

## KN Versuch 3: Konfiguration von IPv6

(Version für Packet Tracer)

In diesem Versuch können Sie ein Netz mit IPv6 konfigurieren und einige Aspekte der IPv6 Adressierung, z.B. die Nutzung link-lokaler und globaler Adressen und die zustandslose Auto-konfiguration (SLAAC) sowie einfache IPv6-Routing-Mechanismen in der Praxis beobachten.

Dieser Versuch erfolgt wieder (wie schon Versuch 2) auf Basis von Packet-Tracer. Packet-Tracer ist das Cisco Simulationstool für Netzwerke. Besorgen Sie sich Packet-Tracer, z.B. indem Sie sich unter [www.netacad.com/courses/intro-packet-tracer/](http://www.netacad.com/courses/intro-packet-tracer/) für den Selbstlern-Kurs „**Introduction to Packet Tracer**“ (kostenlos) einschreiben. Dann können Sie Packet-Tracer herunterladen und installieren (vgl. auch Folie 14 in KN\_00\_Organisation).

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass Sie Packet-Tracer nutzen können.

### 1. Versuchsvorbereitung

Lesen Sie die Versuchsanleitung gründlich durch und erarbeiten Sie sich bitte mit Hilfe der Vorlesung die erforderlichen Grundlagen zur IPv6 Adressierung (globale und link-lokale Adressen, Multicast-Adressen, zustandslose Autokonfiguration). Erarbeiten Sie sich auch mit Hilfe der Konfigurationsanleitung zum Praktikum die erforderlichen Befehle zur Konfiguration von IPv6. Eine Zusammenfassung der für IPv6 relevanten Befehle finden Sie auch in Anhang B und C dieser Versuchsunterlagen.

Beantworten Sie bitte vorab folgende Fragen:

- 1) Wozu dient eine link-lokale, wozu eine globale IPv6 Adresse? (Wo und mit wem kann man damit kommunizieren?)
- 2) Wieviele Bits umfasst eine IPv6 Interface ID?
- 3) Woran erkennt man eine link-lokale IPv6 Adresse?
- 4) Wie wird mit Hilfe der zustandslosen Autokonfiguration eine link-lokale Adresse erzeugt?
- 5) Wie wird dann im Anschluss daran eine globale Adresse generiert?
- 6) Betrachten Sie außerdem das hier zu verwendende IPv6-Adressschema nach Tabelle 2.1 auf Seite 2 dieser Unterlagen:
  - a) Um welche Adresstypen handelt es sich bei den IPv6-Adressen der Ethernet Interfaces der Router und bei den Einträgen in der Spalte *Default-Gateway* jeweils?
  - b) Geben Sie die Netzpräfixe der beiden Netze an, in denen sich PC1 bzw. PC2 befinden.

### Versuch 3

1)

Eine link-lokale Adresse erfüllt nur den Zweck lokal innerhalb eines (Sub)Netzes ansprechbar zu sein, während eine globale Adresse weltweit kein zweites Mal existiert und geroutet werden kann.

2)

64 Bit.

3)

Man erkennt eine link-lokale Adresse durch den Prefix fe80:: .

4)

Eine Adresse wird durch den vorher genannten Prefix und eine aus der MAC-Adresse des Gerätes erzeugten Interface ID generiert. Danach wird die Adresse auf Duplikate überprüft.

5)

Daraufhin werden die globalen Routing-Prefixe, deren Länge und Default Router Information abgefragt. Auch hier wird durch DAD auf Duplikation überprüft.

6)

a) Es handelt sich um Link-Local Unicast Adressen.

b) fe80::

## 2. Versuchsdurchführung

### 2.1 Topologie

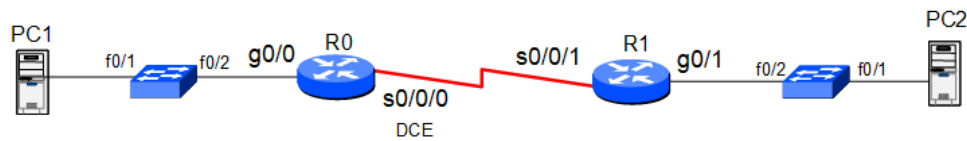


Abbildung 1: Netztopologie des Versuchs

Die nachfolgende Tabelle zeigt die IPv6-Adressen, die die Geräte in Abbildung 1 im Laufe dieses Versuchs nach und nach erhalten sollen.

