

Anbindung Klassenräume

Shared Infrastruktur

Berufliche Schule ITECH Elbinsel Wilhelmsburg
Dratelstraße 26
21109 Hamburg
Telefon: 040 428 794 – 0
Fax: 040 428 794 – 450
www.itech-bs14.de
bs14@hibb.hamburg.de

Author: Onken, Kai
Version: 10.0
Erstellung: 06.05.2018
Letzte Änderung: 25.02.2019

- Bis zu fünf Gruppen in einen Projekt
- Jede Gruppe soll ein getrenntes Servernetz innerhalb des Projektes in der Shared Infrastruktur haben
- Bereitstellung von Server auf Basis von Microsoft HyperV® oder vmWare Hypervisor®
- Verbindung soll Layer 3 sein
- Spanning-Tree freie Verbindung der Projekte mit der Shared Infrastruktur
- Einfache Skalierbarkeit für neue Subnetze
- Einfache Skalierbarkeit für neue Klassenräume

- Optional soll auch später Zugriff auf das Internet möglich sein
- Optional soll auch später IPv6 möglich sein
- Optional soll auch später Layer 2 über Layer 3 möglich sein

- Schutz der Infrastruktur gegen Dritte
- Schutz der Infrastruktur durch Fehlkonfigurationen in Projekten
- Ausstattung der Rechner
 - Prozessor
 - Arbeitsspeicher
 - Festplatte
- Infrastrukturelle Netzwerkanbindung der Klassenräume
 - Verkabelung
 - Redundanzen
- Flexibilität in den Bereitstellung der Dienste
 - Klassenräume der BS14
 - Klassenräume der BS13

Auf Basis des OSI-Schichtenmodels können auf Möglichkeiten der Schichten

Schicht 2	Sicherung (Datalink Layer)
Schicht 2.5	Mischung aus Sicherung und Vermittlung
Schicht 3	Vermittlung (Network Layer)

zurückgegriffen werden, welche folgende Varianten bieten:

Schicht 2	Switch
Schicht 2.5	Multiprotocol Label Switching
Schicht 3	Switch
	Router
	Tunnel mit Generic Routing Encapsulation
	Virtual Routing and Forwarding via Layer 3 Switch
	Virtual Routing and Forwarding via Router

Vorteile

- ↗ Layer 2 Switche werden benötigt
- ↗ Layer 2 zur Shared Infrastruktur
- ↗ Getrennte Netze zur Shared Infrastruktur pro Klassenraum

Nachteile

- ↘ Spanning-Tree im SKIL Laboraufbau
- ↘ Spanning-Tree in der Infrastruktur
- ↘ Fünf VLANs werden pro Klassenraum benötigt
- ↘ Kein Layer 3 zur Shared Infrastruktur wäre möglich
- ↘ Skalierbarkeit

Vorteile

- ↗ Ein VLAN wird für alle Klassen benötigt
- ↗ Getrennte Netze zur Shared Infrastruktur pro Klassenraum
- ↗ Kein Spanning-Tree vorhanden
- ↗ Layer 2 via Layer 3 wäre mit L2VPN Traffic Engineering im Multiprotocol Label Switching möglich
- ↗ Skalierbarkeit

Nachteile

- ↘ Router werden benötigt
- ↘ Kein Layer 2 zur Shared Infrastruktur

Vorteile

↗ Nur ein VLAN pro Klassenraum benötigt

Nachteile

- ↘ Layer 3 Switche werden benötigt
- ↘ Layer 3 Switch im pro Klassenraum routet alle Netze des Klassenraums zusammen
- ↘ Layer 3 Switch in der Shared Infrastruktur routet alle Netze zusammen
- ↘ Ein Transfernetzwerk wird zwischen den L3 Switchen pro Klassenraum benötigt
- ↘ Bei Layer 3 Switchen könnten BDPU Paketversand werden, was zu Spanning-Tree führen könnte
- ↘ Kein Layer 2 zum Shared Infrastruktur möglich
- ↘ Layer 3 zum Shared Infrastruktur nur eingeschränkt möglich
- ↘ Skalierbarkeit

Vorteile

- ↗ Nur ein VLAN pro Klassenraum benötigt
- ↗ Kein Spanning-Tree vorhanden

Nachteile

- ↘ Router werden benötigt
- ↘ Router im pro Klassenraum routet alle Netze des Klassenraums zusammen
- ↘ Router in der Shared Infrastruktur routet alle Netze zusammen
- ↘ Ein Transfernetzwerk wird zwischen den Routern pro Klassenraum benötigt
- ↘ Kein Layer 2 zum Shared Infrastruktur möglich
- ↘ Layer 3 zum Shared Infrastruktur nur eingeschränkt möglich
- ↘ Skalierbarkeit

Vorteile

- ↗ Nur ein VLAN pro Klassenraum benötigt
- ↗ Kein Spanning-Tree vorhanden

Nachteile

- ↘ Router werden benötigt
- ↘ Router im pro Klassenraum routet alle Netze des Klassenraums zusammen
- ↘ Router in der Shared Infrastruktur routet alle Netze zusammen
- ↘ Ein Transfernetzwerk wird zwischen den Routern pro Klassenraum benötigt
- ↘ Je ein Transfernetzwerk wird pro Tunnel mit Generic Routing Encapsulation benötigt
- ↘ Kein Layer 2 zum Shared Infrastruktur möglich
- ↘ Layer 3 zum Shared Infrastruktur nur eingeschränkt möglich
- ↘ Skalierbarkeit

Vorteile

- ↗ Getrennte Netze zur Shared Infrastruktur pro Klassenraum
- ↗ Layer 3 zur Shared Infrastruktur möglich

Nachteile

- ↘ Layer 3 Switches werden benötigt
- ↘ Pro Virtual Routing and Forwarding Instanz wird ein Transfernetzwerk zwischen den Routern pro Klassenraum benötigt
- ↘ Kein Layer 2 zur Shared Infrastruktur möglich
- ↘ Fünf VLANs werden pro Klassenraum benötigt
- ↘ Bei Layer 3 Switches könnten BDPU Paketversand werden, was zu Spanning-Tree führen könnte
- ↘ Skalierbarkeit

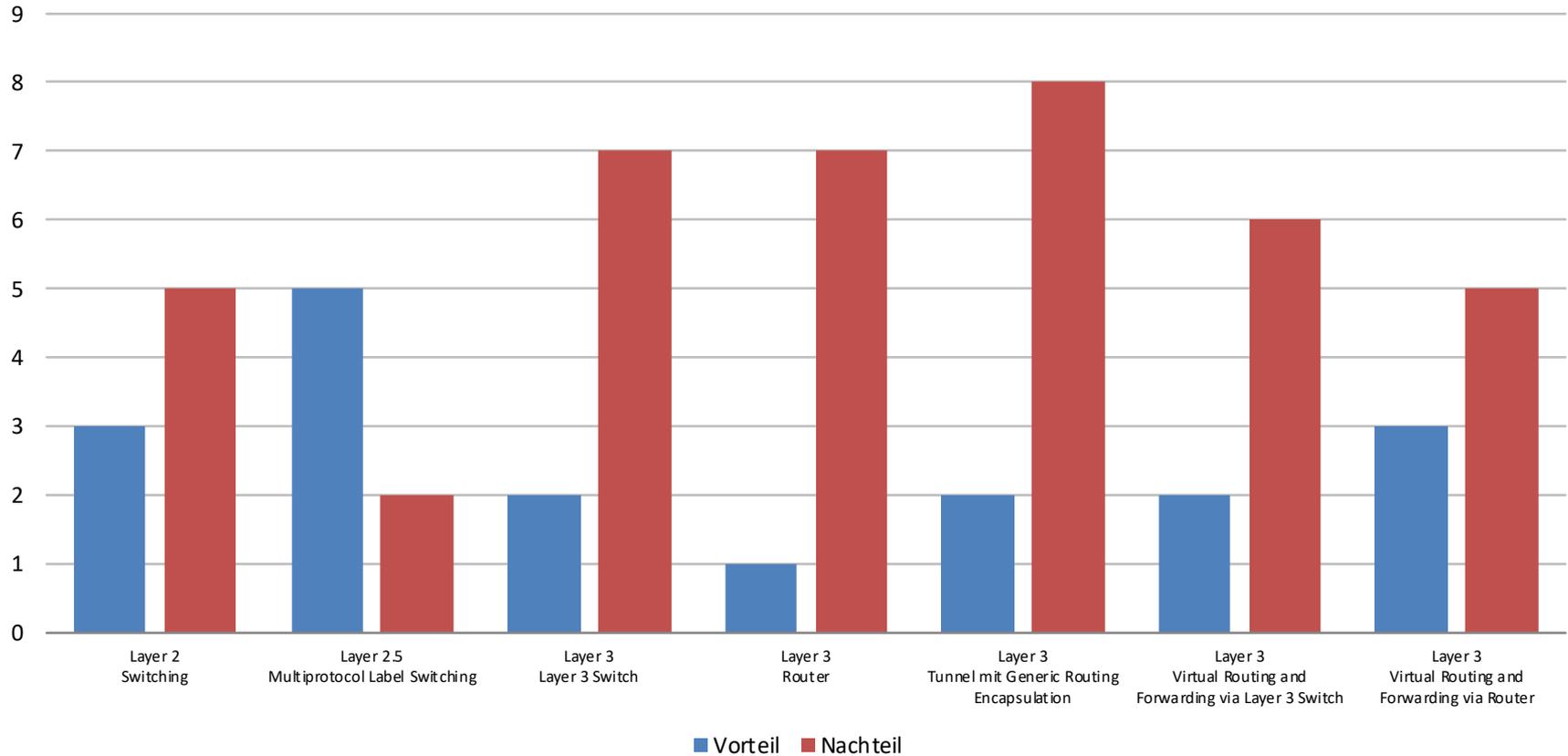
Vorteile

- ↗ Getrennte Netze zur Shared Infrastruktur pro Klassenraum
- ↗ Kein Spanning-Tree vorhanden
- ↗ Layer 3 zur Shared Infrastruktur möglich

Nachteile

- ↘ Router werden benötigt
- ↘ Pro Virtual Routing and Forwarding Instanz wird ein Transfernetzwerk zwischen den Routern pro Klassenraum benötigt
- ↘ Kein Layer 2 zur Shared Infrastruktur möglich
- ↘ Fünf VLANs werden pro Klassenraum benötigt
- ↘ Skalierbarkeit

Wertung Vorteile und Nachteile





Fragen

MPLS steht für Multiprotocol Label Switching (MPLS) – ein Verfahren, das Daten verbindungsorientiert in verbindungslosen Netzen überträgt.

