



Netzwerke I – Praktische Übungen

Übung 8: Routing

Wichtiger Hinweis zur Bearbeitung des praktischen Teils dieses Aufgabenblatts:

Im praktischen Teil dieses Aufgabenblatts (Teilaufgabe 8.1) bauen alle Teilnehmer eines Praktikumstermins gemeinsam ein Netzwerk bestehend aus fünf Cisco Routern und einigen Arbeitsplatzrechnern auf. Da Sie nur während des Praktikumstermins Zugriff auf die gesamte benötigte Hardware haben, ist es zwingend notwendig, dass Sie sich vor dem Besuch des Praktikums vorbereiten und sich sowohl über das Routingprotokoll OSPF als auch über die Befehle des Cisco CLI informieren! **Bearbeiten Sie dazu unbedingt vor dem Besuch des Praktikums zusammen mit Ihrem Praktikumpartner die im Abschnitt „Vorbereitung der praktischen Aufgabe“ angegebenen Arbeitsaufträge. Unvorbereitete Teilnehmer gefährden den Gesamterfolg dieses Praktikums und können nicht teilnehmen.**

Aufgabe 8.0: Vorbereitung der praktischen Aufgabe (vor dem Praktikum zu erledigen!)

Einarbeitung in OSPF

Bitte informieren Sie sich über die grundlegende Funktionsweise des Routing-Protokolls Open Shortest Path First (OSPF) sowie die Unterschiede zu dem zweiten im Rahmen der Vorlesung vorgestellten Routing-Protokoll, dem Routing Information Protocol (RIP).

Als Quellen sollten Sie dabei unter anderem heranziehen:

1. Vorlesungsfolien zum Kapitel „Netzwerkschicht“
2. Wikipedia-Artikel zu OSPF (http://de.wikipedia.org/wiki/Open_Shortest_Path_First)
3. Das RFC 2328 (<http://tools.ietf.org/html/rfc2328>)

Beantworten Sie im Anschluss **bereits vor dem Praktikum** die folgenden Fragen:

- a) Nennen Sie mindestens 5 Unterschiede zwischen OSPF und RIPv1/RIPv2.

OSPF	RIPv1	RIPv2



- b) Wann würden Sie empfehlen, in einem Netzwerk eher OSPF statt RIP einzusetzen?
- c) Woran erkennt ein OSPF Router, welche möglichen Verbindungen er in ein Zielnetz hat?
- d) Wie wird der Ausfall einer Verbindung erkannt?
- e) Wozu dient die Konfiguration unterschiedlicher Areas? Was ist die Area 0?
- f) Was ist die OSPF Router ID (RID)? Wozu dient sie und wie wird sie ermittelt?



Einarbeitung in Cisco Command Line Interface (CLI) Befehle

Die Cisco Router, welche Sie in diesem Praktikum konfigurieren, nutzen als Betriebssystem das sogenannte Cisco Internetworking Operating System (IOS). Zur Konfiguration nutzen wir eine textbasierte Schnittstelle, das **Command-Line Interface (CLI)**, da dieses wesentlich detailliertere Einstellungen erlaubt, als die benutzergeführte Einrichtung oder Webfrontends.

Das CLI unterstützt unterschiedliche Modi, die sich in den Zugriffsmöglichkeiten unterscheiden. In welchem Modus Sie gerade arbeiten, erkennen Sie am Prompt („Router“ ist hierbei durch den Namen Ihres Gerätes zu ersetzen):

Tabelle 1: Übersicht über CLI Modi

Prompt	Modus	Beschreibung
Router>	User Exec Mode / User Mode	erlaubt nur die Anzeige von Statistiken und einfachen Status-Informationen
Router#	Privileged Exec Mode / Privileged Mode	erlaubt das Ansehen und Bearbeiten der Konfiguration
Router(config)#	Global Configuration Mode	erlaubt das Konfigurieren globaler Konfigurationseinstellungen
Router(config-[X])# X steht dabei für den Prozess bzw. das Gerät, was Sie gerade konfigurieren	Specific Configuration Mode	erlaubt das Konfigurieren eines spezifischen Gerätes oder eines spezifischen Prozesses

Die folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über einige eventuell zur Bearbeitung der Praktikumsaufgabe hilfreiche CLI-Befehle. In der Regel existiert zu jedem Befehl eine Kurzform, die sie durch Eingabe der ersten Buchstaben des Befehls nutzen können.

