

# 1 Einleitung

Auf diesem Aufgabenzettel richten Sie ein eigenes Autonomes System (AS) ein. Hierbei fokussieren Sie sich auf die Konfiguration von Switches, Routern und Hosts *innerhalb* des Netzes. Aufgabe 1 fokussiert sich auf zwei kleine Layer 2 Netz, in denen Sie Adressen, Default Gateways und VLANs konfigurieren. Diese Netze werden in Aufgabe 2 erweitert und an ein Layer 3 Netzwerk angebunden, welches Sie über OSPF verknüpfen. Als Letztes optimieren Sie die Performance Ihres AS im Hinblick auf Latenz und Congestion in Aufgabe 3.

Die Netzwerke setzen sich aus virtuellen Switches, auf denen Open vSwitch läuft (<https://www.openvswitch.org/>) sowie virtuellen Router mit dem FRRouting Dienst (<https://frrouting.org/>) zusammen. Über einen SSH Zugriff erreichen Sie die Knoten Ihres Systems, um diese über das dortige Command Line Interface (CLI) einzurichten. Eine Einführung in die Nutzung der Dienste finden Sie zusammen mit der Aufgabe auf der iNet Webseite.

## Hinweis

Erstellen Sie regelmäßig Backups von ihrer Konfiguration! Dies funktioniert mit dem Skript `save_configs.sh` und ist auch in dem Tutorial beschrieben.

# 2 Topologie

In dieser Aufgabe dreht sich alles um die Konfiguration von Netzen. Das Netz, an dem Sie arbeiten, ist an reale Netzwerke angelehnt und zieht sich über Layer 2 (Switches) und Layer 3 (Router). Dieser Abschnitt erklärt die Topologie zwischen den Knoten in Ihren Netzwerken. Lesen Sie ihn sorgfältig.

Obwohl die Netze der Gruppen untereinander verbunden sind und somit den Aufbau eines Internets ermöglichen, fokussieren wir uns in diesem Praktikum auf die lokalen Netzwerke. Was bringt einem das Internet, wenn das eigene Netz nicht sauber läuft? Ziel jeder Gruppe ist es, das Routing zwischen den Routern und Hosts im eigenen Netzwerk zu erreichen.

**Layer 2 Topologie** Jede Gruppe hat zwei Layer 2 Netzwerke (Abbildung 1). Beide Netzwerke sind mit Routern verbunden, die zu einem Layer 3 Netzwerk gehören: L2 North (L2N) ist an HAM angebunden und L2 East (L2E) an DRS. Um Hosts außerhalb der Layer 2 Netzwerke zu erreichen, werden Pakete über diese Router gesendet.

Innerhalb des Layer 2 Netzwerkes gibt es zwei Kategorien von Usern: Admins ( $A_*$ ) und Studenten ( $S_*$ ). Jeder Switch ist mit einem Admin und einem Studenten verbunden. Weiterhin hat jeder Switch eine "bridge ID", welche in Abbildung 1 angegeben ist. Beispiel: Der Switch S3 hat die bridge ID 3.

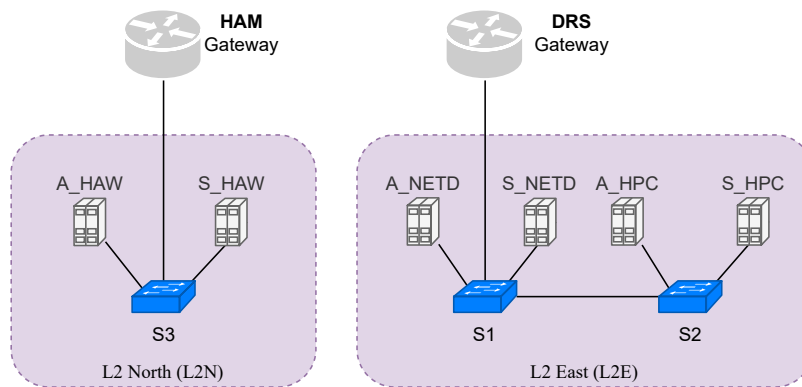


Abbildung 1: Die Layer 2 Netzwerke jeder Gruppe enthalten insgesamt drei Open vSwitches. Jeder Switch spiegelt einen anderen Ort wieder. Die Switches S1 und S3 sind jeweils mit einem Router verbunden (HAM und DRS), welche als Gateways in das größere Netzwerk dienen.