Tabelle 2.1: IPv6 Adressen für die Topologie nach Abbildung 2.1

Gerät	Interface	IPv6 Adresse	Präfix Länge	Default Gateway
R0	g0/0	2001:db8:acad:a::1	64	N/A
	s0/0/0	nur link-local (automatisch)	64	N/A
R1	s0/0/1	nur link-local (automatisch)	64	N/A
	g0/1	2001:db8:acad:b::1	64	N/A
PC-1	NIC*	automatisch generiert (SLAAC)	64	fe80::1
PC-2	NIC*	automatisch generiert (SLAAC)	64	fe80::1

\*Network Interface Card (die verwendete Netzwerkkarte)

### 2.2 Einführung und Übersicht über den Versuch

In diesem Versuch können Sie zunächst einige Aspekte der zustandslosen Autokonfiguration beobachten, die – wie in der Vorlesung ausführlich behandelt – zunächst einmal dafür sorgt, dass alle Geräte innerhalb eines Netzsegmentes (Link) mit Hilfe von automatisch erzeugten link-lokalen Adressen ohne weiteres Zutun untereinander kommunizieren können:

IPv6 Hosts generieren sich für ihre aktiven Netzwerkkarten selbst eine 64 Bit lange Interface ID (entspricht der Host-Adresse in IPv4) und erzeugen daraus dann durch Voranstellen des Präfixes fe80::/10 ihre link-lokale Adresse, deren Eindeutigkeit am Link auch automatisch überprüft wird.

Eine besondere Rolle kommt danach dem Router an einem Netzsegment zu: Diese teilen den Hosts, mit denen sie ja nun über die link-lokalen Adressen kommunizieren können, u.a. die (link-lokalen) Default Gateway Adressen und – sofern vorhanden – auch die globalen Netzpräfixe mit. Mit einem Präfix können die Hosts wiederum ihre globalen Unicast-Adressen generieren, indem Sie diesen ihrer Interface ID voranstellen. Damit können sie dann auch mit Geräten in anderen Netzen kommunizieren. Für diesen Teil der Autokonfiguration müssen den Routern die globalen Netzpräfixe bekannt sein, was üblicherweise durch die manuelle Konfiguration von IPv6-Adressen auf den Router-Interfaces erreicht wird. (->Aufgaben 2.4.2 - 2.4.4).

Die zustandslose Autokonfiguration stellt also sicher, dass die Geräte automatisch eindeutige IPv6-Adressen erhalten, ohne dass man diese zwingend kennen muss. Wollte man dagegen exakt steuern, welches Gerät welche Interface ID erhält, könnte man sämtliche IPv6-Adressen natürlich auch manuell konfigurieren (->Ergänzung 2.4.6) oder DHCPv6 einsetzen.

Das Routing erfolgt in diesem Versuch mittels RIPng, der Variante von RIP für IPv6. Dazu werden die Router hier so konfiguriert, dass alle Schnittstellen an dem Routing-Mechanismus teilnehmen (->Aufgabe 2.4.5)

## 2.3 Aufbau der Netztopologie

Starten Sie den Cisco Packet Tracer.

Bitte gehen Sie wie in Versuch 2 beschrieben vor und ziehen Sie zwei Router des Typs 2901 und zwei Switches des Typs 2960 sowie zwei PCs in den Arbeitsbereich des Packet Tracers.

Bestücken Sie die Router wieder mit den seriellen Interfaces (HWIC-2T) und verkabeln Sie die Geräte, wie in Abbildung 1 dargestellt (die Interfaces der Switches können Sie frei wählen).

*Hinweis: Bitte achten Sie auf die Verwendung der richtigen Kabeltypen (Straight Through; Cross-over) und die in der Topologie vorgegebene DCE-Seite der seriellen Verbindung bei S0/0/0 auf R0.*

## 2.4 IPv6-Konfiguration

### 2.4.1 IPv6 Konfiguration der PCs (Zustandslose Autokonfiguration)

Stellen Sie die PCs in Packet Tracer so ein, dass Sie die Autokonfiguration nutzen: Klicken Sie für beide PCs jeweils das PC Symbol an, dann auf Config und wählen Sie dort im Fenster rechts unter IPv6 Configuration den Punkt Auto Config aus.