Tabelle 2: Übersicht über hilfreiche CLI-Befehle

Befehl	benötigter Modus	Beschreibung
?	-	Gibt eine Liste von aktuell möglichen Befehlen aus. Wenn bereits ein Teil eines gültigen Befehls eingegeben worden ist, wird eine Liste möglicher Vervollständigungen angezeigt.
enable	User Mode	Wechsel vom User Mode in den Privileged Mode
disable	Privileged Mode	Wechsel vom Privileged Mode in den User Mode
configure terminal (kurz: config t)	Privileged Mode	Wechsel in den Global Configuration Mode
exit	-	Verlassen des aktuellen Modus und Wechsel zurück in den vorher aktiven Modus
logout	-	Schließen der Konsole
hostname [name]	Global Conf. Mode	Setzen des Namens des Routers
pwd	Privileged Mode	Namen des aktuellen Verzeichnisses ausgeben
dir	Privileged Mode	Verzeichnisinhalt auflisten
ping [destination]	Privileged Mode	Ping auf die angegebene Zieladresse
show ip interface	Privileged Mode	Listet alle Schnittstellen auf. Eine Kurzform der Liste erzielen Sie, wenn Sie danach noch brief angeben.
show ip route	Privileged Mode	Liste alle aktuell konfigurierten Routen auf.
show ip ospf show ip ospf database	Global Conf. Mode	Informationen zum aktuell laufenden OSPF Routing Prozess anzeigen



<code>router ospf [process number]</code>	Global Conf. Mode	OSPF Prozess konfigurieren. Es können mehrere OSPF-Prozesse aktiv sein, sofern Sie jedoch nur einen nutzen wollen, können Sie als Prozessnummer stets die 1 angeben.
<code>interface [if] (kurz: int [if])</code>	Global Conf. Mode	Wechselt in den Konfigurationsmodus für die angegebene Schnittstelle. Der Platzhalter [if] bezeichnet dabei eine der Schnittstellen Ihres Routers, z.B. GigabitEthernet0/0 oder kurz G0/0.
<code>do [show ping debug]</code>	Specific Conf. Mode	Erlaubt die Ausführung von show, ping und debug Befehlen direkt aus dem Specific Configuration Mode
<code>no ip domain-lookup</code>	Global Conf. Mode	Schaltet die Suche von eingegebenen nicht erkannten Schlüsselworten über DNS ab - so vermeiden Sie Wartezeit, falls Sie sich vertippen.

Das CLI verfügt über eine ausgereifte Hilfe-Funktion, die sie mit dem ? erreichen können. Nutzen Sie diese, um die Details zu den benötigten Befehlen in Erfahrung zu bringen.

Weitere Informationen zu den CLI Befehlen

Einführung in grundlegende Befehle des Cisco-CLI

http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/configfun/command/reference/ffun_r/frf001.html

Aufsetzen einer Testumgebung zum Üben der Arbeit mit dem CLI

Damit Sie sich mit den CLI-Befehlen nicht nur theoretisch sondern auch schon praktisch **vor dem Praktikumstermin** auseinander setzen können, setzen Sie bitte anhand der folgenden Schritte innerhalb Ihrer virtuellen Maschine „S“ die Routing-Umgebung **quagga** auf.

Gehen Sie zur Einrichtung in folgenden Schritten vor:

1. Installieren Sie quagga:
`sudo apt-get update`
`sudo apt-get install quagga`
2. Editieren Sie die Datei `/etc/quagga/daemons` und aktivieren Sie dort:
`zebra=yes`
`ospfd=yes`
3. Kopieren Sie die Beispielfunktionen von quagga in das Konfigurationsverzeichnis:
`sudo cp /usr/share/doc/quagga/examples/zebra.conf.sample /etc/quagga/zebra.conf`
`sudo cp /usr/share/doc/quagga/examples/ospfd.conf.sample /etc/quagga/ospfd.conf`
4. (Re-)Starten Sie quagga:
`sudo service quagga restart`

Mit diesen Schritten haben Sie einen quagga-Router aufgesetzt, den Sie mit den CLI Befehlen steuern können. Verbinden Sie sich dazu mit dem Befehl

`sudo vtysh`

mit dem Router. Sie befinden sich sofort im Privileged Mode. Üben Sie den Umgang mit der CLI, indem Sie sich zunächst mit `show interface` alle Schnittstellen anzeigen lassen. (Achtung: Im Unterschied zu einem echten Router müssen Sie jede Anzeige mit der Taste „q“ beenden, da vtysh zur Anzeige das Tool `less` verwendet.) Konfigurieren Sie dann eine dieser Schnittstellen mit einer neuen IP-Adresse. Lassen Sie sich danach alle aktuell konfigurierten Routen anzeigen. Experimentieren Sie mit anderen Befehlen. Wenn Sie schon vor dem Praktikum OSPF testen möchten, müssen Sie auch auf A und B quagga installieren.

