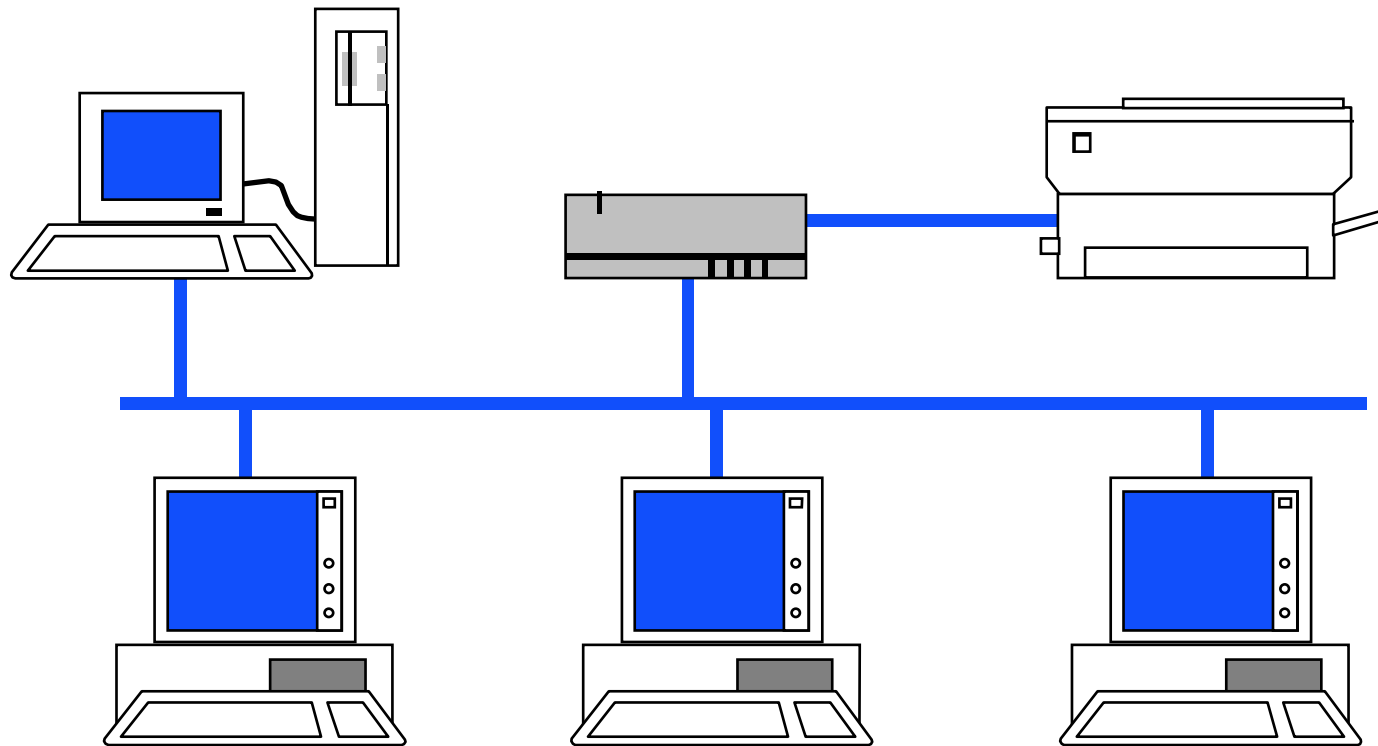


# IPv6

Mag. Dr. Klaus Coufal



# Übersicht

- 1. IPv6 Adressierung
- 2. IPv6 SLAAC+DHCPv6
- 3. IPv6 ACLs
- 4. IPv6 Statische Routen
- 5. IPv6 RIP (RIPng)
- 6. IPv6 EIGRP
- 7. IPv6 OSPF (OSPFv3)

# 1. IPv6 Adressierung

- 1.1 Unterschiede zu IPv4
- 1.2 IPv4 versus IPv6 Header
- 1.3 IPv6 Adressstruktur
- 1.4 EUI-64
- 1.5 RFCs
- 1.6 Routerkonfiguration

# 1.1 Unterschiede zu IPv4 1

- 128 Bit-Adressen (statt 32 Bit)
- Statt Dezimal-Schreibweise in 4 8-Bit Blöcken durch „.“ getrennt, Hexadezimalschreibweise in 8 16-Bit Blöcken durch „:“ getrennt
- Fixe Headerlänge (40 Bytes gegenüber  $\geq 20$  Bytes bei IPv4)

