

07 Routing

1 Thema des Praktikums

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

Die Schwerpunkte sind:

- Konfigurieren von Hosts unter Linux
- Berechnung der Subnetz- und Subnetzmasken
- Einrichten der Subnetze unter Linux
- Einrichten der 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 Vorbereitung: Statische Host-Konfiguration unter Linux

In diesem Versuch sollen die Hosts A, B und C für die Subnetze „Wien“ und „Paris“ eingerichtet werden. Da wir mit öffentlichen IP-Adressen arbeiten, müssen an den Labor-Standorten Winterthur (WIN) und Zürich (ZH) unterschiedliche Netze verwendet werden (siehe [Abbildung 1](#)).

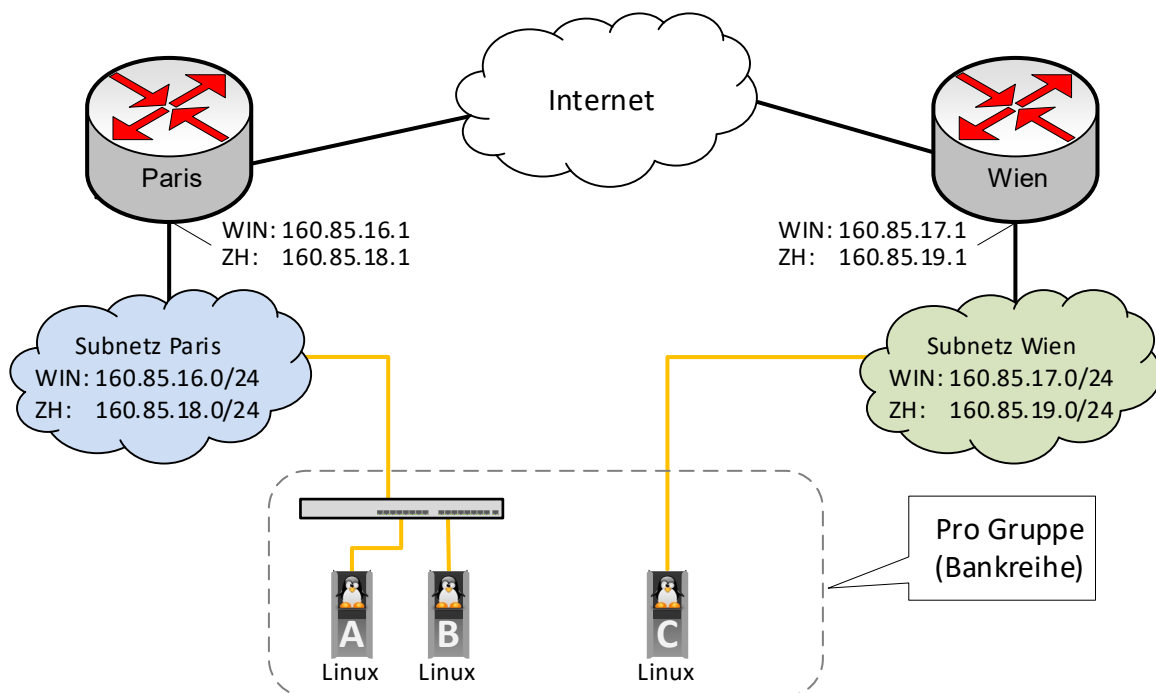


Abbildung 1

Um im Praktikum Adresskonflikte zu vermeiden, soll für das letzte Byte der IP-Adressen die Arbeitsplatznummer + 10 verwendet werden (siehe Plan im Anhang):

Beispiel für Arbeitsplatz 2 → 160.85.16.12.

- Tragen Sie die bestimmten Daten in **Tabelle 1** ein.