Notieren Sie sich die benötigten Befehle, so dass Sie sie im Praktikum sofort anwenden können.



Aufgabe 8.1: Praxisaufgabe: Dynamisches Routing mit OSPF

Für diesen Versuch bekommen Sie pro Tischinsel folgende Hardware zum Aufbau eines Testnetzes zur Verfügung gestellt:

- 1 Router Cisco 1941
- 1 Glasfaser-Anschluss zur Verbindung mit dem Router einer Partner-Tischinsel
- 1 Glasfaser-Anschluss zur Verbindung mit dem Labor-Hauptrouter Cisco 2911
- 2 Twisted Pair Ethernet Kabel (Cat 5)
- 2 Linux PCs auf welchen Sie Root-Rechte besitzen (User: network, Pass: network)

Insgesamt sind vier Tischinseln an dem Testnetz beteiligt. Zusätzlich gibt es einen zentralen Router (Cisco 2900) mit dem Namen Omega - dieser muss ebenfalls konfiguriert werden. Pro Tischinsel bestimmen Sie bitte einen Freiwilligen, der sich an der Konfiguration des Routers Omega beteiligt und darauf achtet, dass die Anbindung der Tischinsel an den zentralen Router funktioniert.

Die Struktur des Gesamtnetzes, welches Sie realisieren sollen, entnehmen Sie bitte Abbildung 1. Beachten Sie, dass dabei einige Adressen bzw. Adressbereiche bereits vorgegeben sind, andere jedoch noch mit Platzhaltern versehen sind. Für die Bereiche, in denen keine Adressangaben vorhanden sind, müssen Sie (ggf. gemeinsam mit den anderen Gruppen) sinnvolle Adressen festlegen.

Schritt 1: Festlegung der IP-Adressen

Die Router Alpha, Beta, Gamma und Delta verfügen über vier Netzwerk-Interfaces, die folgende Bezeichnungen tragen

GigabitEthernet0/0 und GigabitEthernet0/1	Twisted Pair
GigabitEthernet0/0/0 und GigabitEthernet0/1/0	Optisch

Der Router Omega verfügt zusätzlich über drei weitere Schnittstellen:

GigabitEthernet0/3	Twisted Pair
GigabitEthernet0/2/0 und GigabitEthernet0/3/0	Optisch

Kurzformen der Schnittstellenbezeichnungen können Sie bei allen Kommandos über das CLI verwenden, beispielsweise können Sie statt GigabitEthernet0/0 auch einfach nur die Kurzform G0/0 verwenden.

- a) Die Schnittstelle GigabitEthernet0/0 ist auf die IP Adresse 10.10.X.1 (X =[0|10|20|30|40] je nach Router, siehe Abbildung 1) vorkonfiguriert und so eingestellt, dass Sie Zugriff auf das CLI des Routers haben. Verbinden Sie dazu den Router mit Hilfe eines TwistedPair Netzkabels mit Ihrem PC, booten Sie den PC und verbinden Sie sich per Telnet mit dem Router. Nachdem die Verbindung aufgebaut ist, sehen Sie den CLI-Prompt mit dem Namen Ihres Routers.
- b) Verbinden Sie Ihren Router mit Hilfe der Glasfaserleitungen aus dem Deckenanschluss oberhalb Ihrer Tischinsel, so dass Sie die Netzwerktopologie wie auf Abbildung 1 realisieren. Vergeben Sie danach für alle verbundenen Schnittstellen IP-Adressen entsprechend der Abbildung 1.
- c) Testen Sie mit Hilfe von ping, welche der Geräte erreichbar sind. Welche Tischrouter können Sie erreichen? Wie unterscheidet sich der erste ping auf eine erreichbare Zieladresse von weiteren ping Versuchen auf die gleiche Adresse? Warum?