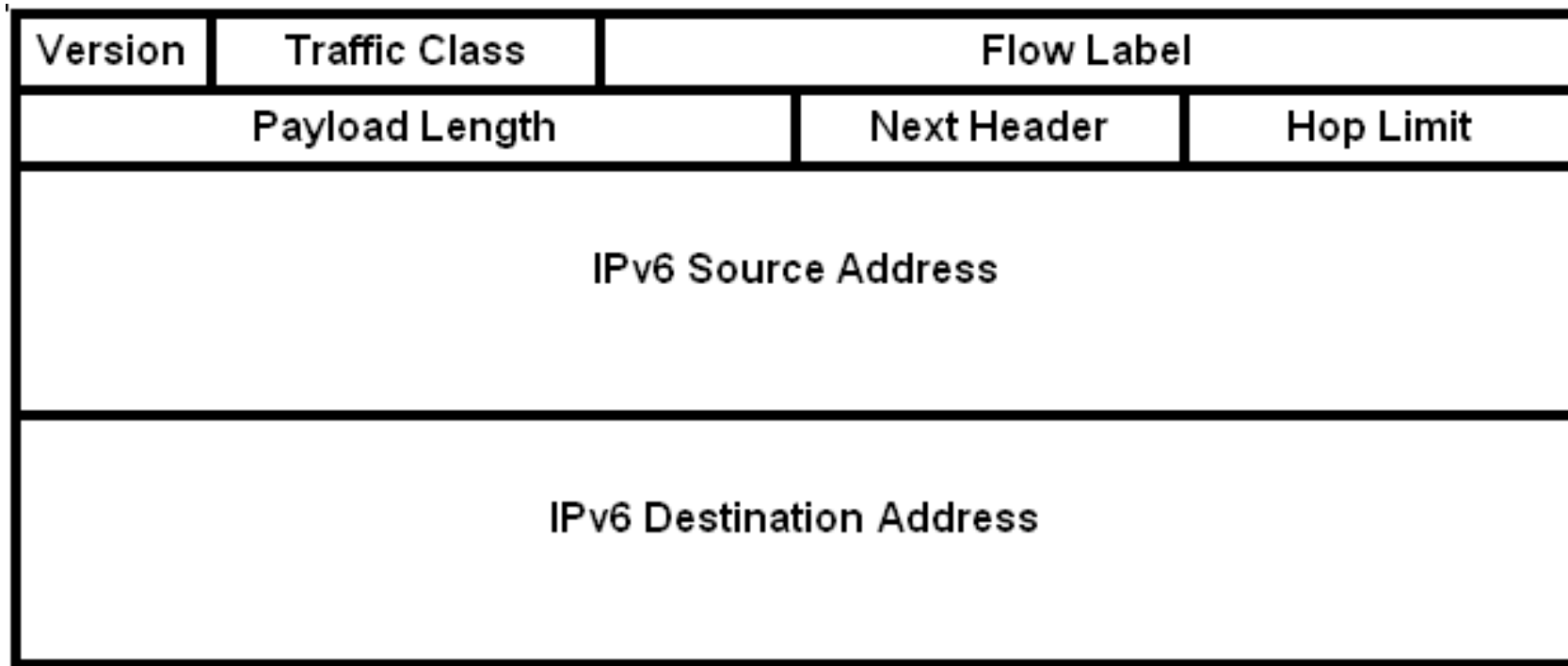
# 1.1 Unterschiede zu IPv4 2

- Anycast statt Broadcast
- MTU bis zu 1280 Bytes (statt 576)
- IPsec native (Encryption direkt)
- Addressscopes (Global, Site-Local, Unique-Local, Link-Local)
- Mehrere Adressen pro Interface
- ...