**Layer 3 Topologie** Die Layer 2 Netzwerke sind Teil eines Autonomen Systems (AS) (Abbildung 2). Jedes AS hat eine eindeutige Nummer, die Ihnen vor Beginn des Praktikums zugeteilt wurde. Ihr AS besteht aus acht Routern. Jeder Router ist mit einem einzelnen Host verbunden. HAM und DRS sind zusätzlich mit den Layer 2 Netzwerken (Abbildung 1) verbunden.

Ihr AS hat einen /8 IPv4 Präfix für die interne Konfiguration, welcher von Ihrer AS Nummer abhängt:  $X.0.0.0/8$  für AS X. AS 48 hat beispielsweise den internen Präfix  $48.0.0.0/8$ . Bitte nutzen Sie diesen Adressraum, um Adressen an Ihrer Router und Hosts zu verteilen.

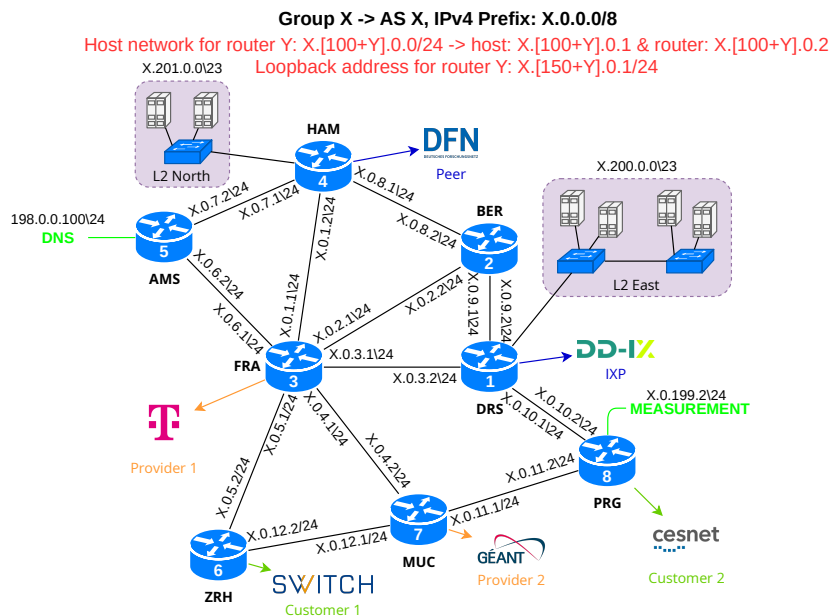


Abbildung 2: Ihr AS besteht aus acht Routern und hat einen /8 IPv4 Präfix, der von ihrer AS Nummer abhängt und für die Konfiguration genutzt wird. Jeder Router ist mit einem Host verbunden. HAM und DRS sind zusätzlich mit den Layer 2 Netzwerken (Abbildung 1) verbunden. Bitte nutzen Sie die hier angegebenen Präfixe für die Konfiguration.

**Hinweis**  
 Die Angaben bezüglich "Provider", "Customer", "IXP", und "Peer" in Abbildung 2 werden in diesem Praktikum nicht gebraucht.