MPLS signalisiert einen Pfad in verbindungslosen Netzen, über den Daten übertragen werden. Damit ist bereits vor Beginn des eigentlichen Transfers klar, welchen Weg Datenpakete durch ein Netz nehmen – anders als beim klassischen IP-Netzen muss damit nicht mehr jeder einzelne Router eine Weiterleitungsentscheidung anhand der Zieladresse treffen. MPLS-fähige Label Switched Routers treffen die Weiterleitungsentscheidung stattdessen anhand eines Labels – das ist Teil des vier Byte langen MPLS-Headers das (beispielsweise) IP-Paketen vorangestellt wird.

Im OSI-Modell lässt sich MPLS zwischen den Schichten 2 und 3 ein ordnen und wird damit auch als Layer 2.5-Protokoll beschrieben. Weil das Verfahren Pakete über mehrere Hops übermittelt, kann MPLS einerseits kein Layer-2-Protokoll im Sinne eines einzelnen Links sein. Andererseits ist MPLS auf weitere Protokolle wie IP angewiesen, um Label-Pfade einzurichten.

AS – Autonomes System

Ein autonomes System ist laut klassischer Definition eine Menge von Routern.

BGP – Border Gateway Protocol

Das Border Gateway Protocol ist ein Routingprotokoll das autonome Systeme miteinander verbindet. BGP wird allgemein als Exterior Gateway Protokoll geführt. Außerdem unterstützt ebenso das Routing mit weiteren Protokollen der Vermittlungsschicht, u. a. ist so auch der Austausch von Multiprotocol Label Switching Labels möglich.

CPE – Customer Provider

Edge Ein Customer Provider Edge Router ist ein Router, der sich im Kundengebäude befindet und die Schnittstelle zwischen dem Kunden-LAN und dem Kernnetz des Providers bildet.

IGP – Interior Gateway Protocol

Als Interior Gateway Protocol werden Routingprotokolle bezeichnet, die innerhalb von autonomen Systemen eingesetzt werden.

EGP – Exterior Gateway Protokoll

Ein Exterior Gateway Protokoll dient dazu, Erreichbarkeitsinformationen zwischen autonomen Systemen auszutauschen, d. h. Informationen darüber, welche Netze erreichbar sind. Die Router der autonomen Systeme setzen diese Daten dann in interne Routing-Informationen für Intradomain-Routingprotokolle wie Open Shortest Path First.

LDP – Label Distribution Protocol

Bei dem Label Distribution Protocol handelt es sich um ein Signalisierungsprotokoll für den Verbindungsaufbau über Label Switched Path in Multiprotocol Label Switching Netzwerken. Das Protokoll dient dazu Labels zwischen zwei Label Switch Routern auszuhandeln.

LSP – Label Switched Path

Das Internet baut auf dem Internetprotokoll IP auf, ist also ein paketvermitteltes Netz. Das Protokoll Multiprotocol Label Switching erlaubt es, auf einem paketvermittelten Netz virtuelle Leitungen aufzusetzen. Bei Multiprotocol Label Switching heißen solche Leitungen Label Switched Path.

LSR – Label Switch Routern

Ein Label Switch Router ist ein Router im Innern eines Multiprotocol Label Switching Netzwerkes. Er ist für den Austausch der Multiprotocol Label Switching Labels verantwortlich, die zum Weiterleiten der IP Pakete verwendet werden.

PE – Provider Edge

Ein Provider Edge ist ein Label Switch Router in Multi-Protocol Label Switching.

OSPF – Open Shortest Path First

OSPF ist vielleicht das am häufigsten verwendete Interior Gateway Protocol in großen Unternehmensnetzen. Das am häufigsten verwendete Exterior Gateway Protocol ist das Border Gateway Protocol, das Haupt-Routing-Protokoll zwischen autonomen Systemen.

RD – Route Distinguisher

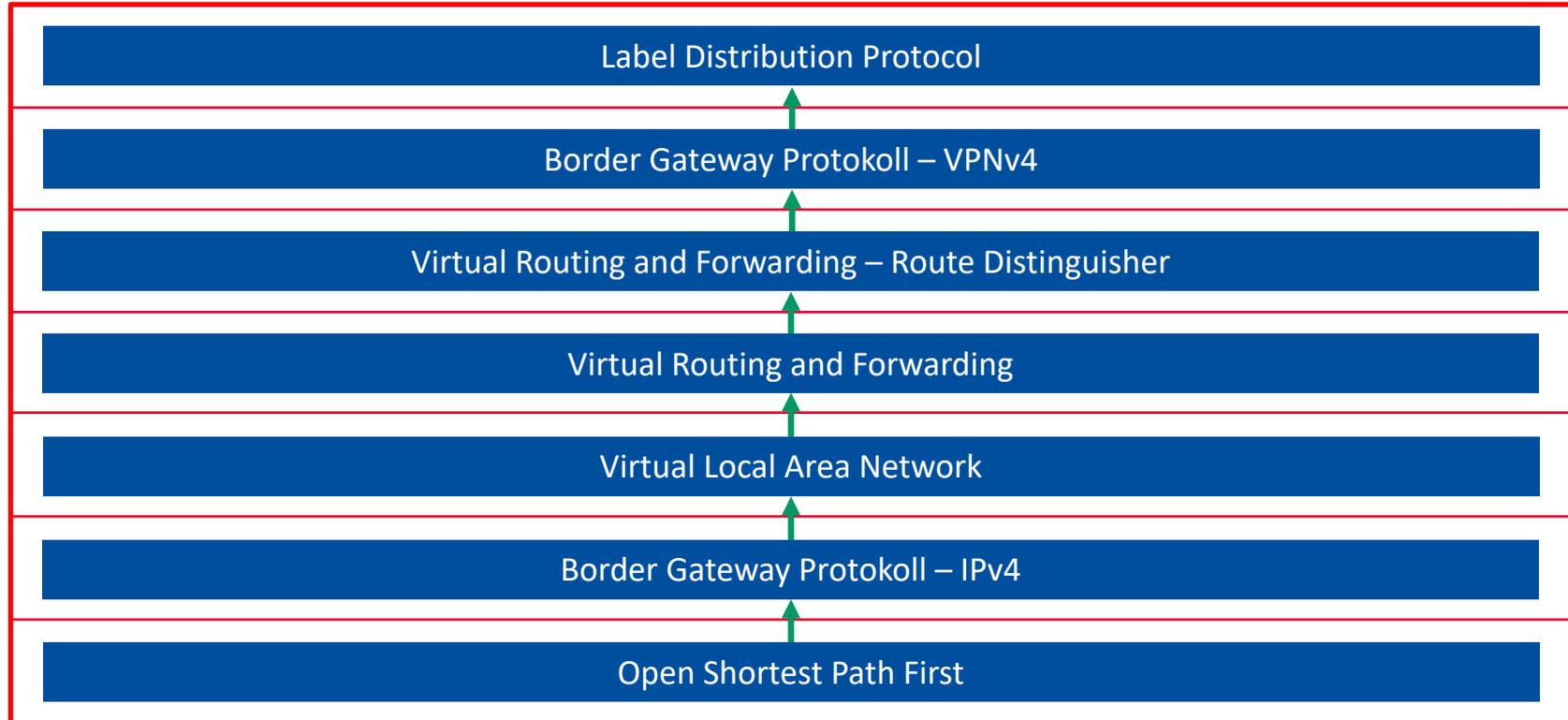
Ein Routenunterscheidungsmerkmal ist ein Adressenqualifizierer, das nur innerhalb eines Multiprotocol Label Switching Netzwerks eines einzelnen Internetdienstanbieters verwendet wird. Es wird verwendet, um die unterschiedlichen virtuellen privaten Netzwerke auf Routen von separaten Kunden zu unterscheiden, die eine Verbindung mit dem Anbieter herstellen.