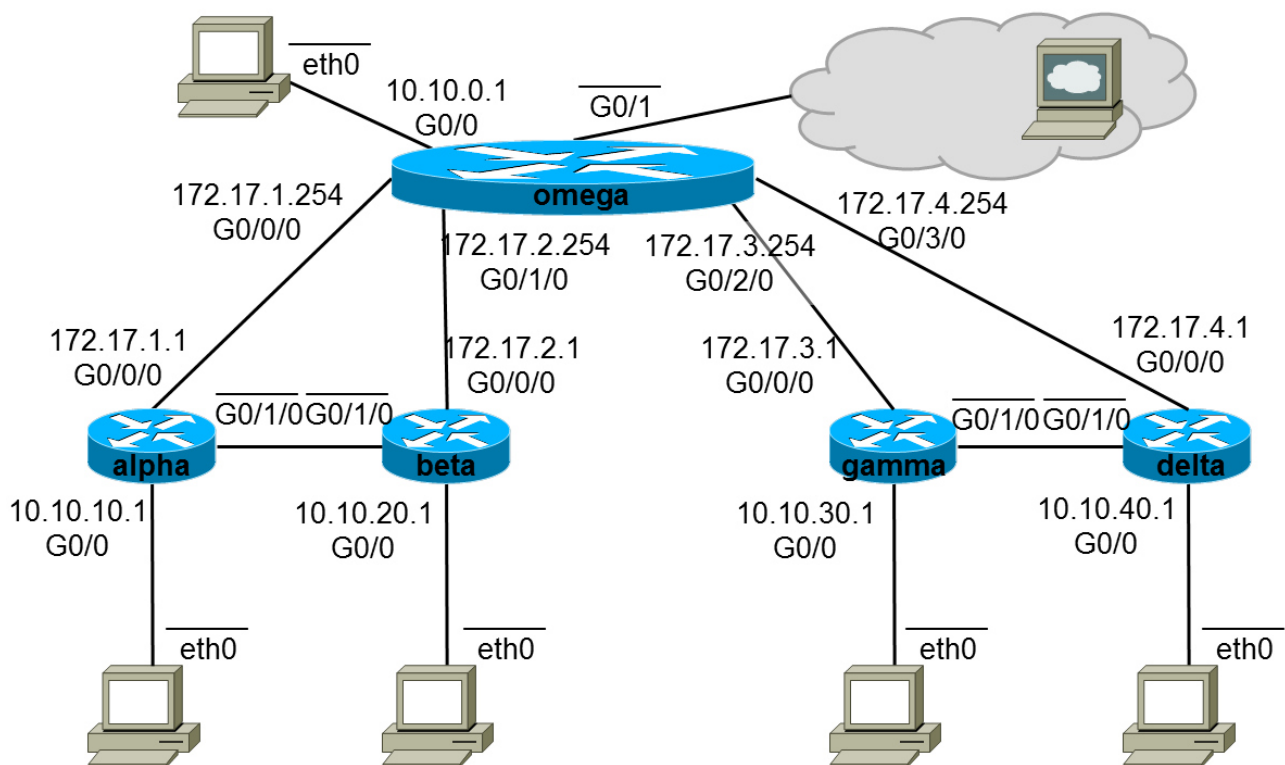


Abbildung 1: Aufbau des Labornetzes

Schritt 2: Grundlegende Konfiguration von OSPF (single area)

In diesem Schritt soll das OSPF-Routing auf allen Routern aktiviert werden.

- Lassen Sie sich die aktuell konfigurierten Interfaces Ihres Routers sowie die aktuelle Routingtabelle anzeigen.
- Aktivieren Sie OSPF und sorgen Sie dafür, dass alle Schnittstellen, die den Router mit anderen Routern in unserem Testnetz verbinden, der Area 0 zugerechnet werden.
- Warten Sie ggf. bis alle Tischgruppen OSPF aktiviert haben - helfen Sie ggf. zurückliegenden Gruppen bei der Konfiguration.
- Lassen Sie sicher erneut die aktuelle Routingtabelle des Routers anzeigen - welche Änderungen stellen Sie fest? Prüfen Sie mit Hilfe von ping, dass alle Router erreicht werden können.

Schritt 3: Reaktion von OSPF auf einen Linkausfall

In diesem Schritt soll die Reaktion von OSPF auf Änderungen der Netztopologie beobachtet werden. Hierzu sprechen Sie sich bitte mit derjenigen Tischgruppe ab, mit der Ihr Router zusätzlich zur Verbindung zum Zentralrouter Omega verbunden ist.