	Host A (Paris)	Host B (Paris)	Host C (Wien)
IP-Adresse	160.85.18.32 /24	160.85.18.33 /24	160.85.19.34 /24
Broadcast- Adresse (Präfixlänge /24)	160.85.18.255 /24	160.85.18.255 /24	160.85.19.255 /24
IP-Adresse des Default-Routers	160.85.18.1 /24	160.85.18.1 /24	160.85.19.1 /24

Tabelle 1

- Studieren Sie vom Befehl `iproute2` (siehe <http://www.policyrouting.org/iproute2.doc.html>) die folgenden Subkommandos und beantworten Sie die untenstehenden Fragen:

`ip link`

`ip address`

`ip route`

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

`ip link set dev eth1 up`

Layer2

set = specifies the network device to operate on

up/down = change the state of the device to UP or to DOWN

`ip address flush dev eth1`

Layer3

löscht alle konfigurierten IP Adressen vom Interface eth1

`ip address add 160.85.11.111/24 broadcast + dev eth1`

Layer3

Man weist dem eth1 die IP Adresse hinzu, zusätzlich wird noch die Broadcast adresse spezifiziert

Wie lautet die Netzadresse, die mit dem obigen Befehl dem Interface eth1 zuwiesen wird?

160.85.11.0/24

Welche Broadcast-Adresse wird mit dem obigen Befehl dem Interface eth1 zuwiesen?

160.85.11.255/24

Welche Netzmaske würde verwendet, wenn bei obigem Befehl «/24» fehlen würde?

Es würde dann in die Klasse-B fallen und somit /16
Range von Klasse B 128.0.0.0 bis 192.255.255.255

Was bewirkt der folgende Befehl?

`ip route add default via 160.85.11.1`

default Gateway setzen

Für welche Netzadresse und Präfixlänge steht «default».

2.2 Vorbereitung: Statisches Routing unter Linux

Mit einem Router soll nun ein Subnetz in mehrere Subsubnetze aufgeteilt werden. Als Router verwenden wir eine ELB (Embedded Linux Box mit 3 Ethernet Interfaces und Betriebssystem Linux).