VRF – Virtual Routing and Forwarding

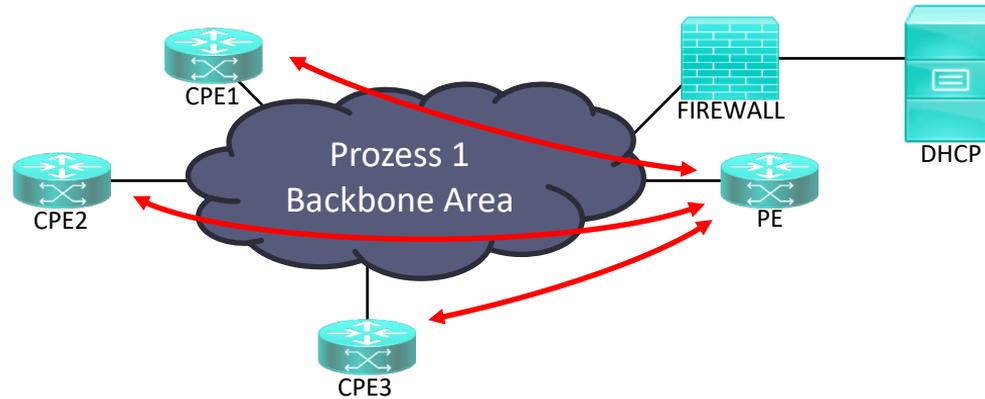
Eine Virtual Routing and Forwarding Instanz bezeichnet eine im Cisco IOS implementierte Funktion, die virtuelle Router auf einem physischen Router ermöglicht.



Aufbau



Open Shortest Path First	Border Gateway Protokoll
<ul style="list-style-type: none">• Einfach zu konfigurierendes dynamisches Routing Protokoll• Jeder Router im OSPF Prozess ist im Standard jedem Router bekannt• Änderungen im Design der IP Subnetze werden automatisch übernommen• Kann nicht mit Multiprotocol Label Switching Labeln umgehen	<ul style="list-style-type: none">• Kompliziert zu konfigurierendes dynamisches Routing Protokoll• Jeder Router muss mit jedem Router im Standard als Nachbar manuell konfiguriert werden• Änderungen im Design der IP Subnetze müssen von Hand angepasst werden• Kann mit Multiprotocol Label Switching Labeln umgehen



OSPF Prozess 1 – Backbone Area

Für den Aufbau des OSPF Backbone wird auf einen, der Infrastruktursituation geschuldet, sehr einfachen Aufbau gesetzt. Für die Kommunikation aller Router untereinander wird auf eine Layer 2 Verbindung, mit einem 192.168.115.0 /24 Subnetz, zurückgegriffen, d. h. alle Router sind Mitglied der Backbone Area (Area 0).

CPE Router

Der CPE Router wird in den entsprechenden Ziellokationen platziert. Diesem wird auf einem WAN Interface, in diesem Fall Interface 0/1, eine IP-Adresse via DHCP zugewiesen. Dieses Interface nimmt auch OSPF Prozess teil und baut so Nachbarschaftsbeziehungen zu den anderen, in der Backbone Area vorhandenen, Routern auf. Weiterhin verbreitet der CPE Router seine eindeutige und einzigartige Loopback Adresse aus dem Subnet 1.0.0.0 /24.

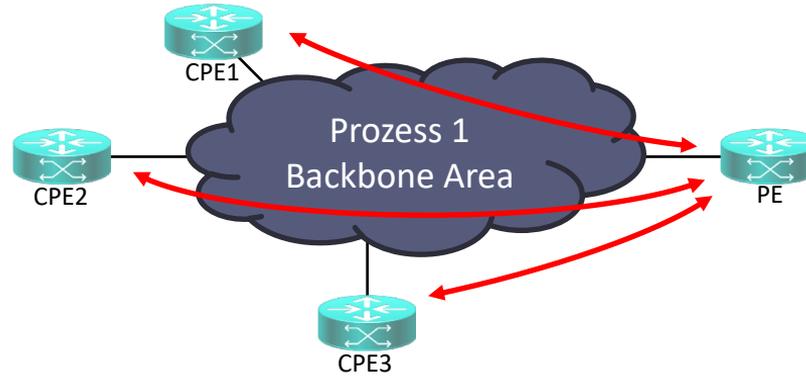
PE Router

Der PE Router befindet sich permanent in der Umgebung der Shared Infrastruktur und verhält sich genauso wie der CPE Router.

Network Access Control (NAC)

(wird hier nicht behandelt)

MPLS – Open Shortest Path First - Konfiguration



CPE1

```
interface loopback 0
  description Router ID | OSPF 1
  ip address 1.0.0.64 255.255.255.255
  ip ospf 1 area 0
exit

interface FastEthernet 0/1
  description R217-SW-01 | 48
  ip address dhcp
  ip ospf 1 area 0
  no shutdown
exit

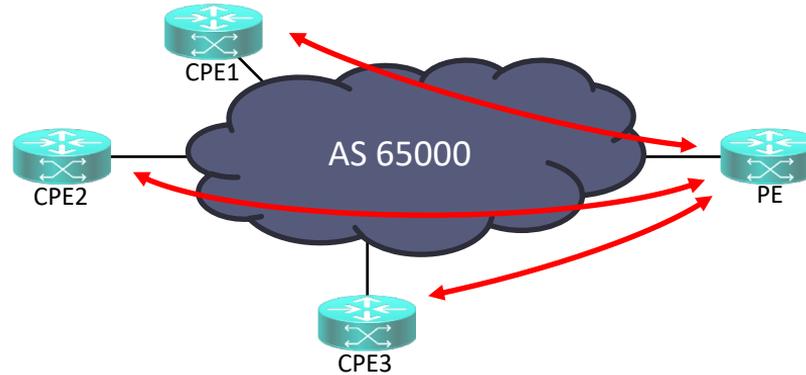
router ospf 1
  router-id 1.0.0.64
exit
```

PE

```
interface loopback 0
  description Router ID | OSPF 1
  ip address 1.0.0.1 255.255.255.255
  ip ospf 1 area 0
exit

interface FastEthernet 0/1
  description R088-SW-06 | A24
  ip address dhcp
  ip ospf 1 area 0
  no shutdown
exit

router ospf 1
  router-id 1.0.0.1
exit
```



Border Gateway Protokoll

Durch die OSPF Routingnachbarschaften, kennen nun der PE und die CPE Router die eindeutigen Loopback Adressen. Dieser Vorteil wird nun für die Nachbarschaftsbeziehung um BGP ausgenutzt, denn nun ist es egal ob, sich die Adresse des Transfernetzwerks zum PE oder CPE Router ändert, die Loopback Adressen bleiben immer gleich.

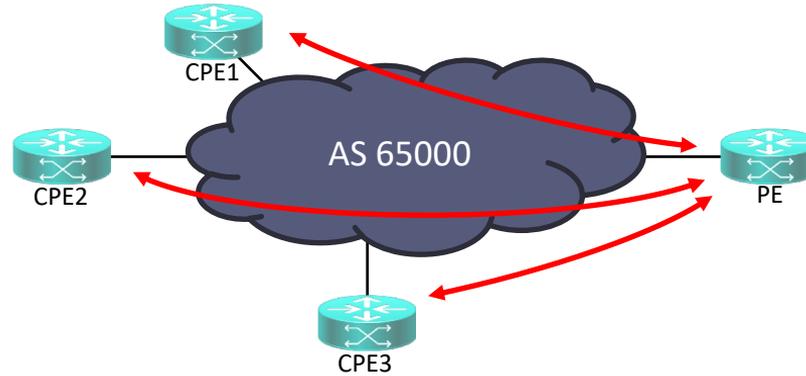
CPE Router

Auf den CPE Routern werden nun eine Nachbarschaftsbeziehungen im Protokoll IPv4 zum PE Router aufgebaut.

PE Router

Auf dem PE Router werden nun eine Nachbarschaftsbeziehungen im Protokoll IPv4 zu den CPE Routern aufgebaut.

MPLS – Border Gateway Protokoll IPv4

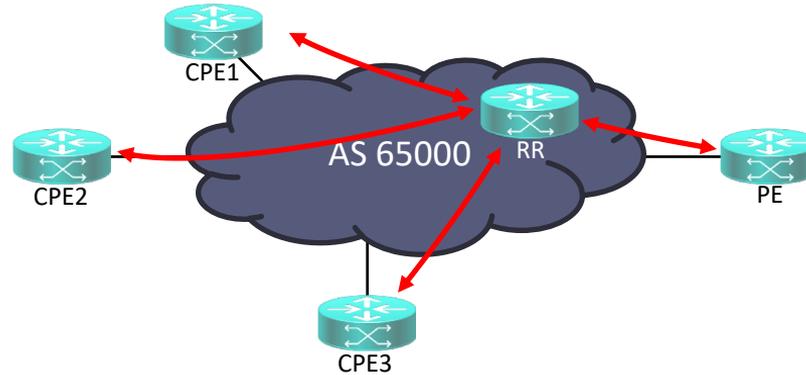


CPE1

```
router bgp 65000
  bgp router-id 1.0.0.64
  no bgp default ipv4-unicast
  neighbor 1.0.0.1 remote-as 65000
  neighbor 1.0.0.1 update-source Loopback0
exit
```

PE

```
router bgp 65000
  bgp router-id 1.0.0.1
  no bgp default ipv4-unicast
  neighbor 1.0.0.64 remote-as 65000
  neighbor 1.0.0.64 update-source Loopback0
exit
```