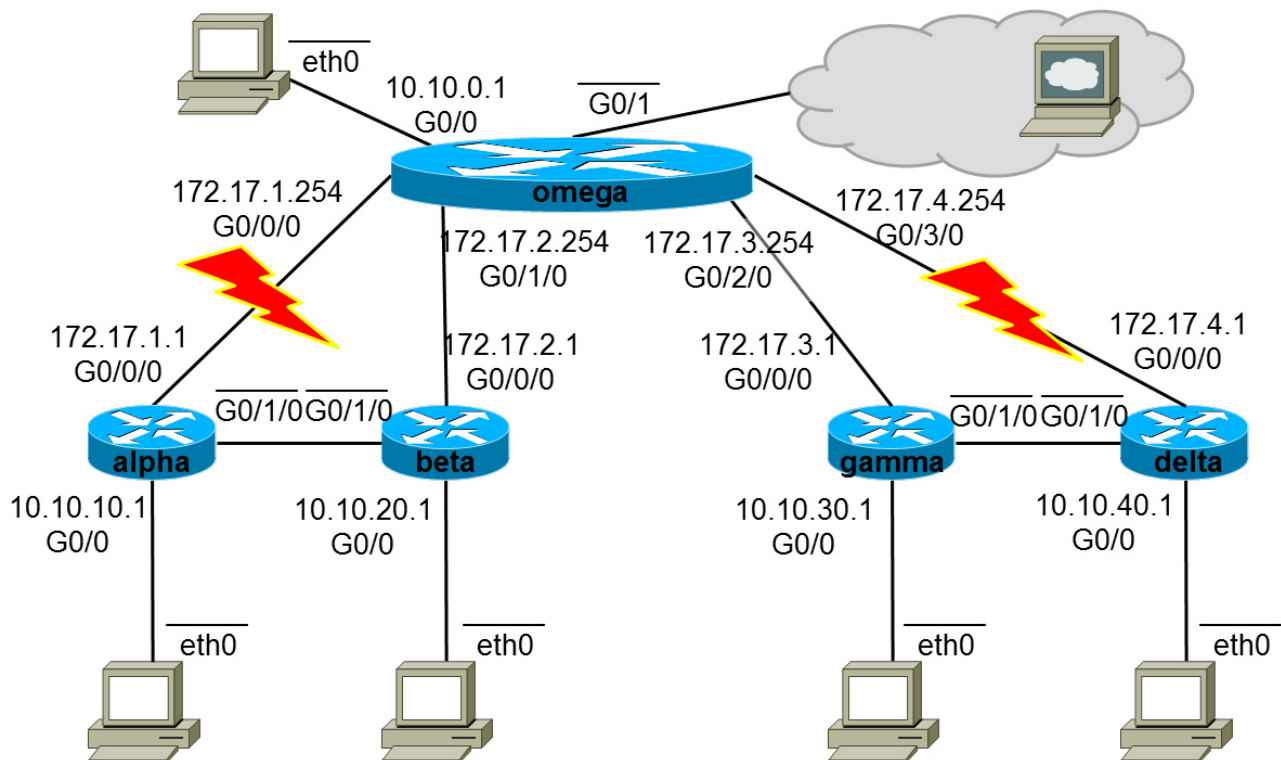


Abbildung 2: Ausfall zweier Links im Testnetz

- Lassen Sie sich die aktuelle Routing-Tabelle sowie die aktuelle OSPF database anzeigen und nutzen Sie das Kommando traceroute um den Weg herauszufinden, die ein Paket von Ihrem Router zum Router Omega nimmt.
- Simulieren Sie einen Ausfall der direkten Verbindungen zwischen Alpha und Omega sowie zwischen Delta und Omega, siehe Abbildung 2. Wie ändert sich die Routing-Tabelle? Welchen Weg nimmt das Paket jetzt?
- Aktivieren Sie nun wieder die direkte Verbindung - wie lange dauert es, bis der Router feststellt, dass die direkte Verbindung wieder genutzt werden kann?

Schritt 4: Änderung der Kosten eines Links

Nun soll durch das Setzen passender Kosten das OSPF Routing beeinflusst werden.

- Wenn alle Links wie auf Abbildung 1 gezeigt verbunden und aktiv sind, dann nehmen Pakete vom Router Alpha zum Router Delta die Route Alpha-Omega-Delta erreichen. Prüfen Sie diese Annahme.
- Nehmen Sie nun an, dass die Nutzung der Links Alpha-Omega sowie Delta-Omega hohe Kosten verursacht. Passen Sie die Kosten für das OSPF Routing an, so dass - auch wenn die kürzere Route Alpha-Omega-Delta existiert - die Route über Beta und Gamma wegen geringerer Kosten bevorzugt wird.