# 1.2 IPv4 Header

Version	IHL	TOS	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL		Protocol	IP Header Checksum	
IPv4 Source Address				
IPv4 Destination Address				
(Option)		(Padding)		

# 1.2 IPv6 Header



# 1.3 IPv6 Adressstruktur



- Site Prefix (48 Bit) vom Provider
- Subnet ID (16 Bit)
- Interface ID (64 Bit) MAC-Adresse im EUI (Extended Unique Identifier)-Format oder Manuell zugeordnet



# 1.3 Schreibweise

- Hexadezimal in 16 Bit Blöcken
- Getrennt durch „:“ (Doppelpunkt)
- Führende „0“ können weggelassen werden
- Subnetzangaben immer in Präfixschreibweise (keine „Dotted“-Notation)
- Viele 0-Bits können einmalig durch „::“ ersetzt werden

– ::1      ≙      0:0:0:0:0:0:0:1

# 1.3 Spezielle Adressen

Unspecified	::/128
Loopback	::1/128
Multicast	FF00::/8
Link-local unicast	FE80::/10
Global unicast	Rest (derzeit 2000::/3)

# 1.3 IPv4-Adressen in IPv6

- IPv4-Compatible IPv6-Address
  - 0:: (80+16 „0“ davor)
- IPv4-Mapped IPv6-Address
  - 0::FFFF:IPv4-Address (80 „0“ davor)

# 1.3 Aufbau Global Unicast

- 48 Bit Global Routing Prefix
  - 32 Bit IANA/RIR
  - 16 Bit LIR (Local Internet Registry)
  - Andere Aufteilungen möglich
- 16 Bit Subnet ID
- 64 Bit Interface ID

# 1.3 Aufbau Global Unicast

- 2000::/3 (2000-3FFF)
- Davon sind einige Blöcke ausgenommen
  - 2001:db8::/32 für Dokumentationszwecke
- RIR zugeordnet (Beispiele)
  - 2001:0::/23 direkt von der IANA
  - 2001:200::/23 von der APNIC
  - 2001:400::/23 von der ARIN
  - 2001:600::/23 von der RIPE
  - 2001:1200::/23 von der LACNIC
  - 2C00::/12 von der AfriNIC

# 1.3 Multicastadressen

<b>Protocol</b>	<b>IPv4</b>	<b>IPv6</b>
OSPF (Router)	224.0.0.5	FF02::5
OSPF (DR/BDR)	224.0.0.6	FF02::6
RIPv2	224.0.0.9	FF02::9
EIGRP	224.0.0.10	FF02::A

# 1.4 EUI-64 1

- Extended Unique Identifier (64 Bit)
- Aus der 48 Bit MAC-Adresse wird eine 64 Bit Adresse geformt, die zusammen mit der Netzadresse, dann eine IPv6-Adresse bildet.
- MAC besteht aus 24 Bit OUI (Organizationally Unique Identifier) und 24 Bit Laufender Nummer

## 1.4 EUI-64 2

- EUI-64 bildet sich aus OUI, „FFFE“ und laufender Nummer
- U/L-Bit der MAC-Adresse kann invertiert werden (modifizierte EUI-64)
- MAC: 00:23:1A:12:34:AB
- EUI-64: 0023:1AFF:FE12:34AB
- Mod. EUI-64: 0223:1AFF:FE12:34AB



# 1.5 RFCs

- RFC 2460 IPv6 Spezifikation
- RFC 4291 Adressarchitektur
- RFC 4861 Neighbor Discovery for IPv6
- RFC 4862 IPv6 SLAAC (Autoconf.)
- RFC 5156 Spezielle IPv6-Adressen
- RFC 5942 IPv6 Subnet Model

# 1.6 Routerkonfiguration

enable

ipv6 unicast-routing

interface <interfaceID>

    ipv6 address FE80::1 link-local

    ipv6 address 2001:DB8:FEED:DAC::1/64

    ipv6 address <prefix/prefix-length> eui-64

    ipv6 address <prefix/prefix-length> anycast

## 2. IPv6 SLAAC+DHCPv6

- 2.1 SLAAC
- 2.2 Stateful DHCPv6
- 2.3 DHCPv6 Message Types
- 2.4 Stateful Konfiguration
- 2.5 Stateless DHCPv6
- 2.6 Stateless Konfiguration
- 2.7 Überprüfung

## 2.1 SLAAC

- Stateless Address Auto Configuration
- Keinerlei manuelle Konfiguration
- Kein Serverdienst notwendig
- Clients konfigurieren ihre IPv6-Adresse an Hand von Router Advertisements
- Vorgabe des Präfixes durch den Router
- Rest aus der Interface ID

## 2.2 Stateful DHCPv6

- Die Adresszuordnung erfolgt zentral
- 2 Varianten
  - Rapid Commit (nur „Solicit“ und „Reply“)
  - Normal Commit (alle 4 Nachrichten)
- Default: Normal Commit
- Rapid Commit muß am Server und am Client konfiguriert werden