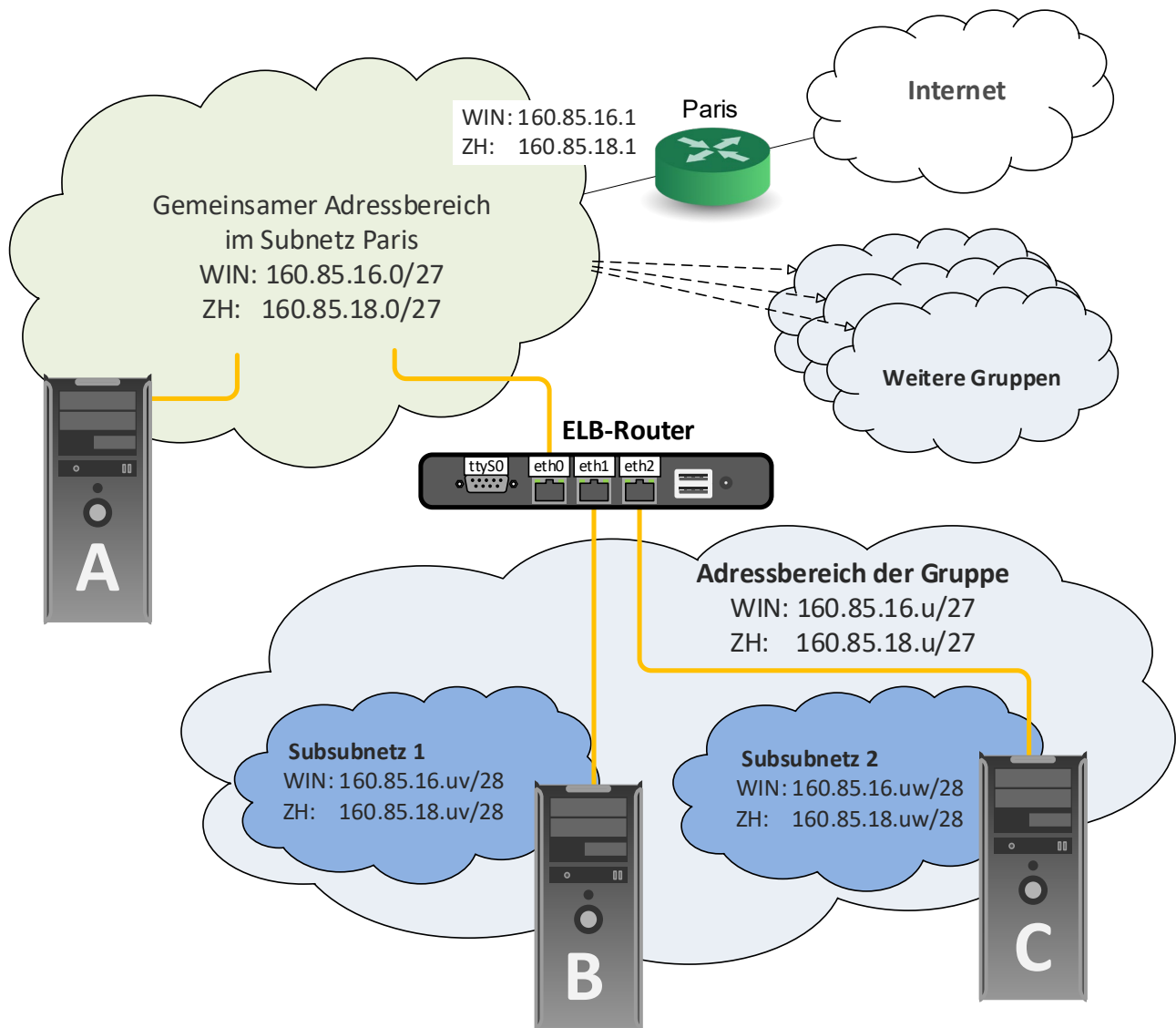


Abbildung 2

Der Versuch wird im Adressraum vom Subnetz «Paris» durchgeführt ein. Da wir globale Adressen verwenden, müssen wir für Winterthur und Zürich unterschiedliche Subnetze verwenden. In Winterthur ist es 160.85.16.0/24 und in Zürich 160.85.18.0/24 ([Abbildung 2](#)).

Pro Gruppe steht ein Adressbereich mit 16 Adressen zu Verfügung. Dieser soll in zwei kleine Subsubnetze mit je 8 Adressen aufgeteilt werden. Um den Router (ELB) mit dem übergeordneten Cisco-Router (Paris) zu verbinden, wird der Adressbereich von 160.85.xx.00 bis 160.85.xx.31 von allen Arbeitsgruppen als gemeinsames Subnetz genutzt. Siehe auch [Abbildung 3: Beispiel der Adresszuordnung für Gruppe 9](#).