RR - Route Reflector

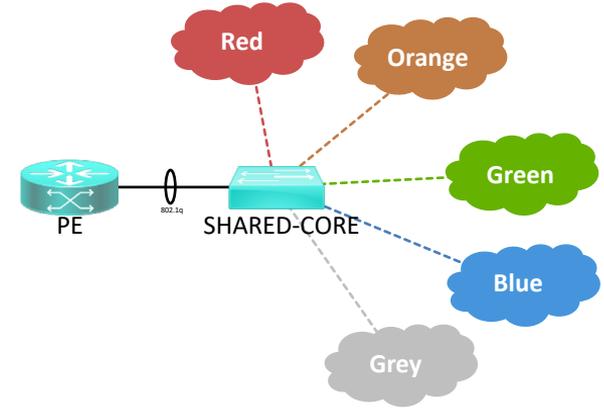
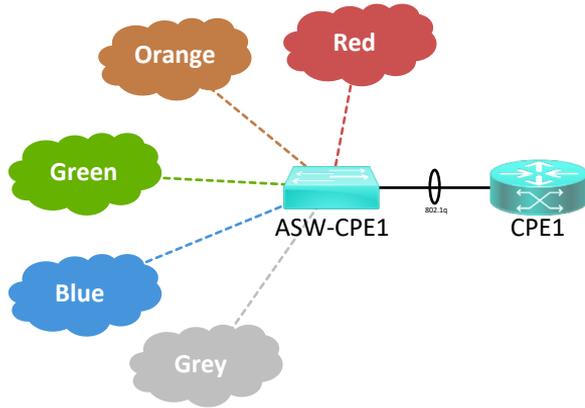
Um das Problem der bei einer vollständigen Vermaschung, auftretenden Vielzahl an BGP-Sessions zu lösen, können in einem Autonomen System ein oder aus Redundanzgründen mehrere BGP-Router als Route Reflector konfiguriert werden.

So schickt jeder eBGP-Router seine via eBGP gelernten Routen via IBGP nur noch an einen den Route Reflector, der sie sammelt und wiederum via iBGP an die anderen BGP-Router im Autonomen System verteilt. Da nun jeder BGP-Router nur eine einzige BGP-Verbindung zu seinem Route Reflector zu halten braucht, fallen insgesamt nur noch n Verbindungen an.

Warum kein Route Reflector

- Es in diesem System keine eBGP Verbindungen
- Es ist nicht geplant über einen Verbund von mehr vier Routern zu bilden
- Die eingesetzte Hardware würde mit der Last nicht skalieren
- ggf. fehlende Hardware

MPLS – Layer 2 (Seite des Providers)



ASW-CPE

Für jede Gruppe wird auf dem entsprechenden Access Switch im Klassenraum ein Interface bereitgestellt. Auf diesen Interfaces sind die Transfernetze der einzelnen Gruppen verfügbar.

CPE Router

Zwischen dem Access Switch im Klassenraum und dem CPE Router wird eine 802.1q Verbindung aufgebaut um die entsprechenden VLANs zu übergeben.

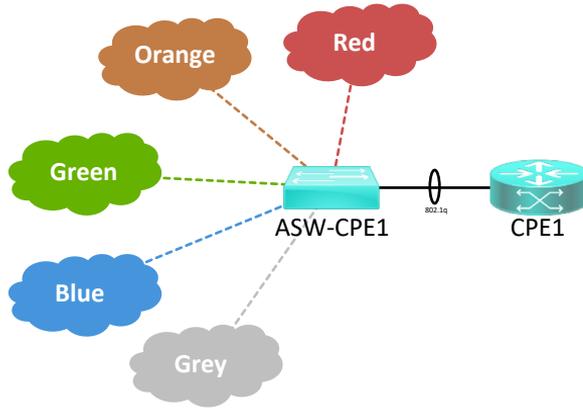
PE Router

Zwischen dem PE Router in der Share Infrastruktur und dem Shared Core wird eine 802.1q Verbindung aufgebaut um die entsprechenden VLANs zu übergeben.

SHARD-CORE

Auf dem Shared Core werden die entsprechenden VLANs für die Server Infrastruktur bereitgestellt.

MPLS – Layer 2 (Seite des Providers)



ASW-CPE1

```
interface FastEthernet 0/24
description CPE1 | Fa0/1
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,...
exit

interface FastEthernet 0/1
description GROUP GREY
switchport mode access
switchport access vlan GREY
exit

interface FastEthernet 0/2
description GROUP BLUE
switchport mode access
switchport access vlan BLUE
exit
```

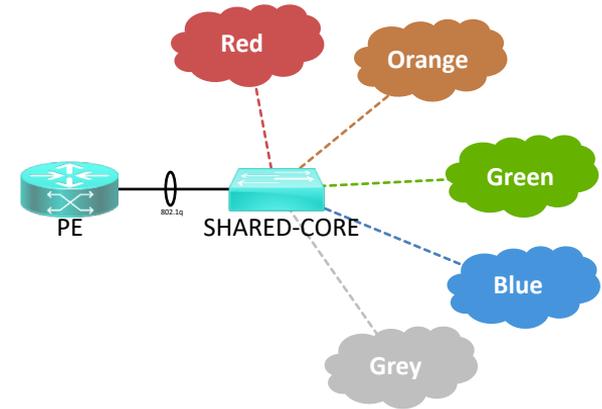
CPE1

```
interface FastEthernet 0/1
description ASW-CPE1 | Fa0/24
no ip address
no shutdown
exit

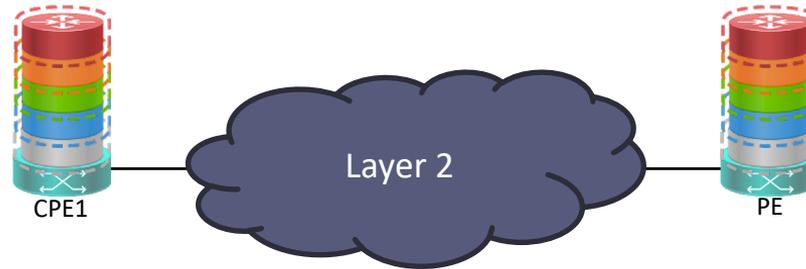
interface FastEthernet 0/1.GREY
description GROUP GREY
encapsulation dot1q GREY
exit

interface FastEthernet 0/1.BLUE
description GROUP BLUE
encapsulation dot1q BLUE
exit
```

MPLS – Layer 2 (Seite des Providers)



PE	SHARED-CORE
<pre>interface FastEthernet 0/1 description SHARED-CORE Fa0/1 no ip address no shutdown exit interface FastEthernet 0/1.GREY description SERVER GREY encapsulation dot1q GREY exit interface FastEthernet 0/1.BLUE description SERVER BLUE encapsulation dot1q BLUE exit</pre>	<pre>interface FastEthernet 0/1 description CPE1 Fa0/1 switchport mode trunk switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,... exit interface FastEthernet 0/2 description SHARED SERVER 1 Gi1 switchport mode trunk switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,... exit interface FastEthernet 0/3 description SHARED SERVER 1 Gi2 switchport mode mode trunk switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,... exit</pre>



Virtual Routing and Forwarding

VRF stellt eine Möglichkeit auf Routern bereit um diese in virtuelle Router aufzuteilen. Das bedeutet es werden der Router als Host genutzt und auf diesem werden weitere Router virtualisiert. Diese virtuellen Router arbeiten völlig unabhängig von einander, d. h. es wäre sogar möglich auf jedem virtuellen Router das gleiche Subnetz zu verwenden.

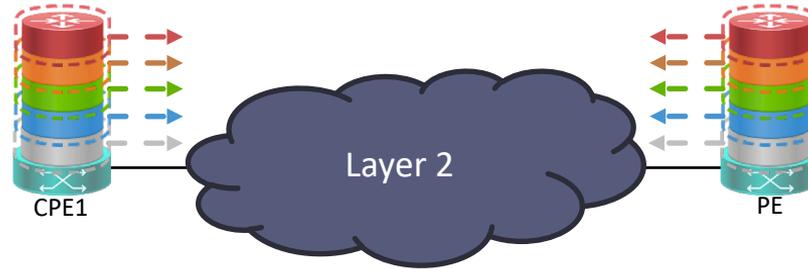
CPE Router

Auf den CPE Routern werden maximal fünf VRF Instanzen angelegt, die später via 802.1q auf dem LAN Interface an einen entsprechenden Switch übergeben werden, wo diese dann als je ein Access VLAN bereitgestellt werden.

PE Router

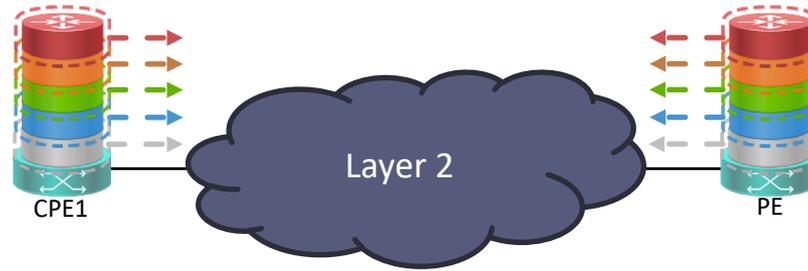
Auf den CPE Routern werden n VRF Instanzen, abhängig von der Leistungsfähigkeit des Routers, angelegt – in diesem Beispiel 15 Instanzen, die später via 802.1q auf dem LAN Interface über einen entsprechenden Switch dann an die Shared Infrastruktur übergeben werden.

