ihre Einträge auf den Router Paris wieder.**
`wien# configure terminal`
`wien(config)# no ip route Subnetz-Adr Subnetz-Maske`
`wien(config)# exit`
`wien# show ip route`
`wien# logout`

ANHANG A**Anordnung der Gruppen****Nummerierung der Arbeitsplätze**