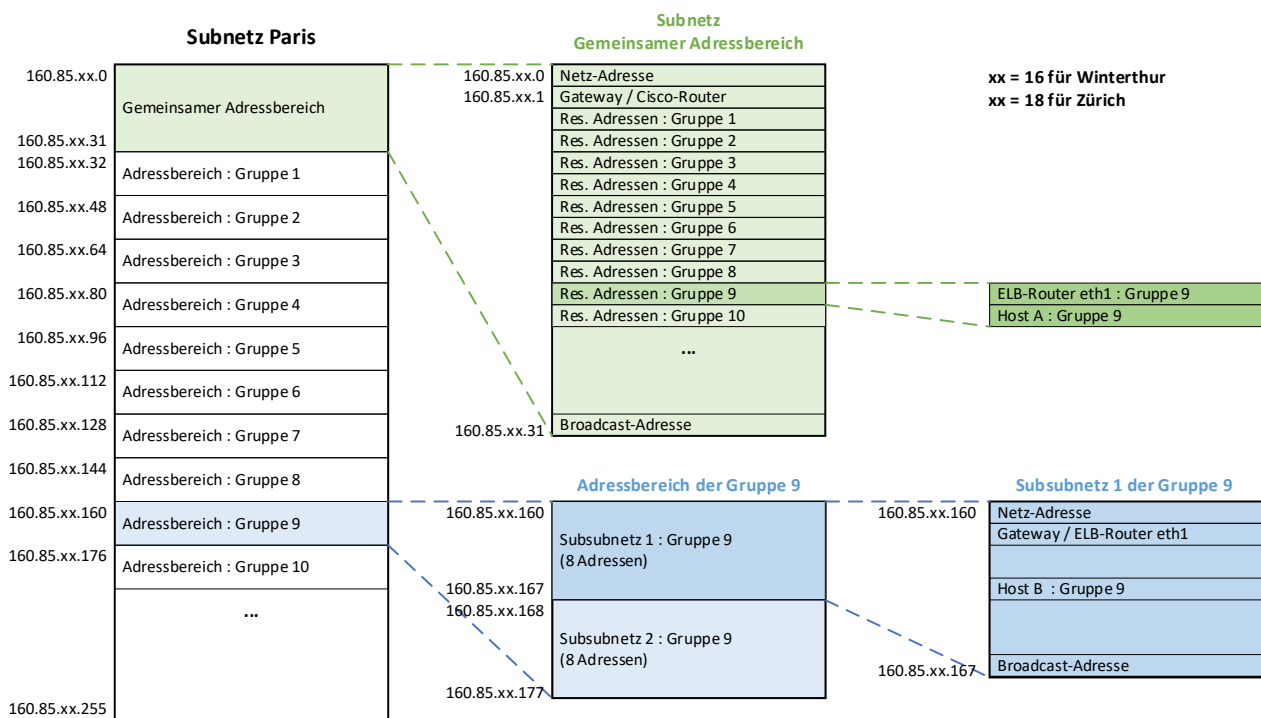


Abbildung 3: Beispiel der Adresszuordnung für Gruppe 9

Um Adresskonflikte zu vermeiden, werden die Adressen aus Ihrer Gruppennummer (Gruppen#) berechnet. Sie finden die Gruppenanordnungen im Anhang A.

Was ist Ihre Gruppen# und welchen Wert hat der ortsabhängige Wert xx in der IP-Adresse (entsprechend Winterthur/Zürich)?

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

Netzadresse	160.85.
Adresse des Gateways / Cisco-Routers	160.85.
Adresse des ELB-Router-Interface eth0. Das letzte Adress-Byte wird berechnet als: Gruppen# * 2	160.85.
Adresse von Host A. Das letzte Adress-Byte wird berechnet als: Gruppen# * 2 + 1	160.85.
Broadcast-Adresse	160.85.

Tabelle 2: Subnetz für den gemeinsamen Adressbereich

Was ist die Länge des Netzpräfix (Hinweis: 32 Adressen) und wie lautet die zugehörige Netzmaske?

- Bestimmen Sie für den Adressbereich Ihrer Gruppe die Adressen von [Tabelle 3: Subsubnetze der Gruppe](#). Dazu lesen Sie das Least Significant Byte (LSB) der Adressen aus [Abbildung 3](#) oder berechnen Sie es wie angegeben aus der Gruppen#.

Legen Sie für die ELB-Router-Interfaces eth1 und eth2 passende IP-Adressen fest. Diese müssen natürlich in den Subsubnetzen liegen. Typischerweise wird die niedrigste Subnetz-Adresse für den Gateway verwendet.

Legen Sie für die beiden Hosts B und C eine beliebige freie Adresse im entsprechenden Subnetz fest.

Netzadresse Subsubnetz 1: $LSB = (Gruppen\# + 1) * 16$	160.85.	Subsubnetz 1
IP Adresse ELB-Router eth1 (GW)	160.85.	
IP Adresse Host B	160.85.	
Broadcast-Adresse: $LSB = (Gruppen\# + 1) * 16 + 7$	160.85.	
Netzadresse Subsubnetz 2: $LSB = (Gruppen\# + 1) * 16 + 8$	160.85.	Subsubnetz 2
IP Adresse ELB-Router eth2 (GW)	160.85.	
IP Adresse Host C	160.85.	
Broadcast-Adresse $LSB = (Gruppen\# + 1) * 16 + 15$	160.85.	

[Tabelle 3: Subsubnetze der Gruppe](#)

- Wie lang ist das Netzpräfix der Subsubnetze (Hinweis: 8 Adressen) und wie lautet die zugehörige Netzmaske?

- Mit welcher Netzadresse / Netzmaske können die beiden Subsubnetze gemeinsam adressiert werden?

- Zeigen Sie diese Vorbereitungen dem Praktikumsbetreuer.