## 3 Aufgaben

### 3.1 L2 North und East Netzwerke

In dieser Aufgabe stellen Sie Layer-2 Verbindungen innerhalb der Admins und innerhalb der Studenten her, jedoch nicht zwischen beiden Gruppen. Dabei sollten Admins und Studenten weiterhin über Layer-3 Verbindungen, also einen Router, kommunizieren können. Eine solche Aufteilung ist gerade in größeren Netzwerken gewünscht und limitiert die Broadcast Domains der Teilnehmer.

Weisen Sie jedem Host eine IP Adresse zu. Der IP Adressbereich für Ihre Layer-2 Netzwerke setzt sie wie folgt zusammen:  $X.200.0.0/23$  für L2 East,  $X.201.0.0/23$  für L2 North, wobei  $X$  Ihre AS Nummer ist. Nutzen sie das CLI Tool `ping`, um die Erreichbarkeit zu testen.

Weiterhin müssen Sie auf den Hosts ein Default Gateway konfigurieren. Dies ermöglicht die Kommunikation mit Hosts außerhalb des lokalen Netzwerks. Dabei sollen die Hosts an den Switches S1 und S2 den Router DRS als Default Gateway nutzen, während Hosts, die mit S3 verbunden sind, HAM nehmen sollen.

Im nächsten Schritt müssen Sie VLANs konfigurieren, um die Erreichbarkeit auf der Schicht 2 wie gewünscht zu begrenzen. Nutzen Sie VLAN 10 für die Admins und VLAN 20 für die Studenten. (VLAN 30 ist reserviert.) Die Interfaces auf den Gateways (DRS und HAM) haben Suffixe, die ihr VLAN kennzeichnen. Die Interfaces auf HAM, die mit S3 verbunden sind, heißen `HAM-L2.10` für VLAN 10 und `HAM-L2.20` für VLAN 20. Äquivalent verhält es sich auf DRS, hier gibt es das Interface `DRS-L2.10` für VLAN 10 und `DRS-L2.20` für VLAN 20. (Diese Interfaces können Sie sich über das CLI Interface von FRRouting mit dem Befehl `show interface brief` anschauen.)

#### Tools

`ip`, `ping`, `ovs-vsctl`, `traceroute`

1. Erklären Sie, welche IP Adressen Sie den Hosts zugewiesen haben.
2. Führen Sie *traceroutes* zwischen den folgenden Rollen aus und erklären Sie, was Sie beobachten:
  - Von einem S3 Studenten (`S_HAW`) zu einem S3 Admin (`A_HAW`).
  - Von einem S1 Studenten (`S_NETD`) zu einem S2 Studenten (`S_HPC`).
  - Von einem S1 Studenten (`S_NETD`) zu einem S2 Admin (`A_HPC`).

### 3.2 OSPF

Nun geht es an die Konfiguration des Autonomen Systems. Mittels OSPF werden Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Routern eingerichtet und anschließend im Netz bekannt gemacht, um End-zu-Ende Erreichbarkeit zwischen den Knoten herzustellen.

Konfigurieren Sie zuerst IP Adressen auf den Interfaces aller Knoten (Router und Hosts). Diese Adressen dürfen im Gegensatz zu Aufgabe 3.1 nicht frei gewählt werden. Bitte orientieren Sie sich an Abbildung 2.

*Beispiel:* Die Interfaces zwischen den Routern HAM und DRS bekommen Adressen aus dem Subnetz  $X.0.8.0/24$ . Das Interface von HAM in Richtung DRS bekommt die IP Adresse

X.0.8.1 und das Interface von DRS in Richtung HAM bekommt die IP Adresse X.0.8.2, wobei X Ihre AS Nummer ist.

Zusätzlich zu den Interfaces, die mit anderen Routern verbunden sind, hat jeder Router noch ein *Loopback* Interface. Dieses trägt den Namen `lo`. Die Adresse für dieses Interface setzt sich wie folgt zusammen: Der Router mit der ID Y soll die Loopback Adresse X.[150+Y].0.1/24 bekommen, wobei X Ihre AS Nummer ist. Die dafür nötigen IDs sind ebenfalls in Abbildung 2 zu sehen.