## 2.3 DHCPv6 Message Types 1

<b>DHCPv6 Message Type</b>	<b>DHCPv4 Message Type</b>
SOLICIT	DHCPDISCOVER
ADVERTISE	DHCPOFFER
REQUEST, RENEW, REBIND	DHCPREQUEST
REPLY	DHCPACK/DHCPNAK
RELEASE	DHCPRELEASE
INFORMATION-REQUEST	DHCPINFORM
DECLINE	DHCPDECLINE
CONFIRM	-
RECONFIGURE	DHCPFORCERENEW
RELAY-FORW, RELAY-REPLY	-

## 2.3 DHCPv6 Message Types 2

- SOLICIT Client: Locate DHCP Servers
- ADVERTISE Server: Hier ist ein DHCP Server
- REQUEST Client: Brauche Information
- RENEW Client: Informationserneuerung
- REBIND Client: Brauche Infos weiterhin
- REPLY Server: Hier die Informationen
- RELEASE Client: Brauche Infos nicht mehr

## 2.3 DHCPv6 Message Types 3

- INFORMATION-REQUEST: Client: Brauche Infos aber keine IPv6 Adresse
- DECLINE Client: Verweigere Updateinfo
- CONFIRM Client: Infos werden verwendet
- RECONFIGURE Server: Infos haben sich geändert
- RELAY-FORW Relay: Nachrichtenweiterleitung
- RELAY-REPLY Server: Nachricht zum Weiterleiten



## 2.4 Stateful Konfiguration Server

```
ipv6 unicast-routing
```

```
ipv6 dhcp pool DHCP_Stateful
```

```
    address prefix 2001:DB8:acad:1::/64 lifetime infinite
```

```
    dns-server 2001:DB8:acad:2::F
```

```
    domain-name spengergasse.at
```

```
interface fa0/0
```

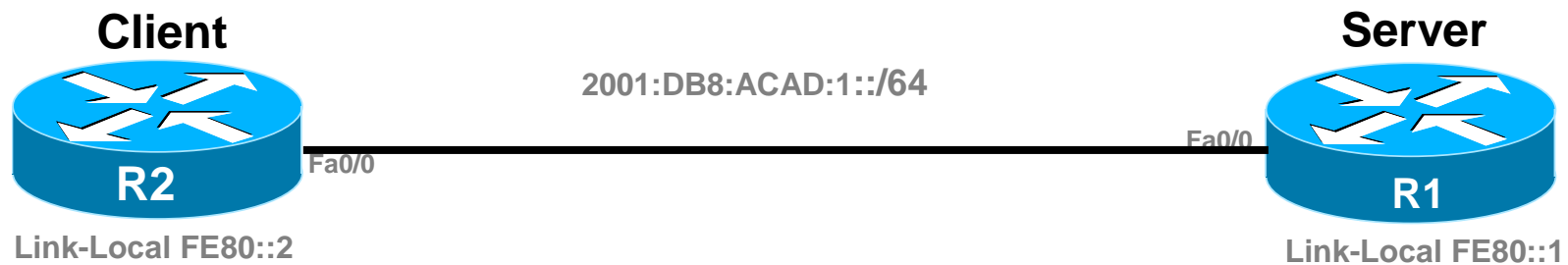
```
    ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
```

```
    ipv6 dhcp server DHCP_Stateful
```

```
    ipv6 nd managed-config-flag
```

## 2.4 Stateful Konfiguration Client

```
interface fa0/0  
  ipv6 enable  
  ipv6 address dhcp
```



## 2.5 Stateless DHCPv6

- Für den SLAAC-Prozeß können Zusatzinformationen bereitgestellt werden (z.B.: DNS Server)
- Statt dem M-Flag muß jetzt das O-Flag gesetzt werden

## 2.6 Stateless Konfiguration Server

```
ipv6 unicast-routing
ipv6 dhcp pool DHCP_Stateless
    dns-server 2001:DB8:acad:2::F
    domain-name spengergasse.at
interface fa0/0
    ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
    ipv6 dhcp server DHCP_Stateless
    ipv6 nd other-config-flag
```

## 2.6 Stateless Konfiguration Client

```
interface fa0/0
```

```
  ipv6 enable
```

```
  ipv6 address autoconfig
```



## 2.7 DHCPv6 Überprüfung

- Server:
  - show ipv6 dhcp pool
  - show ipv6 dhcp binding
- Client
  - show ipv6 dhcp interface
- Host
  - ipconfig/ifconfig