3 Versuchsdurchführung: Statische Host-Konfiguration unter Linux

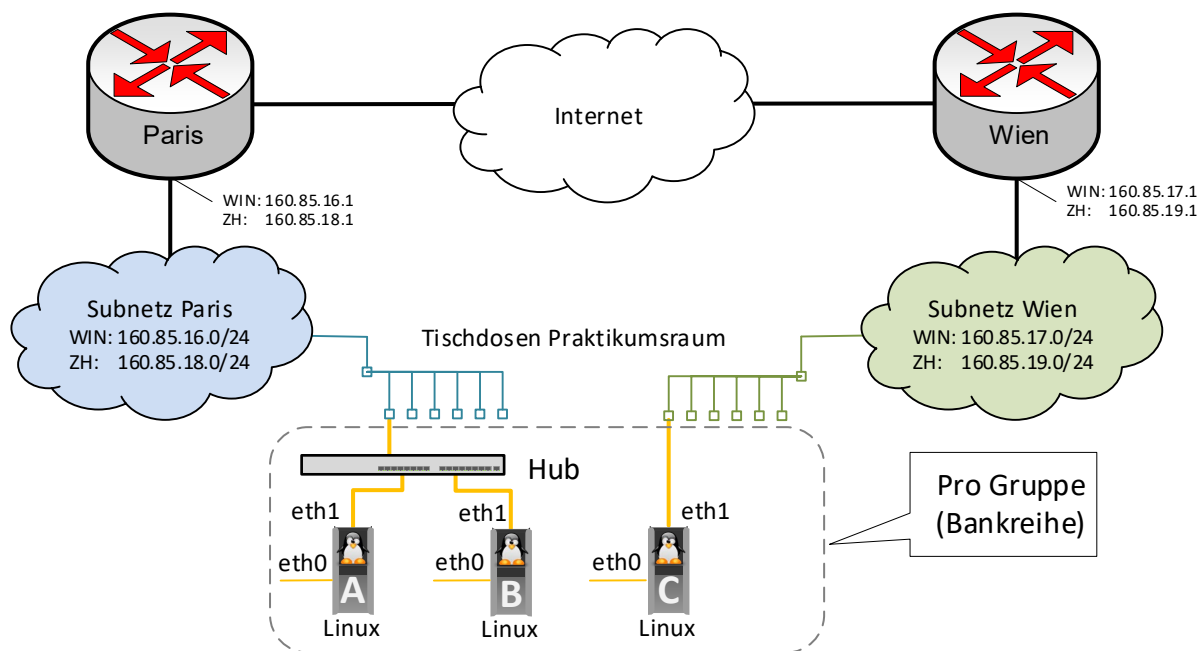


Abbildung 4

- **Wichtig:** Für diesen Versuch trennen Sie die drei Hosts A, B und C vom ZHAW LAN (eth0).
- Bauen Sie die Versuchsanordnung gemäss [Abbildung 4](#) auf und starten Sie die Rechner unter Linux.
- Konfigurieren Sie für die Host A, B und C gemäss [Tabelle 1](#) mit Hilfe der folgenden Befehle (iproute2).

```
ip link set dev eth1 up
ip address flush dev eth1
ip address add 160.85.xxx.yyy/24 broadcast 160.85.xxx.yyy dev eth1
```

Überprüfen Sie die Konfiguration der Interfaces mit dem Befehl:

```
ip address show eth1
```

Verwenden Sie verschiedene Befehlsvarianten und vergleiche Sie das Resultat. Beispiel:

```
ip addr add 160.85.xxx.yyy/24 broa + dev eth1
```

Beachten Sie, dass bestehende Einträge zuerst gelöscht werden müssen (`ip addr flush dev eth1`).

- Schauen Sie sich auf einem der Hosts die Routing-Tabelle an:

```
ip route show
```

Woher stammt dieser Eintrag in der Routing-Tabelle?

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

Von:	Nach:	<i>Default Router</i>	<i>Host A</i>	<i>Host B</i>	<i>Host C</i>
Host A					
Host B					
Host C					

Tabelle 4

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

Was fehlt, dass diese Hosts erreicht werden können?

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

- Wiederholen Sie den Versuch, den Host ausserhalb des Subnetzes zu erreichen.

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



Zeigen Sie diese Resultate dem Praktikumsbetreuer.

4 Versuchsdurchführung: Statisches Routing unter Linux

- Bauen Sie die Versuchsanordnung gemäss [Abbildung 5](#) auf.