MPLS – Virtual Routing and Forwarding



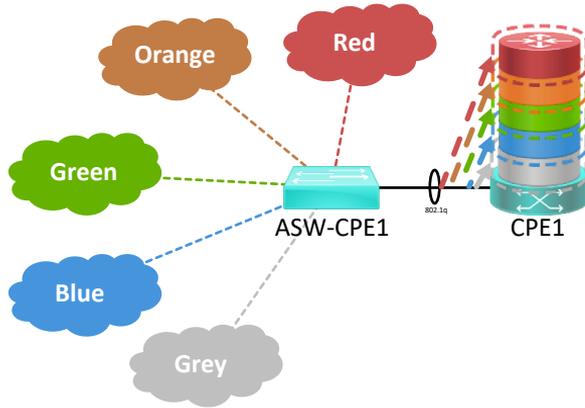
Model	Maximum Throughput	Maximum Number of VRF	Maximum VRF Routes
Cisco 3900 ISR	350 Mbps	75	150.000
Cisco 3845 ISR	45 Mbps	25	50.000
Cisco 3825 ISR	16 Mbps	25	50.000
Cisco 2900 ISRs	24 Mbps	45	60.000
Cisco 2800 ISRs	8 Mbps	15	20.000
Cisco 1900 ISRs	6 Mbps	15	30.000
Cisco 1841 ISRs	2 Mbps	5	20.000

MPLS – Virtual Routing and Forwarding



CPE1	PE
<pre>vrf definition GREY description GREY address-family ipv4 exit exit</pre>	<pre>vrf definition GREY description GREY address-family ipv4 exit exit</pre>
<pre>vrf definition BLUE description BLUE address-family ipv4 exit exit</pre>	<pre>vrf definition BLUE description BLUE address-family ipv4 exit exit</pre>
<pre>vrf definition GREEN description GREEN address-family ipv4 exit exit</pre>	<pre>vrf definition GREEN description GREEN address-family ipv4 exit exit</pre>

MPLS – Virtual Routing and Forwarding



ASW-CPE1

```
interface FastEthernet 0/24
  description CPE1 | Fa0/1
  switchport mode trunk
  switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,...
  exit

interface FastEthernet 0/1
  description GROUP GREY
  switchport mode access
  switchport access vlan GREY
  exit

interface FastEthernet 0/2
  description GROUP BLUE
  switchport mode access
  switchport access vlan BLUE
  exit
```

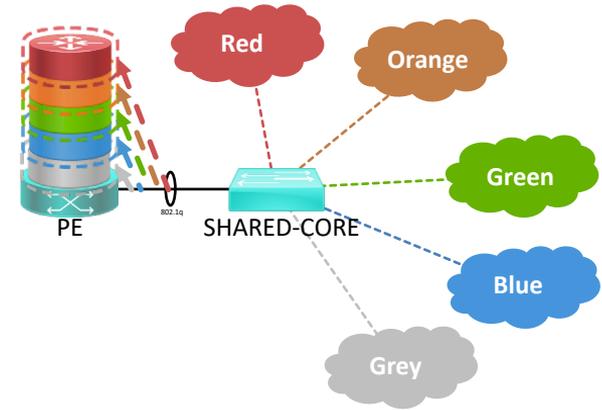
CPE1

```
interface FastEthernet 0/1
  description ASW-CPE1 | Fa0/24
  no ip address
  no shutdown
  exit

interface FastEthernet 0/1.GREY
  description GROUP GREY
  encapsulation dot1q GREY
  vrf forwarding GREY
  exit

interface FastEthernet 0/1.BLUE
  description GROUP BLUE
  encapsulation dot1q BLUE
  vrf forwarding BLUE
  Exit
```

MPLS – Virtual Routing and Forwarding



PE

```
interface FastEthernet 0/1
  description SHARED-CORE | Fa0/1
  no ip address
  no shutdown
  exit

interface FastEthernet 0/1.GREY
  description SERVER GREY
  encapsulation dot1q GREY
  vrf forwarding GREY
  exit

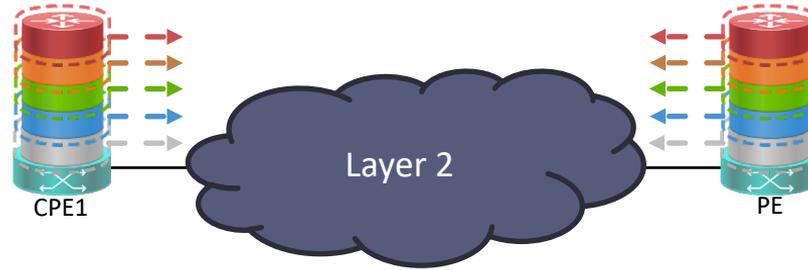
interface FastEthernet 0/1.BLUE
  description SERVER BLUE
  encapsulation dot1q BLUE
  vrf forwarding BLUE
  exit
```

SHARED-CORE

```
interface FastEthernet 0/1
  description CPE1 | Fa0/1
  switchport mode trunk
  switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,...
  exit

interface FastEthernet 0/2
  description SHARED SERVER 1 | Gi1
  switchport mode trunk
  switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,...
  exit

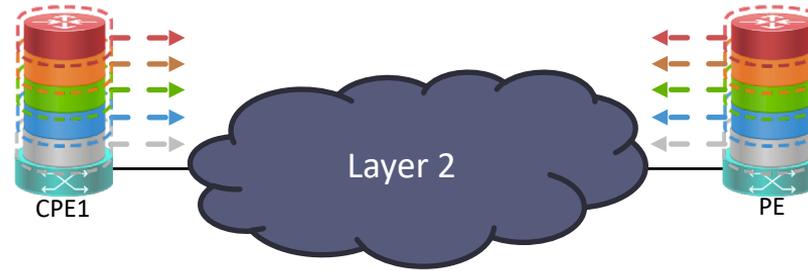
interface FastEthernet 0/3
  description SHARED SERVER 1 | Gi2
  switchport mode mode trunk
  switchport trunk allowed vlan GREY,BLUE,GREEN,...
  exit
```



Route Distinguisher

Der RD wird benötigt um Routen über VRFs hinaus in andere VRFs oder den globalen Routingprozess eines Layer 3 Switches Routers zu exportieren oder zu importieren. Dazu wird in der VRF Definition ein RD definiert, z.B. VRF GREY *rd 1:1* VRF BLUE *rd 1:2*, die Zahlen können willkürlich gewählt werden, als praktisch hat sich erwiesen, die RD auf den VRFs gleichzusetzen, die mit einander Routen austauschen sollen.

MPLS – Virtual Routing and Forwarding – Route Distinguisher



CPE1

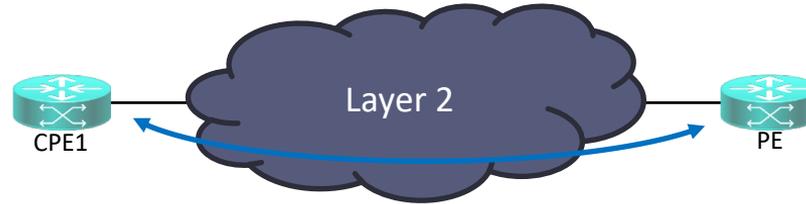
```
vrf definition GREY
rd 1:1
address-family ipv4
  route-target export 1:1
  route-target import 1:1
exit
exit

vrf definition BLUE
rd 1:2
address-family ipv4
  route-target export 1:2
  route-target import 1:2
exit
exit
```

PE

```
vrf definition GREY
rd 1:1
address-family ipv4
  route-target export 1:1
  route-target import 1:1
exit
exit

vrf definition BLUE
rd 1:2
address-family ipv4
  route-target export 1:2
  route-target import 1:2
exit
Exit
```



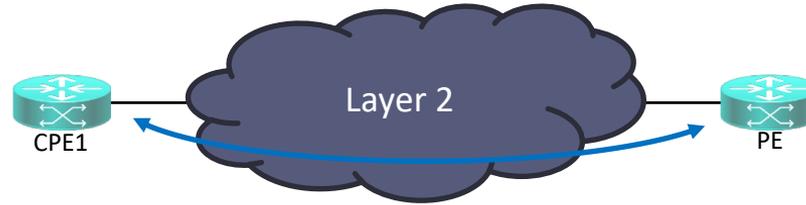
Label Distribution Protocol

Das LDP wird zusätzlich später benötigt, um die exportierten Routen aus den VRFs im globalen Routingprozess unterscheiden zu können. Den das LDP Label wird im TCP Header vor die Information des VRFs geschrieben.

CPE / PE Router

Um LDP auf dem CPE Router zu aktivieren, muss dieser zum einen ein MPLS-Fähiges Betriebssystem haben. Des weiteren wird dazu auf der Schnittstelle, welche der Backbone zugewiesen ist `mpls ip` konfiguriert.

MPLS – Label Distribution Protocol

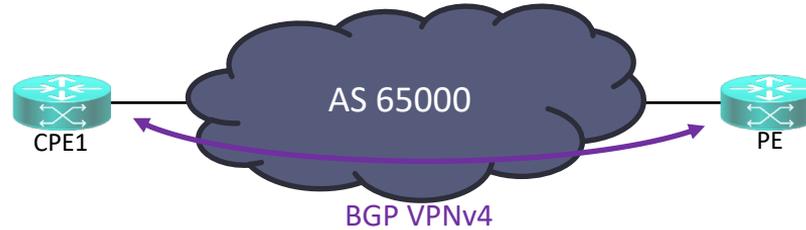


CPE1

```
mpls ip
mpls ip propagate-ttl
mpls label protocol ldp
mpls ldp router-id loopback 0 force
interface FastEthernet 0/1
  mpls ip
exit
router ospf 1
  mpls ldp autoconfig area 0
Exit
```

PE

```
mpls ip
mpls ip propagate-ttl
mpls label protocol ldp
mpls ldp router-id loopback 0 force
interface FastEthernet 0/1
  mpls ip
exit
router ospf 1
  mpls ldp autoconfig area 0
exit
```



Border Gateway Protokoll

Durch die Aktivierung des BGP können nun ein sogenannter BGP VPNv4 Tunnel aufgebaut werden. Da die CPE und PE Router über das OSPF Backbone mit einander verbunden sind. Außerdem werden jetzt hier die Loopback Adressen benötigt.