Gehen Sie in den Command Prompt (Desktop->Command Prompt) und geben Sie dort ipconfig/all ein, um die aktuelle IPv6 Konfiguration der PCs zu ermitteln:

Link-lokale Adresse von PC1: \_\_\_\_\_

Link-lokale Adresse von PC2: \_\_\_\_\_

Nach welchem Verfahren erzeugen die PCs in Packet Tracer offensichtlich diese Adressen? (Hinweis: betrachten Sie die MAC-Adresse im Vergleich)

Antwort:

Anmerkung: Dieses Vorgehen ist für PCs eher untypisch. Aktuelle Betriebssysteme erzeugen zur Wahrung der Privatsphäre die Interface ID zufällig (vgl. Vorlesung). Dieses können Sie in der Regel auf ihren eigenen PCs beobachten.

### 2.4.2 (Verkürzte) Basiskonfiguration der Router

- Konfigurieren Sie auf den Routern R0 und R1 jeweils den Hostnamen,
- aktivieren Sie die verwendeten Ethernet Interfaces (g0/0 auf R0, g0/1 auf R1),
- sowie die verwendeten seriellen Interfaces (s0/0/0 auf R0, s0/0/1 auf R1).
- Konfigurieren Sie eine clock rate von 128000 bit/s auf der DCE Seite.

*Hinweis: Auf die Konfiguration der üblichen Schutzmaßnahmen mit Passwörtern für den Zugriff auf die Router bzw. die verschiedenen Modi, die Sie in Versuch 2 kennengelernt haben, wird hier aus Zeitgründen verzichtet. Dieses sollte außerhalb dieses Praktikumsversuches natürlich nicht geschehen. Wenn Sie wollen, können Sie das natürlich auch hier gerne ergänzen.*

### 2.4.3 IPv6 Konfiguration der Router

Unter Cisco IOS kann die Verwendung von IPv6 auf zwei verschiedene Arten aktiviert werden: Entweder (der übliche Weg) man konfiguriert gleich eine globale IPv6-Adresse (Befehl: `R1(config-if)#ipv6 address <ipv6-adress/prefix-length>`), für ein Interface, wodurch die Verwendung von IPv6 automatisch mit aktiviert wird, oder man aktiviert zunächst nur explizit IPv6 auf dem Interface: `R1(config-if)#ipv6 enable`.

Beginnen Sie mit **Router R0**:

- a) Konfigurieren Sie auf dem Ethernet-Interface **g0/0** von Router R0 die in der Tabelle 2.1 vorgegebene IPv6 Adresse:

```
R0(config)#int g0/0
R0(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:a::1/64
```

Überprüfen Sie diese mit dem Befehl `show ipv6 interface brief` und notieren Sie auch gleich, welche link-lokale Adresse der Router für dieses Interface erzeugt hat.

Link-lokale Adresse von R0 Interface g0/0: \_\_\_\_\_

*Hinweis: Wenn Sie vor einen Befehl „do“ schreiben, können Sie ihn auch in einem anderen Modus verwenden, ohne jedes Mal dorthin wechseln zu müssen: `do show ipv6 interface brief`*

Testen Sie von PC1 aus, ob Sie diese link-lokale Adresse mittels ping erreichen können.

*Hinweis: Zum Testen der Erreichbarkeit stehen für IPv6 die gleichen Testmöglichkeiten ping und traceroute (Windows: tracert) in der von IPv4 bekannten Art und Weise zur Verfügung. Sie müssen dazu lediglich anstelle der IPv4- eine IPv6-Zieladresse angeben.*

- b) Aktivieren Sie auf dem seriellen Interface **s0/0/0** von Router **R0** die Verwendung von IPv6 mit

```
R0(config)#int S0/0/0
R0(config-if)#ipv6 enable
```

Überprüfen Sie mit dem Befehl `show ipv6 interface brief`, welche link-lokale Adresse der Router sich für dieses Interface generiert hat.

Link-lokale Adresse von Interface s0/0/0: \_\_\_\_\_

Suchen Sie mittels `show interface g0/0` nach der MAC-Adresse des g0/0 Interfaces. Woraus wurde die Interface-ID für das serielle Interface hier offensichtlich abgeleitet?

Warum ist es unkritisch, dass die link-lokale IPv6 Adresse von s0/0/0 identisch ist zu der des G0/0 Interfaces?

Antwort:

Wechseln Sie nun zum Router R1:

- c) Konfigurieren Sie nun auch für den **Router R1** die IPv6 Adressen nach Tabelle 2.1, indem Sie auf dem Interface **S0/0/1** wieder nur die Verwendung von IPv6 aktivieren und auf **g0/1** gleich die vorgegebene globale IPv6-Adresse konfigurieren.