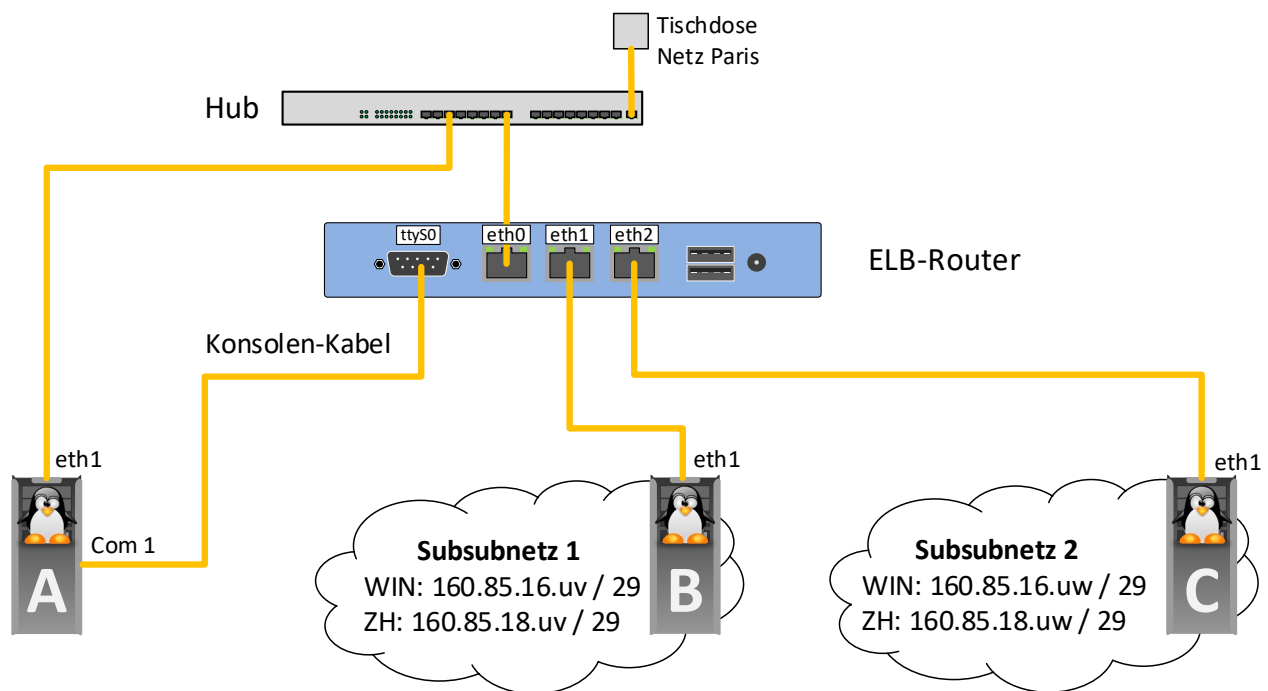


Abbildung 5

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

```
ip route delete default
ip address flush dev eth1
```

- 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 Paris.

Wie lautet der Befehl?

Können Sie bereits einen externen Knoten im Internet erreichen? (z.B. `ping -c 1 -n 8.8.8.8`)

Konfiguration der Subsubnetze

Die Netzkonfiguration kann Top-Down (ausgehend von Router Paris) oder Bottom-Up (ausgehend von Hosts) erfolgen. In diesem Fall gehen wir Bottom-Up vor.

- Konfigurieren Sie die IP-Adresse und den Default-Gateway für die Host B, C gemäss [Tabelle 3](#).
- Öffnen Sie auf Host A ein Terminal (`putty`) zum ELB-Router und loggen Sie ein.
- Aktivieren Sie auf dem ELB-Router die Interfaces eth1 und eth2 (`ip link set dev eth1/2 up`) und setzen Sie die IP-Adressen der Interfaces eth1 und eth 2 gemäss [Tabelle 3](#).
- Kontrollieren Sie mit `ip route show`, dass ein Routing-Eintrag existiert für das Netz, in dem sich der Host befindet.