*Beispiel:* Der Router HAM mit der ID 4 in AS 32 bekommt die Loopback Adresse 32.154.0.1/24.

Neben den Verbindungen zwischen den Routern gibt es noch Verbindungen zwischen Routern und Hosts. Das Subnetz für die hier genutzten Adressen ist X.[100+Y].0.0/24, wobei X ihre AS Nummer ist und Y die ID des Routers. Aus diesem Subnetz bekommt der Host die IP Adresse X.[100+Y].0.1 und das verbundene Interface des Routers die Adresse X.[100+Y].0.2.

*Beispiel:* Das Subnetz zwischen dem Router HAM und dem verbundenen Host nutzt den Präfix 59.104.0.0/24 für AS 59. Daraus ergibt sich die IP Adresse 59.104.0.2/24 für das entsprechende Interface des Routers, welches den Namen `host` trägt. Das verbundene Interface auf dem Host trägt den Namen `HAMrouter` und bekommt die IP Adresse 59.104.0.1/24.

Bitte stellen Sie sicher, dass jeder Host seinen direkt verbundenen Router mit einem `ping` erreicht, bevor Sie sich mit der Konfiguration von OSPF beschäftigen.

Um Erreichbarkeiten zu testen, können Sie das Tool `traceroute` nutzen. Führen Sie es bevorzugt von einem Host aus. Hosts können im Gegensatz zu Routern den DNS Dienst nutzen, um IP Adressen in Namen zu übersetzen. Wenn der DNS Dienst nicht erreichbar ist (dies lässt sich beispielsweise über `show ip route ospf` herausfinden), können Sie die Übersetzung mit der `traceroute` Option `-n` verhindern.

#### Hinweis

Bitte lassen Sie die folgenden Interfaces unverändert: `dns` auf AMS, `measurement` auf PRG, und `matrix` auf FRA.

#### Tools

FRR Router, `ip`, `ping`, `traceroute`

1. Konfigurieren Sie die Adressen auf den Interfaces ihrer Router & Hosts.
2. Richten Sie OSPF Routing ein.
3. Zeichnen Sie einen `traceroute` vom HAM Host zum PRG Host auf.

### 3.3 Performance Optimierungen

Als Betreiber Ihres Netzes wollen Sie nicht nur Erreichbarkeit garantieren, sondern auch gute Performance! Wichtige Charakteristiken sind zum Beispiel eine geringe Latenz, eine hohe Bandbreite, aber auch wenig Paketstaus (Congestion).

Ihr Ziel ist die Minimierung von Staus. Konkret heißt das, dass Pfade mit größerer Bandbreite bevorzugt werden, falls möglich. Gleichzeitig muss darauf geachtet werden die OSPF Gewichte so zu konfigurieren, dass Pakete keine unnötigen Umwege nehmen.

Die Konfiguration der Kabel ist nicht deterministisch, sondern entspricht einer der Konfigurationen in Abbildung 3. Bevor Sie Ihr Netz weiter konfigurieren können, müssen Sie mit `iperf3`