Schritt 5: Multi-Area Konfiguration (Areas 0, 1, 2)

Bisher lag unser gesamtes Testnetz innerhalb der Area 0. OSPF unterstützt jedoch das Konzept mehrerer Areas - dieses soll im Folgenden umgesetzt werden.

- Welchen Nachteil besitzt das bisher umgesetzte Konzept („alles in Area 0“) hinsichtlich der Skalierbarkeit?
- Konfigurieren Sie gemeinsam das Netzwerk so um, dass die in Abbildung 3 gezeigte Konfiguration mit drei Areas realisiert wird - jede Gruppe ist dabei für die Konfiguration „ihres“ Routers zuständig.
- Prüfen Sie mit Hilfe des Befehls `show ip ospf` auf jedem Router, dass die Konfiguration Ihres Routers erfolgreich war.
- Testen Sie, ob die Erreichbarkeit der anderen Router weiterhin gegeben ist.

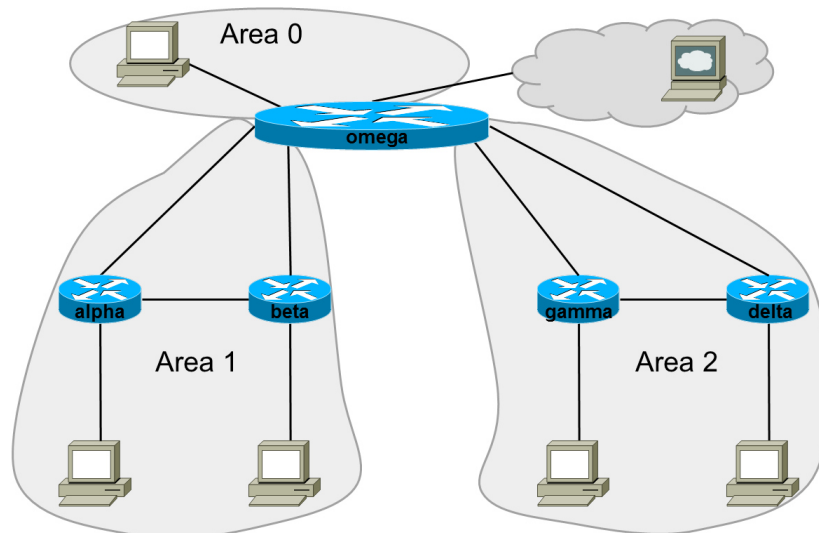


Abbildung 3: Multi-Area Konfiguration des OSPF-Testnetzes

Schritt 6 (Bonus): Aktivierung von Network Address Translation (NAT)

In diesem Schritt soll Source-NAT auf Ihrem Router aktiviert werden, so dass für hinter der Schnittstelle G0/0 liegende Geräte mit Adressen aus dem Netz 10.10.10.0/24 eine Umsetzung auf die Adresse 172.17.X.1 Ihres Routers erfolgt.

- Konfigurieren Sie zunächst den an Ihrem Router angeschlossenen Linux-PC so, dass er Ihren Router als Default Gateway benutzt. Prüfen Sie, dass der PC nun den Router auch unter der Adresse des Routers im Netz 172.17.0.0/16 erreichen kann. Können Sie andere Router ebenfalls erreichen? Warum/warum nicht?
- Aktivieren Sie Network Address Translation (NAT), so dass für Ihren Linux-Rechner eine Umsetzung auf Adressen 172.17.0.0/16 durchgeführt wird. Informieren Sie sich dazu über den Befehl `ip nat`
- Lassen sich die Liste der NAT Translations ausgeben und aktivieren Sie NAT Debugging. (Informieren Sie sich dazu über den Befehl `show ip nat` und den Befehl `debug ip nat`.) Testen Sie, welche Router Sie über Ihren Linux-PC erreichen - stimmen diese Ergebnisse mit dem überein, was Sie anhand der Liste der NAT Translations erwarten?

Schritt 7 (Bonus): Sicherstellung einer immer gleichen Router-ID bei OSPF

- Ermitteln Sie die aktuelle Router-ID (RID) Ihres Routers.
- Wie könnte es dazu kommen, dass sich die RID ändert?
- Wie können Sie erreichen, dass die RID gleich bleibt? Konfigurieren Sie Ihren Router passend um.

Die Praxisaufgabe 8.1 wird im Praktikumstermin vor Ort abgenommen und muss nicht hochgeladen werden.