Verifizieren Sie die aktuelle IPv6-Konfiguration mit `R1#show ipv6 interface brief`. Weisen jetzt alle verwendeten Interfaces eine link-lokale Adresse und die Ethernet-Interfaces jeweils zusätzlich eine globale Adresse auf?

Testen Sie auch den Befehl `R1#show ipv6 interface <gewünschtes Interface>`, mit dem Sie sich alle Details der IPv6 Konfiguration auf einem Interface ansehen können.

- d) Um die Weiterleitung von IPv6-Paketen auf einem Cisco-Router zu aktivieren, muss dieses mit dem Befehl `Router(config)#ipv6 unicast-routing` explizit aktiviert werden. Dieser Befehl aktiviert auf Cisco-Routern zugleich auch alle grundlegenden IPv6-Funktionen,

darunter auch das Aussenden der Router Advertisements (RA) im Rahmen der Auto-konfiguration, mit denen der Router den angeschlossenen Hosts u.a. die globalen Netzpräfixe und die Default Gateway Adresse mitteilt.

Aktivieren Sie das IPv6-Routing auf beiden Routern, **R0** und **R1**, jeweils mit dem Befehl:

```
R(config)#ipv6 unicast-routing
```

#### 2.4.4 Globale IP-Adressen der PCs (zustandslose Autokonfiguration)

- a) Überprüfen Sie auf den PCs, ob diese sich nun auch unter Verwendung der vom Router mitgeteilten Präfixe ihrer Netze automatisch eine globale Unicast-Adresse generiert haben.

Hierzu würde man auf einem „echten“ Rechner wieder den Befehl `ipconfig/all` im Command Prompt verwenden, was in Packet Tracer leider nicht funktioniert. In Packet Tracer wurde dafür aber ein Befehl `ipv6config` implementiert, den es z.B. unter Windows 10 so nicht gibt. Diesen können Sie im Command Prompt der PCs verwenden.

Globale Unicast-Adresse von PC1: \_\_\_\_\_

Globale Unicast-Adresse von PC2: \_\_\_\_\_

Wie setzen sich diese Adressen jeweils zusammen?

Die PCs sollten nun außerdem auch eine (link-lokale) Adresse für das IPv6 Default Gateway von ihrem Router bezogen haben. Diese können Sie in Packet Tracer wieder mit `ipv6config` im Command Prompt ausgeben.

Welche Adresse (Angabe Adresstyp / von Gerät bzw. Interface genügt) wird hierzu zum jetzigen Zeitpunkt verwendet?

IPv6 Default Gateway auf PC1: \_\_\_\_\_

IPv6 Default Gateway auf PC2: \_\_\_\_\_

#### 2.4.5 Konfiguration eines Routing-Protokolls für IPv6 (RIPng)

- a) Sehen Sie sich mit dem Befehl `show ipv6 route` die IPv6-Routing-Tabellen der beiden Router zu diesem Zeitpunkt an. Welche Netze der Topologie sind bis jetzt darin enthalten?
- b) Um entfernte IPv6 Netze automatisch in die Routing-Tabellen einfügen zu können, benötigen die Router ein Routing-Protokoll für IPv6. Hier sollen Sie dazu das Protokoll RIPng verwenden. Die Konfiguration geschieht, anders als bei RIP für IPv4, direkt auf den beteiligten Interfaces, indem dort im einfachsten Fall lediglich die Verwendung von RIPng aktiviert wird. Beispiel:

```
R0(config)#int g0/0
R0(config-if)#ipv6 rip RIP-AS enable
```

Darin ist RIP-AS ein beispielhafter Domänenname für die RIP-Domäne.

Wählen Sie einen einheitlichen Domännennamen für die Router Ihrer Topologie und aktivieren Sie RIPng nach dem zuvor beschriebenen Muster jeweils auf den hier verwendeten Ethernet- und seriellen Interfaces der beiden Router.

- c) Testen Sie jeweils von einem Router aus, ob Sie das Ethernetinterface des anderen Routers nun mittels ping (an die globale IPv6-Adresse) erreichen können.
- d) Testen Sie die gegenseitige Erreichbarkeit der beiden PCs (globale Adressen) mittels ping.