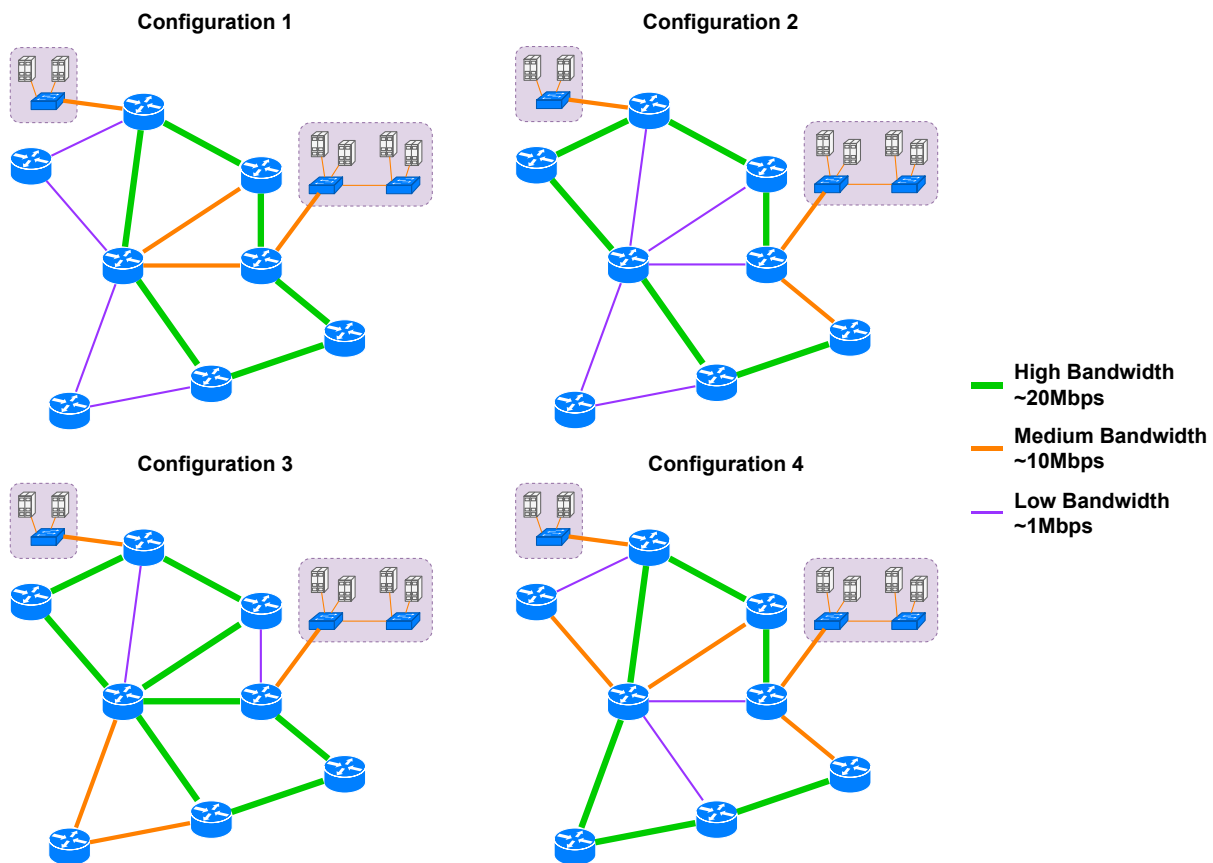


Abbildung 3: Die Bandbreite der Kabel entspricht einer dieser dargestellten Konfigurationen.

herausfinden, wie sich die Bandbreite in Ihrem Netz verhält. Anschließend können Sie Gewichte zuweisen, um Links mit hoher Bandbreite zu bevorzugen.

Zusätzlich sollen Sie Load Balancing, also eine Verteilung von Last, über mehrere Pfade einstellen. Die Last zwischen HAM und PRG soll passend zur Kabelkonfiguration zwischen zwei der Pfade HAM-AMS-...-PRG, HAM-FRA-...-PRG und HAM-BER-...-PRG ausgeglichen werden.

#### Tools

FRR Router, iperf3, traceroute

1. Verhindern Sie, dass Pakete unnötig über Kabel geleitet werden.
2. Vermessen Sie die Bandbreite der Kabel.
3. Integrieren Sie OSPF Gewichte, um die Kabel mit hoher Bandbreite zu bevorzugen.
4. Implementieren Sie das geforderten Load Balancing.
5. Dokumentieren Sie einen traceroute vom HAM Host zum Loopback Interface von PRG. Nehmen die Sonden die erwarteten Routen? Erklären Sie Ihre Beobachtungen.