# 3. IPv6 ACLs

- 3.1 Kommandos
- 3.2 Beispiel
- 3.3 Überprüfung
- 3.4 Editieren einer ACL

# 3.1 Kommandos

ipv6 access-list <name>

    permit <protocol> <quelle> <ziel> [option]

    deny <protocol> <quelle> <ziel> [option]

ipv6 traffic-filter <name>

    Zuordnung einer Liste zu einem Interface

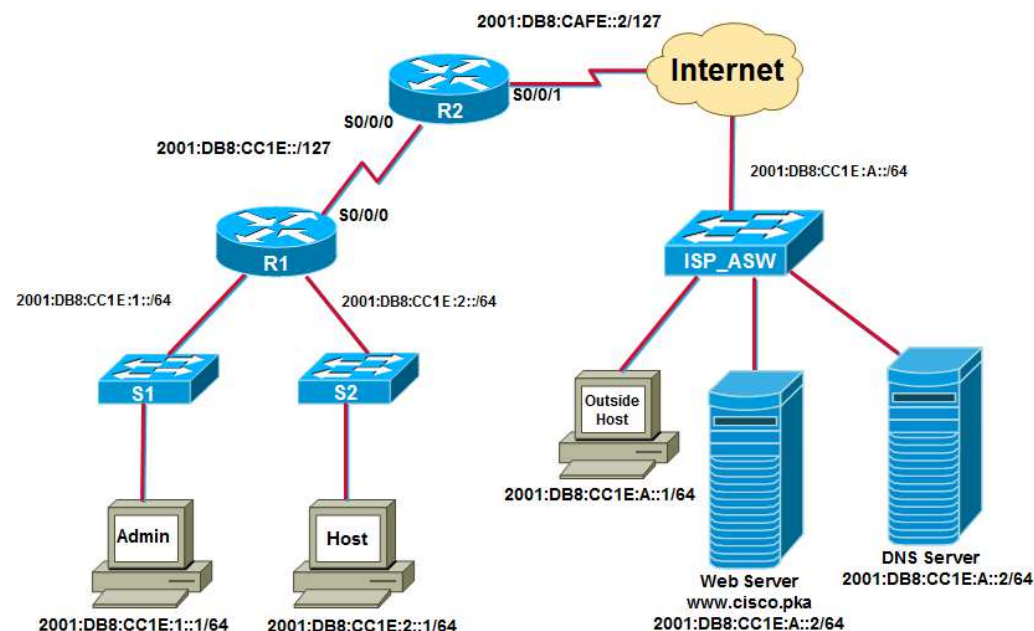
ipv6 traffic-class

    Zuordnung einer Liste zu einer VTY-Line



## 3.2 Beispiel

ACL blockiert TCP Applikationen HTTP & FTP von den LANs des Admin-PC und des Host-PC in ein bestimmtes LAN. Alles andere ist erlaubt.



```
R1(config)#ipv6 access-list DENY_WWW_FTP
R1(config-ipv6-acl)#remark Deny WWW and FTP access from R1 LANs to Web Server
R1(config-ipv6-acl)#deny tcp 2001:db8:cc1e:1::/64 2001:db8:cc1e:a::/64 eq www
R1(config-ipv6-acl)#deny tcp 2001:db8:cc1e:1::/64 2001:db8:cc1e:a::/64 eq ftp
R1(config-ipv6-acl)#deny tcp 2001:db8:cc1e:2::/64 2001:db8:cc1e:a::/64 eq www
R1(config-ipv6-acl)#deny tcp 2001:db8:cc1e:2::/64 2001:db8:cc1e:a::/64 eq ftp
R1(config-ipv6-acl)#permit ipv6 any any
R1(config-ipv6-acl)#exit
R1(config)# int s0/0/0
R1(config-if)# ipv6 traffic-filter DENY_WWW_FTP out
```

## 3.3 Überprüfung

`show ipv6 access-list <name>`

- Zeigt jede Zeile der ACL an und die Anzahl, wie oft diese Zeile angewendet wurde
- z.B.:

```
IPv6 access list DENY_WWW_FTP
deny tcp 2001:DB8:CC1E:1::/64
      2001:DB8:CC1E:A::/64 eq www
(28 match(es))
```

## 3.4 Editieren einer ACL

- Basierend auf eine Sequence-Number können Zeilen in eine ACL eingefügt werden
- „show ipv6 access-list <name>“ zeigt die Sequence-numbers an
- Mit dem Zusatz „sequence <nummer>“ können Zeilen dazwischen eingefügt werden