### 2.4.6 Ergänzung: Manuelle Konfiguration von IPv6

Bei den vorhergehenden Aufgaben konnten Sie beobachten, wie die Geräte sich mithilfe der zustandslosen Autokonfiguration eindeutige link-lokale und globale Adressen selbst erzeugen, so dass eine Kommunikation ohne weiteres Zutun möglich wird. Wollte man dagegen selbst festlegen, welches Gerät welche Interface ID erhält, könnte man sämtliche IPv6-Adressen auch manuell konfigurieren. Dieses lässt sich unter Packet Tracer nicht vollständig durchführen (die automatische Verteilung der Default GW Adressen ist z.B. nicht möglich), deshalb folgt hier nur eine kurze Erläuterung.

#### a) Manuelle Konfiguration der link-lokalen IPv6-Adressen auf den Routern

Link-lokale Adressen (in diesem Beispiel die Adresse fe80::1) werden wie die globalen Adressen mit dem Befehl `R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local` auf dem gewünschten Interface konfiguriert.

Infolge dessen würde dann auf den PCs im gleichen Netz auch automatisch gleich die Adresse des Standard Gateways entsprechend abgeändert, weil der Router die geänderte Adresse mittels einer Router Advertisement Nachricht im Netz bekannt geben würde.

#### b) Manuelle Konfiguration der IPv6-Adressen auf den PCs

IPv6 Adressen werden auf die gleiche Art und Weise konfiguriert, wie Sie es von der Konfiguration von IPv4-Adressen kennen, nur dass Sie dazu nach der Auswahl der gewünschten Netzwerkverbindung unter „Eigenschaften“ das Protokoll „Internetprotokoll Version 6 (TCP/IPv6)“ auswählen müssen. Dort könnten Sie dann die IPv6 Adresse, die Prefix Länge und die Adresse des Default-Gateways statisch konfigurieren.

## Anhang A: Übersicht über IPv6 Adresstypen

Tabelle A.1: IPv6 Adresstypen

Führende Bits	IPv6 Adresstyp
0000 bis 00ff	Spezielle Adressen, z.B. Loopback Adresse (::1), , unspecified address (::) oder IPv4-kompatible Adressen
2000 bis 3fff	Globale Unicast Adressen (werden global geroutet)
fe80 bis febf (fe80/10)	Link-lokale Unicast Adressen (werden nicht geroutet, sind nur eindeutig am lokalen Netzsegment (Link) und dienen zur Kommunikation innerhalb eines Netzsegmentes)
fc00 bis fcff	Unique-local Unicast Adressen
ff00 bis ffff	IPv6 Multicast Adressen

Tabelle A.2: Ausgewählte IPv6 Multicastadressen (hier: link local scope)

Adresse	Beschreibung
ff02::1	All Nodes Multicast Adresse
ff02::2	All Routers Multicast Adresse
ff02:0:0:0:1:ffxx:xxxx	Solicited Node Multicast Adresse (xx:xxxx: untere 24 Bit der Interface ID)

Anmerkung: Die vierte Hexadezimalziffer (Scope Bits) bestimmt den Gültigkeitsbereich (Scope) der Adresse, z.B. (1) interface-local, (2) **link-local**, (5) site-local, (E) global scope.

## Anhang B: Konfiguration von IPv6-Adressen auf einem Cisco Router

Globale Unicast-Adressen:

```
Router(config-if) ipv6 address <IPv6-address/prefixlength>
```

Link-Lokale Adressen:

```
Router(config-if)# ipv6 addr <fe80::Interface-ID> link-local
```

Beispiel:

```
Router(config)# interface g0/0
Router(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::b/64
Router(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
Router(config-if)# end
Router#
```

IPv6-Routing aktivieren: Router(config)#ipv6 unicast-routing

Überprüfung der Adresskonfiguration: z.B. Router# show ipv6 interface brief  
Router# show ipv6 interface g0/0

Anzeige der IPv6 Routing-Tabelle: Router# show ipv6 route



## Anhang C: Konfiguration von RIPng auf einem Cisco Router

Zunächst muss das IPv6 Routing grundsätzlich aktiviert werden:

```
R(config)#ipv6 unicast-routing
```

RIPng wird dann auf den Interfaces aktiviert, die am Routing-Prozess beteiligt sein sollen. .Beispiel:

```
R(config)#interface g0/0  
R(config-if)#ipv6 rip RIP-AS enable
```

Dabei muss der Domain-Name der RIP-Domäne (im Beispiel RIP-AS) angegeben werden.

Verifikation: `R#show ipv6 protocols`  
`R#show ipv6 route`