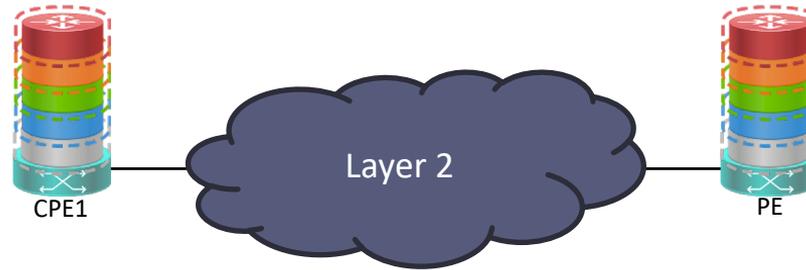
CPE1	PE
<pre>router bgp 65000 bgp router-id 1.0.0.65 no bgp default ipv4-unicast neighbor 1.0.0.1 remote-as 65000 neighbor 1.0.0.1 update-source Loopback0 exit</pre>	<pre>router bgp 65000 bgp router-id 1.0.0.1 no bgp default ipv4-unicast neighbor 1.0.0.64 remote-as 65000 neighbor 1.0.0.64 update-source Loopback0 exit</pre>



Border Gateway Protokoll

Durch das *send-community extended* Kommando wird dieser BGP VPNv4 Tunnel ins MPLS gehoben. Welches im globalen Routingprozess etabliert ist.

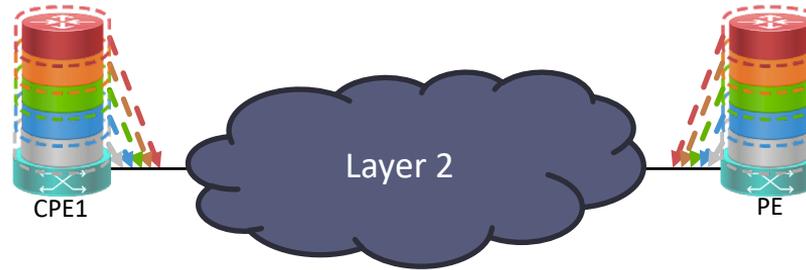
CPE1	PE
<pre>router bgp 65000 address-family vpnv4 neighbor 1.0.0.1 activate neighbor 1.0.0.1 send-community extended exit exit</pre>	<pre>router bgp 65000 address-family vpnv4 neighbor 1.0.0.64 activate neighbor 1.0.0.64 send-community extended exit exit</pre>



Border Gateway Protokoll und Virtual Routing and Forwarding

Nachdem das MPLS im BGP aktiviert wurde, können nun die fünf VRFs mit dem BGP kombiniert werden. Dazu wird pro VRF eine BGP IPv4 Nachbarschaft sowohl auf dem CPE als auch dem PE Router angelegt.

CPE1	PE
<pre>router bgp 65000 address-family ipv4 vrf GREY exit address-family ipv4 vrf BLUE exit address-family ipv4 vrf GREEN exit address-family ipv4 vrf ORANGE exit address-family ipv4 vrf RED exit exit</pre>	<pre>router bgp 65000 address-family ipv4 vrf GREY exit address-family ipv4 vrf BLUE exit address-family ipv4 vrf GREEN exit address-family ipv4 vrf ORANGE exit address-family ipv4 vrf RED exit exit</pre>



Virtual Routing and Forwarding und Route Distinguisher

Die VRFs exportieren und importieren ihre Routen anhand des RD.

Label Distribution Protocol

Das MPLS nimmt die mit dem RD markierten Pakete aus dem VRFs und versieht diese mit einem LDP Label.

Border Gateway Protokoll VPNv4

Das BGP stellt im globalen Routingprozess einen VPNv4 Tunnel Nachbarschaft bereit, der Pakete mit LDP Label transportieren kann.

Border Gateway Protokoll IPv4

Das BGP stellt die VRF basierten Nachbarschaften im IPv4 innerhalb des VPNv4 Tunnels bereit.

Routing

Die angekommenen Pakete der entsprechenden VRFs werden nun innerhalb des MPLS zwischen CPE und PE Router transparent übertragen, so dass es für den Anwender wie ein normaler Router aussieht und so behandelt werden kann.



Fragen



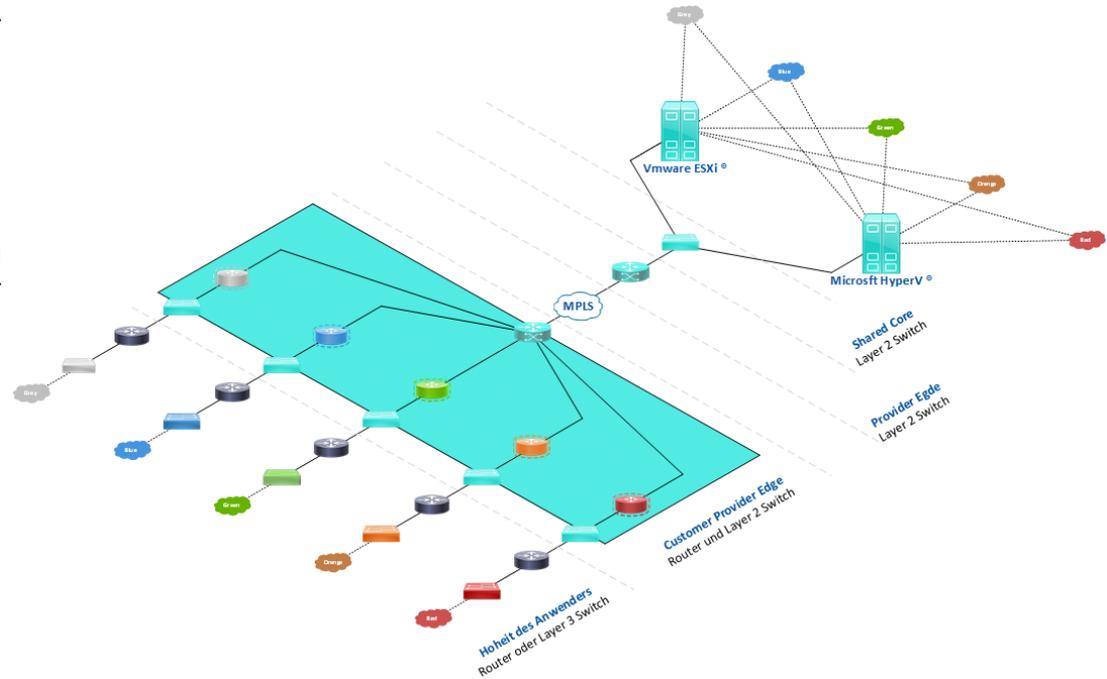
Funktionsweise für den Anwender

Der Anwender nutzt in seinem Projektraum für seine Gruppe entweder:

- Layer 3 Switch
- Layer 2 Switch und Router

In der Shared Infrastruktur stehen dem Anwender folgende virtual Appliances zur Verfügung:

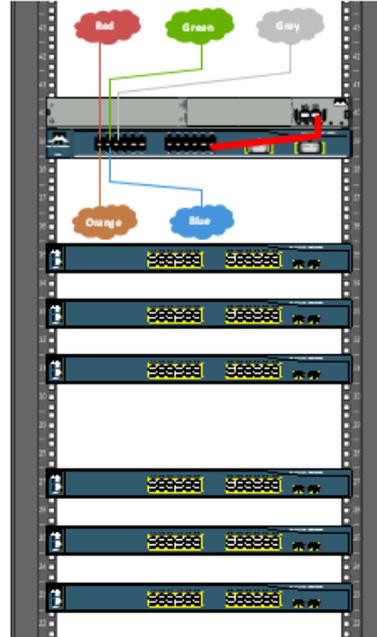
- vServer – Microsoft Windows 2012 R2 (engl.)
- vServer – Microsoft Windows 2016 R2 (engl.)
- vServer – RedHat Enterprise Linux (engl.)
- vServer – SuSE Enterprise Linux (engl.)
- vServer – CentOS (engl.)
- vClient – Windows 10 Edu.