# 4. IPv6 Statische Routen

- 4.1 Typen von statischen Routen
- 4.2 Konfiguration
- 4.3 Überprüfung

# 4.1 Typen von statischen Routen

- **Standard Static Route**  
Normale statische Route
- **Default Static Route**  
Spezielle Route für den „letzten Ausweg“
- **Summary Static Route**  
Zusammenfassung mehrerer Routen
- **Floating Static Route**  
Statische Route als Backup für dynamische

## 4.2 Konfiguration 1

- Mit Hilfe der Exitschnittstelle

```
ipv6 route 2001:DB8:2::1/64 s0/0/1
```

- Mit Hilfe des Gateways

```
ipv6 route 2001:DB8:2::1/64 2001:DB8:A::2
```

- Mit beiden Angaben

```
ipv6 route 2001:DB8:2::1/64 s0/0/1 2001:DB8:A::2
```

## 4.2 Konfiguration 2

- Default Route

```
ipv6 route ::/0 s0/0/0
```

```
ipv6 route ::/0 2001:DB8:A::2
```

```
ipv6 route ::/0 s0/0/0 2001:DB8:A::2
```

- Floating Route (mit Angabe der AD)

```
ipv6 route 2001:DB8:4::1/127 s0/0/1 91
```

## 4.3 Überprüfung

- `show ipv6 route`  
Ausgabe der Routingtabelle
- `ping <ip|name>`  
Erreichbarkeit eines Rechners prüfen
- `traceroute <ip|name>`  
Weg zum Ziel anzeigen



# 5. IPv6 RIP (RIPng)

- Einfacher zu konfigurieren als RIPv2
- Konfiguration
  - ipv6 unicast-routing
  - ipv6 router rip <name>
  - interface <interface-ID>
    - ipv6 rip <name> enable
- <name> ist nur von lokaler Bedeutung