- Erstellen Sie einen Default-Route-Eintrag auf den Hosts B und C, so dass diese auf den ELB-Router verweisen und prüfen Sie anschliessend die Verbindungen schrittweise mit dem **ping** Befehl:

1: Host B → ELB/eth1

2: Host B → ELB/eth2

3: Host B → Host C

und

1: Host C → ELB/eth2

2: Host C → ELB/eth1

3: Host C → Host B

Falls die Verbindung nicht funktioniert, könnte die IP-Weiterleitung 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 (Passwort: KT-Praktika)
```

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

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

4.1 Konfiguration und Test des gemeinsamen Subnetzes

- Konfigurieren auf dem ELB-Router die Adresse des Interface eth0 gemäss [Tabelle 2](#).
 - Erstellen auf dem ELB einen Default-Route-Eintrag, zum übergeordneten Router Paris und prüfen Sie die Verbindung zu diesem.
 - Kann der ELB-Router das Internet also z.B. den Host 8.8.8.8 bereits erreichen?
-

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

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

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

Konfiguration des übergeordneten Cisco-Routers (Paris)

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!

Warum funktioniert die Verbindung zwischen dem Router Paris und den Rechner B, C noch nicht?

Was fehlt noch?

- Verbinden Sie sich vom Rechner A via Telnet-Programm mit dem Router *Paris*.
`telnet 160.85.16.1` (Winterthur) oder `telnet 160.85.18.1` (Zürich)
- Loggen Sie sich mit dem Passwort **KT-Labor** ein. Sie sollten einen Prompt bekommen.
`paris>`
Mit dem Befehl *enable* loggen Sie sich als Administrator ein (Passwort **KT-Labor**). Sie bekommen einen neuen Prompt (`paris#`) als Rückmeldung, dass Sie zum Konfigurieren berechtigt sind.
`paris> enable`
`paris#`
- Studieren Sie die Routing-Tabelle
`paris# show ip route`
`paris# show ip route static`
- Gehen Sie in den Konfigurationsmodus.
`paris# configure terminal`
- Geben Sie die Route für Ihre Subsubnetze ein (Route via eth0 Ihres ELB-Routers).
`paris(config)# ip route Subnetz-Adr Subnetz-Maske Router-Adr`
- Routen entfernen können Sie mit dem folgenden Befehl.
`paris(config)# no ip route Subnetz-Adr Subnetz-Maske`
- Verlassen Sie den Konfigurationsmodus, kontrollieren Sie die Routing-Tabelle und beenden Sie dann die Session.
`paris(config)# exit`
`paris# show ip route`
- Löschen Sie auf dem Host A die Einträge zu den Subnetzen der Hosts B und C.

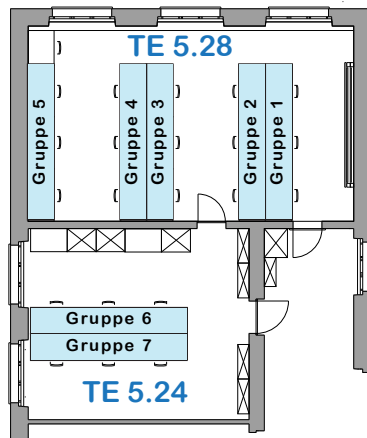
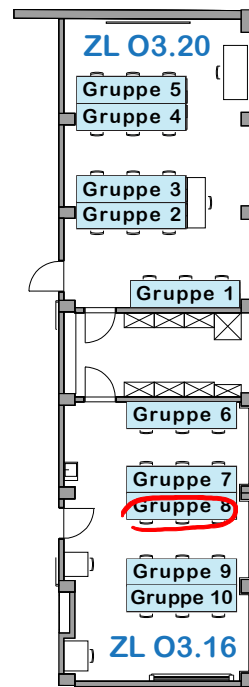
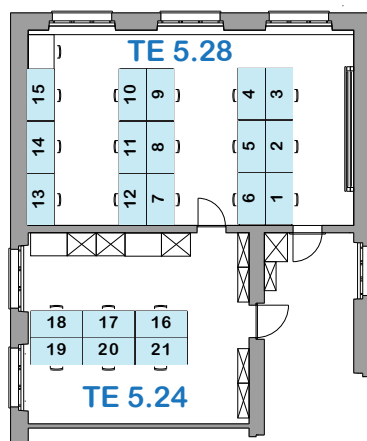
Warum werden diese nicht mehr benötigt? Welchen Weg nehmen die Pakete vom Host A zum Host B?

- 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.

```
paris# configure terminal
paris(config)# no ip route Subnetz-Adr Subnetz-Maske
paris(config)# exit
paris# show ip route
paris# logout
```

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