Rack Layout

Jedes Racks ist unter anderem mit folgender Hardware ausgestattet:

- Cisco Integrated Services Router 2800
- Cisco Catalyst 2950
- Cisco Catalyst 3560
- Cisco Catalyst 3750
- Rack Power Distribution
- Rollbares Rack



MPLS

Group 1

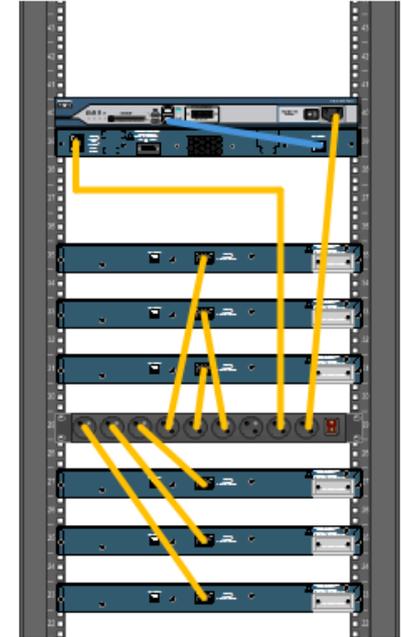
Group 2

Group 3

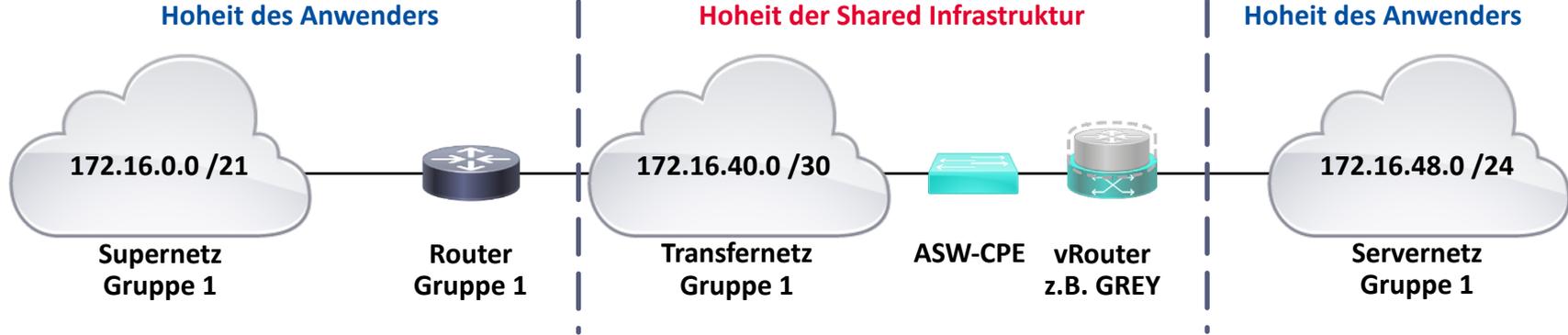
Group 4

Group 5

Spare



Funktionsweise – Sicht für den Anwender



Für den Anwender stellt sich der Aufbau des MPLS wie ein einziger Router dar.

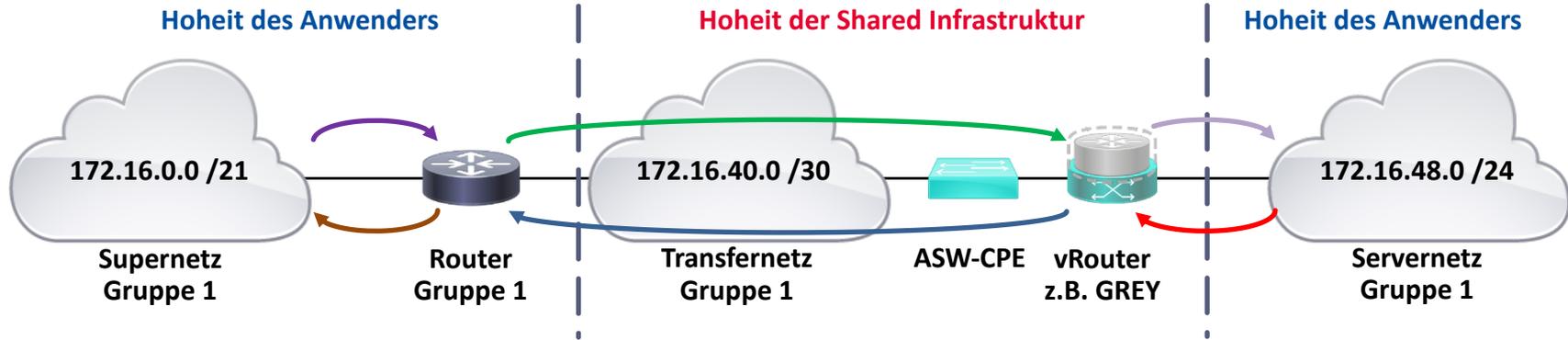
Dieser Router, hier im Beispiel GREY, verbindet zwei Subnetze (172.16.40.0 /30 und 172.16.48.0 /24) mit einander.

Das Supernetz 172.16.0.0 /21 dient der Gruppe 1 für ihren Laboraufbau im Klassenraum und kann nach ihren Vorstellungen vergeben werden, jedoch ist die Einhaltung der Vorgaben durch das IP Address Management erforderlich.

Das Subnetz 172.16.40.0 /30 ist nur ein Transfernetz das zur Verbindung des Supernetzes 172.16.0.0 /21 und dem Servernetz 172.16.48.0 /24 in der Shared Infrastruktur dient.

Das Subnetz 172.16.48.0 /24 dient als Servernetz in der Shared Infrastruktur für Gruppe 1.

Funktionsweise – Aufbau für Gruppe 1



- Alle Endgeräte im Supernetz haben als Default Gateway die jeweilige IP-Adresse des Routers .
Der Router erhält im Transfernetz die IP-Adresse 172.16.40.2.
- Der Router erhält nun eine statische Route auf Servernetz auf IP-Adresse 172.16.40.1 des Router – GREY.
- Damit ist das Servernetz aus Sicht des Supernetz erreichbar.

Die statische Route zum Servernetz kann nun in jedes beliebige Routingprotokoll auf dem Router der Gruppe 1 übergeben (z.B. RIPv1, RIPv2, OSPF, EIGRP, BGP, IS-IS, etc.) werden.

- Alle Endgeräte im Servernetz erhalten als Default-Gateway die IP-Adresse 172.16.48.1 des Router – GREY.
- Der Router – GREY hat ausschließlich eine Route für das Supernetz auf den Router.
- Damit ist das Supernetz aus Sicht des Servernetzes erreichbar.

IP Address Management (IPAM)

(wird hier nicht behandelt)

Configuration Management Database (CMDB)

(wird hier nicht behandelt)

Kursmanagementsystem oder Lernplattform

(wird hier nicht behandelt)



Fragen

Internet Protocol Version 6 (IPv6)

(wird hier nicht behandelt – ist aber bereits implementiert)

Weitere virtuelle Appliances (z.B. Firewall, etc.)
(wird hier nicht behandelt)

Pseudo Internet

(wird hier nicht behandelt)

Internet

(wird hier nicht behandelt)

Pseudowire with Traffic Engineering (L2VPN)

(wird hier nicht behandelt)



Prüfung der Konfiguration



CPE1

```
CPE1#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.0.0.1	1	FULL/DR	00:00:39	192.168.115.1	FastEthernet0/1

```
CPE1#show ip route
```

Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
+ - replicated route, % - next hop override

```
Gateway of last resort is not set
```

```
1.0.0.0/32 is subnetted, 2 subnets  
O    1.0.0.1 [110/2] via 192.168.115.1, 2d00h, FastEthernet0/1  
C    1.0.0.64 is directly connected, Loopback0  
192.168.115.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C    192.168.115.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1  
L    192.168.115.66/32 is directly connected, FastEthernet0/1
```

Prüfung – Open Shortest Path First



PE

```
PE#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.0.0.64	1	FULL/DROTHER	00:00:39	192.168.115.66	FastEthernet0/1

```
PE#show ip route
```

Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
+ - replicated route, % - next hop override

```
Gateway of last resort is not set
```

```
1.0.0.0/32 is subnetted, 2 subnets  
C    1.0.0.1 is directly connected, Loopback0  
O    1.0.0.64 [110/2] via 192.168.115.66, 2d00h, FastEthernet0/1  
192.168.115.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C    192.168.115.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1  
L    192.168.115.1/32 is directly connected, FastEthernet0/1
```

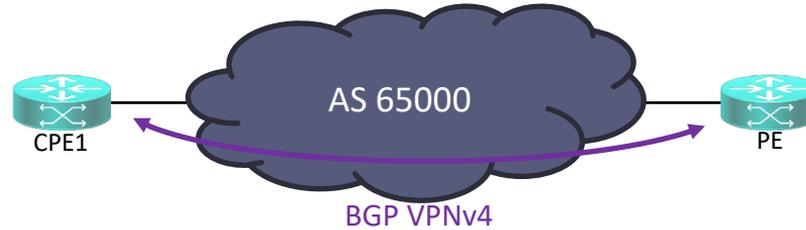


CPE1

```
CPE1#show ip bgp all
For address family: VPNv4 Unicast

BGP table version is 31, local router ID is 1.0.0.64
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, m multipath, b backup-path, x best-external, f RT-Filter
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
Route Distinguisher: 1:1 (default for vrf GREY)
*>i172.16.48.0/24   1.0.0.1             0      100      0 i
Route Distinguisher: 1:2 (default for vrf BLUE)
*>i172.16.49.0/24   1.0.0.1             0      100      0 i
Route Distinguisher: 1:3 (default for vrf GREEN)
*>i172.16.50.0/24   1.0.0.1             0      100      0 i
Route Distinguisher: 1:4 (default for vrf ORANGE)
*>i172.16.51.0/24   1.0.0.1             0      100      0 i
Route Distinguisher: 1:5 (default for vrf RED)
*>i172.16.52.0/24   1.0.0.1             0      100      0 i
```