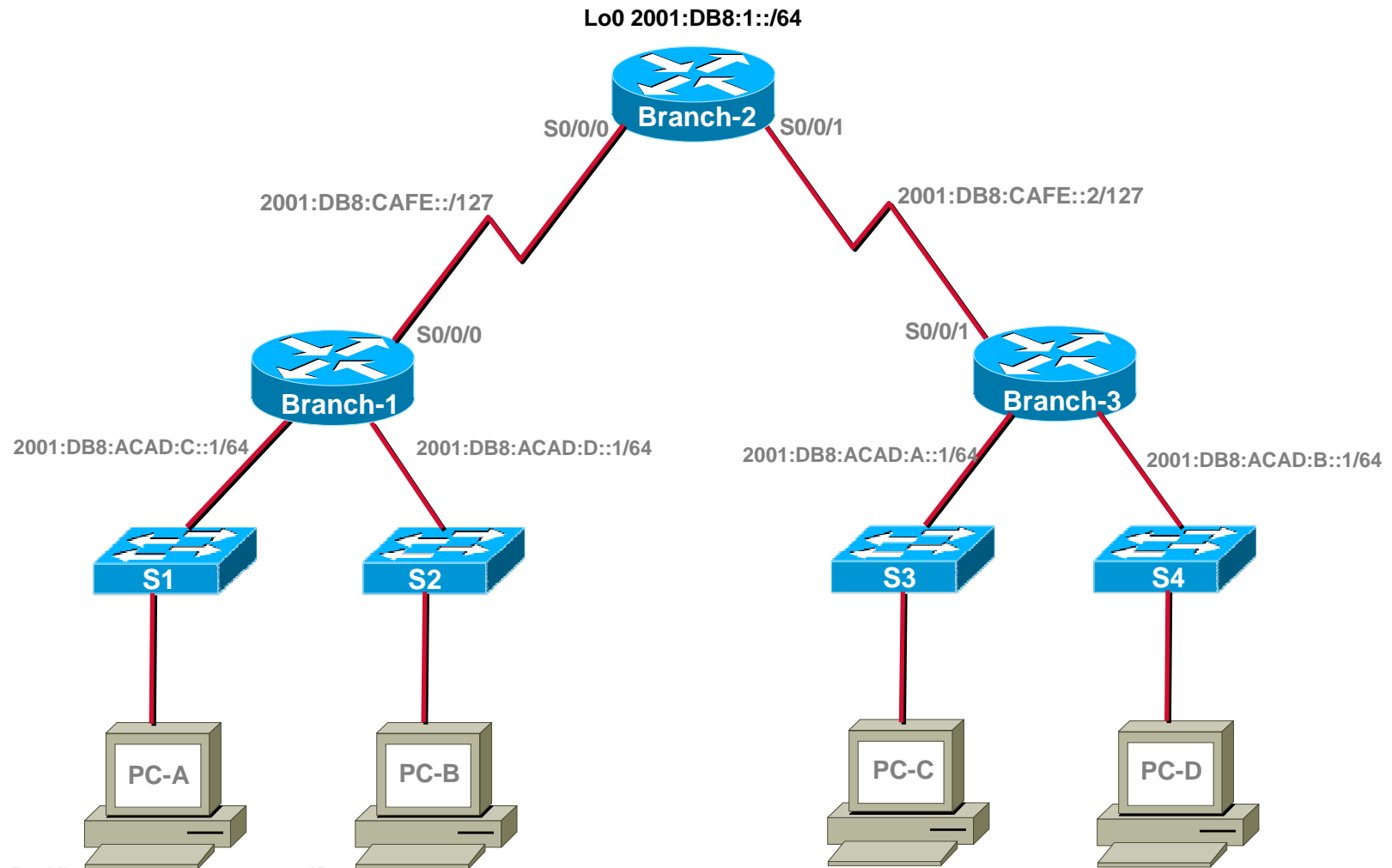
# 5. RIPng Verifikation

- `show ipv6 route [rip]`  
Anzeige der Routingtabelle
- `show ipv6 rip [<name>]`  
Anzeige des Routingprozesses <name>
- `show ipv6 rip <name> database`
- `show ipv6 rip <name> next-hops`
- `debug ipv6 rip`

# 6. IPv6 EIGRP

- 6.1 Beispieltopologie
- 6.2 IPv6 EIGRP Konfiguration
- 6.3 Passive Interface
- 6.4 IPv6 Summarization
- 6.5 Default Route
- 6.6 Überprüfung

# 6.1 Beispieltopologie



# 6.2 IPv6 EIGRP Konfiguration

- Branch-1 Konfiguration
  - Branch-1(config)# ipv6 unicast-routing
  - Branch-1(config)# ipv6 router eigrp 100
  - Branch-1(config-rtr)# [eigrp] router-id 1.1.1.1
  - Branch-1(config)# int s0/0/0
  - Branch-1(config-if)# ipv6 eigrp 100
  - Branch-1(config-if)# int g0/0
  - Branch-1(config-if)# ipv6 eigrp 100
  - Branch-1(config-if)# int g0/1
  - Branch-1(config-if)# ipv6 eigrp 100

## 6.3 Passive Interface

- Wenn an einem Interface die Ausgabe der „Router Advertisements“ nicht notwendig ist, dann sollte man das auch abschalten
- z.B.:  
Branch-1(config)# ipv6 router eigrp 100  
Branch-1(config-rtr)# passive-interface g0/0  
Branch-1(config-rtr)# passive-interface g0/1

## 6.4 IPv6 Summarization

- Wo Routen zusammengefaßt werden können sollte man das machen
  - 2001:DB8:ACAD:A::/64
  - 2001:DB8:ACAD:B::/64
  - Summenroute 2001:DB8:ACAD:A::/63
- Konfiguration:
  - Branch-3(config)#int s0/0/1
  - Branch-3(config-if)#ipv6 summary-address eigrp 100  
2001:DB8:ACAD:A::/63 5

## 6.5 Default Route

- Konfiguration:

```
Branch-2(config)# ipv6 route ::/0 lo0
```

```
Branch-2(config)# ipv6 router eigrp 100
```

```
Branch-2(config-rtr)# redistribute static
```



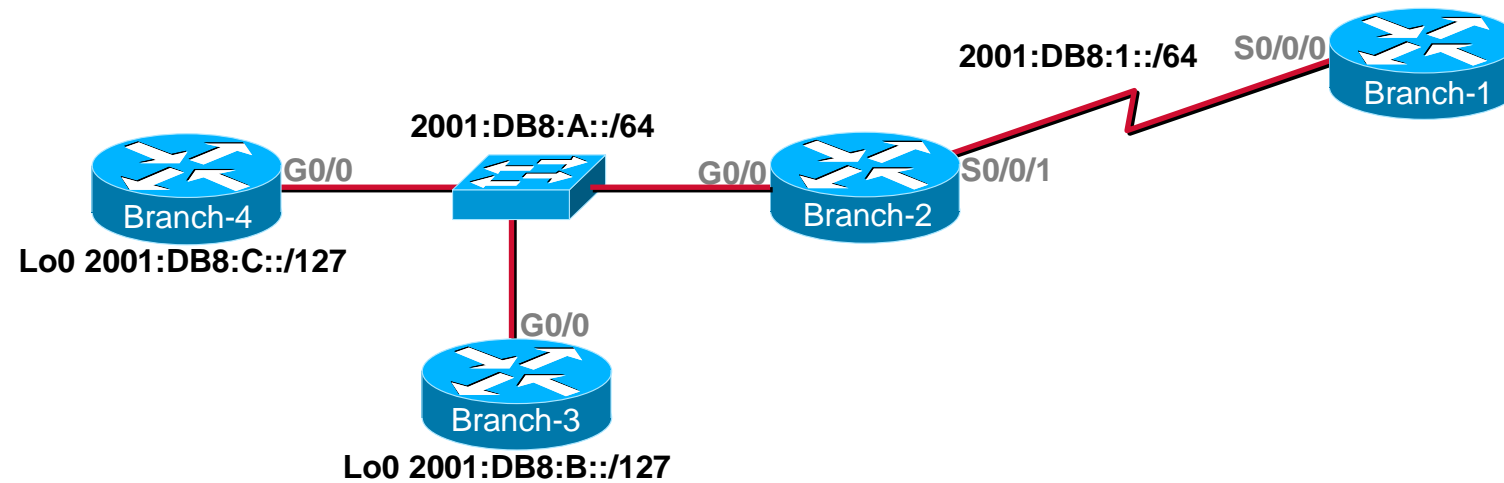
# 6.6 Überprüfung

- `show ipv6 route`
- `show ipv6 protocols`
- `show ipv6 eigrp neighbor`

# 7. IPv6 OSPF (OSPFv3)

- 7.1 Beispieltopologie
- 7.2 Konfigurationsübersicht
- 7.3 Konfiguration
- 7.4 Passive Interface
- 7.5 Überprüfung
- 7.6 Multi-Area OSPFv3

# 7.1 Beispieltopologie



## 7.2 Konfigurationsübersicht

- Enable IPv6 unicast routing  
ipv6 unicast-routing
- Enable the OSPFv3 routing process  
ipv6 router ospf <id>
- Enable OSPFv3 on the interface
- Configure passive interfaces

## 7.3 Konfiguration

```
Branch-2(config)# ipv6 unicast-routing
```

```
Branch_2(config)# ipv6 router ospf 1
```

```
Branch-2(config-rtr)# router-id 2.2.2.2
```

```
Branch-2(config)# int s0/0/1
```

```
Branch-2(config-if)# ipv6 ospf 1 area 0
```

```
Branch_2(config-if)# int g0/0
```

```
Branch_2(config-if)# ipv6 ospf 1 area 0
```

## 7.4 Passive Interface

- Wenn an einem Interface die Ausgabe der „Router Advertisements“ nicht notwendig ist, dann sollte man das auch abschalten
- z.B.:  
Branch-1(config)# ipv6 router ospf 1  
Branch-1(config-rtr)# passive-interface g0/0  
Branch-1(config-rtr)# passive-interface g0/1

# 7.5 Überprüfung

- `show ipv6 route`
- `show ipv6 protocols`
- `show ipv6 ospf neighbor`
- `show ipv6 ospf database`

# 7.6 Multi-Area OSPFv3

- Analog zu Multi-Area OSPFv2
- Areatypen
  - Backbone area (Area 0)
  - Regular (non-backbone) area
- Routertypen
  - Internal Router (IR)
  - Backbone Router (BR)
  - Area Border Router (ABR)
  - Autonomous System Border Router (ASBR)



## 7.6 Multi-Area OSPFv3 Beispiel

```
Branch-2(config)# ipv6 unicast-routing
```

```
Branch_2(config)# ipv6 router ospf 1
```

```
Branch-2(config-rtr)# router-id 2.2.2.2
```

```
Branch-2(config)#int s0/0/1
```

```
Branch-2(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
```

```
Branch-2(config-if)#int g0/0
```

```
Branch-2(config-if)#ipv6 ospf 1 area 51
```