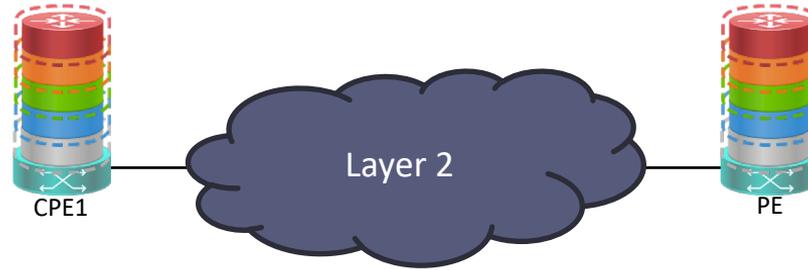
PE

```
PE#show ip bgp all
For address family: VPNv4 Unicast

BGP table version is 138, local router ID is 1.0.0.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, m multipath, b backup-path, x best-external, f RT-Filter
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
Route Distinguisher: 1:1 (default for vrf GREY)
*> 172.16.48.0/24   0.0.0.0            0          32768 i
Route Distinguisher: 1:2 (default for vrf BLUE)
*> 172.16.49.0/24   0.0.0.0            0          32768 i
Route Distinguisher: 1:3 (default for vrf GREEN)
*> 172.16.50.0/24   0.0.0.0            0          32768 i
Route Distinguisher: 1:4 (default for vrf ORANGE)
*> 172.16.51.0/24   0.0.0.0            0          32768 i
Route Distinguisher: 1:5 (default for vrf RED)
*> 172.16.180.0/24  0.0.0.0            0          32768 i
```

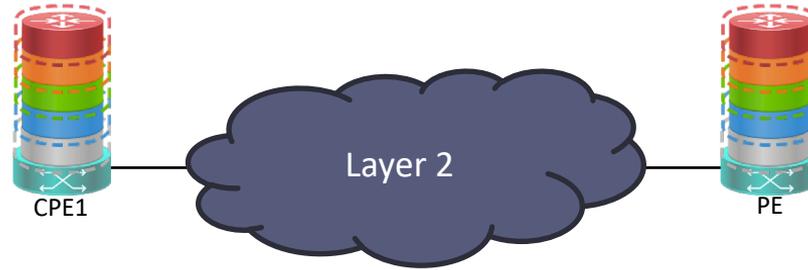
Prüfung – Virtual Routing and Forwarding



PE

```
PE#show vrf
```

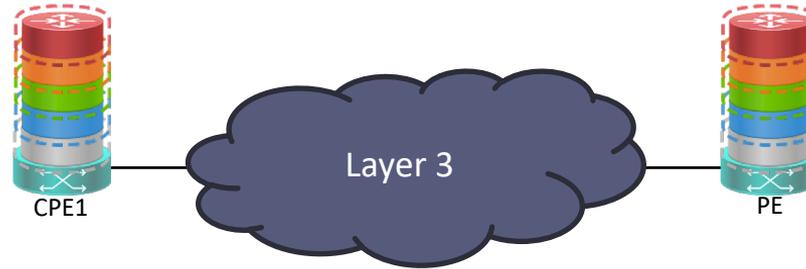
Name	Default RD	Protocols	Interfaces
GREY	1:1	ipv4	Fa0/0.711
BLUE	1:2	ipv4	Fa0/0.712
GREEN	1:3	ipv4	Fa0/0.713
ORANGE	1:4	ipv4	Fa0/0.714
RED	1:5	ipv4	Fa0/0.715



PE

```
PE#show vrf
Name                Default RD          Protocols  Interfaces
GREY                1:1                 ipv4       Fa0/0.711
BLUE                1:2                 ipv4       Fa0/0.712
GREEN               1:3                 ipv4       Fa0/0.713
ORANGE              1:4                 ipv4       Fa0/0.714
RED                 1:5                 ipv4       Fa0/0.715
```

Prüfung – Virtual Routing and Forwarding – Interfaces

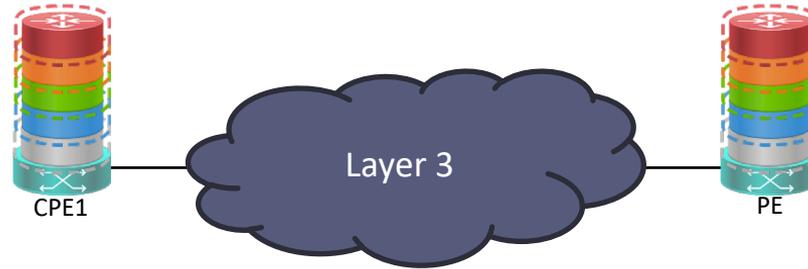


CPE1

```
CPE1#show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	unassigned	YES	NVRAM	up	up
FastEthernet0/0.711	172.16.40.1	YES	NVRAM	up	up
FastEthernet0/0.712	172.16.41.1	YES	NVRAM	up	up
FastEthernet0/0.713	172.16.42.1	YES	NVRAM	up	up
FastEthernet0/0.714	172.16.43.1	YES	NVRAM	up	up
FastEthernet0/0.715	172.16.44.1	YES	NVRAM	up	up

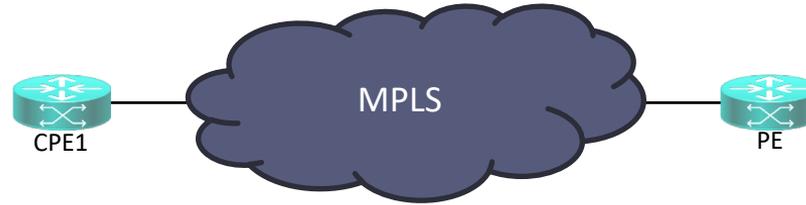
Prüfung – Virtual Routing and Forwarding – Interfaces



PE

```
PE#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status  Protocol
FastEthernet0/0    unassigned      YES unset  up      up
FastEthernet0/0.711 172.16.48.1     YES manual up      up
FastEthernet0/0.712 172.16.49.1     YES manual up      up
FastEthernet0/0.713 172.16.50.1     YES manual up      up
FastEthernet0/0.714 172.16.51.1     YES manual up      up
FastEthernet0/0.715 172.16.52.1     YES manual up      up
```

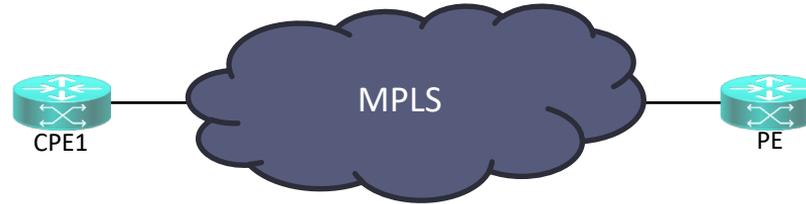
Prüfung – Label Distribution Protocol – Forwarding Table



CPE1

```
CPE1#show mpls forwarding-table
Local   Outgoing  Prefix          Bytes Label  Outgoing  Next Hop
Label   Label     or Tunnel Id   Switched     interface
18      Pop Label  1.0.0.1/32     0            Fa0/1     192.168.115.1
```

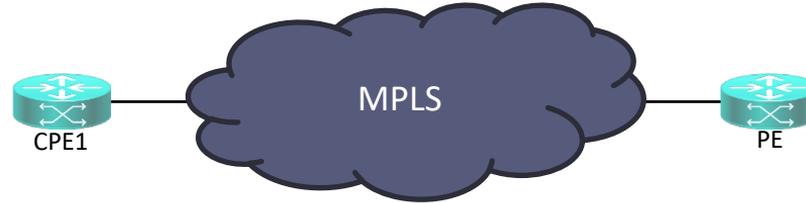
Prüfung – Label Distribution Protocol – Forwarding Table



PE

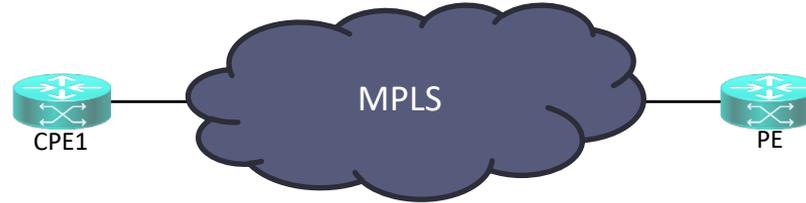
```
PE#show mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Label Switched	Outgoing interface	Next Hop
20	Pop Label	1.0.0.64/32	0	Fa0/1	192.168.115.64
31	No Label	172.16.48.0/24[V]0		aggregate/GREY	
32	No Label	172.16.49.0/24[V]0		aggregate/BLUE	
33	No Label	172.16.50.0/24[V]0		aggregate/GREEN	
34	No Label	172.16.51.0/24[V]0		aggregate/ORANGE	
35	No Label	172.16.52.0/24[V]0		aggregate/RED	



CPE1

```
CPE1#show mpls ldp bindings
lib entry: 1.0.0.1/32, rev 10
  local binding: label: 18
  remote binding: lsr: 1.0.0.1:0, label: imp-null
lib entry: 1.0.0.64/32, rev 2
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 1.0.0.1:0, label: 20
lib entry: 192.168.115.0/24, rev 4
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 1.0.0.1:0, label: imp-null
```



PE

```
PE#show mpls ldp bindings
lib entry: 1.0.0.1/32, rev 2
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 1.0.0.64:0, label: 18
lib entry: 1.0.0.64/32, rev 10
  local binding: label: 20
  remote binding: lsr: 1.0.0.64:0, label: imp-null
lib entry: 192.168.115.0/24, rev 4
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 1.0.0.64:0, label: imp-null
```



Fragen