

IPv6

Internet Protocol Version 6

IPv6 - Teil 6: Autokonfiguration, SLAAC, DHCPv6



Stand: 07/2021



Dieses Dokument steht unter einer Creative Commons
Namensnennung-Nicht-kommerziell-Weitergabe unter
gleichen Bedingungen 4.0 unported Lizenz.

IT-Team, Elektronikschule Tett nang
Andreas Grella, Wolfgang Heinrich

Denken Sie anders und dann wieder.

Steve Jobs

... besitzt folgende **Unicast-Adressen**:

- immer eine Loopback-Adresse (::1)
- immer eine Link-Local-Unicast-Adresse für jedes Interface
- immer eine Global-Unicast-Adresse für jedes Interface, sofern Internet-Zugriff vorhanden
- ggf. weitere temporäre Global-Unicast-Adressen für jedes Interface, wenn Privacy Extensions aktiviert sind

... horcht auf folgenden **Multicast-Adressen**:

- immer auf die All-Nodes-Multicast-Adresse im Local Scope (ff01::1)
- immer auf die All-Nodes-Multicast-Adresse im Link-Local Scope (ff02::1)
- immer auf die Solicited-Node-Multicast-Adresse für jedes Unicast-Adresse
- ggf. auf weitere Multicast-Adresse, mit denen der Host verbunden ist

... besitzt folgende **Unicast-Adressen**:

- immer eine Loopback-Adresse (::1)
- immer eine Link-Local-Unicast-Adresse für jedes Interface
- immer eine Global-Unicast-Adresse für jedes Interface

... besitzt folgende **Anycast-Adressen**:

- immer die Subnet-Router-Anycast-Adresse (All-Zeros-Interface-ID) für jedes Interface, für das er als Router zuständig ist

... horcht auf folgenden **Multicast-Adressen**:

- immer auf die All-Nodes-Multicast-Adresse im Local Scope (ff01::1)
- immer auf die All-Routers-Multicast-Adresse im Local Scope (ff01::2)
- immer auf die All-Nodes-Multicast-Adresse im Link-Local Scope (ff02::1)
- immer auf die All-Routers-Multicast-Adresse im Link-Local Scope (ff02::2)
- immer auf die All-Routers-Multicast-Adresse im Site-Local Scope (ff05::2)
- immer auf die Solicited-Node-Multicast-Adresse für jede seiner Unicast-Adressen
- ggf. auf weitere Multicast-Adresse, mit denen der Router verbunden ist

Router sind bei IPv6 für die Netzwerkkonfiguration verantwortlich, das heißt:

- IPv6-Präfixkonfiguration der Subnetze erfolgt am Router
- Router schicken für die Subnetze in regelmäßigen Abständen IPv6-Präfix- und Router-Informationen
- Host ändern ihre Konfiguration, wenn die Router-Konfiguration für das Subnetz geändert wurde
- Router verabschieden sich vom Netz, wenn sie heruntergefahren werden
- Vorteile:
 - keine Inkonsistenzen mehr
 - Ausfälle von Routern werden schnell erkannt

Die IPv6-Adresszuweisung an Clients erfolgt üblicherweise **dynamisch**, wobei drei Varianten möglich sind:

- **SLAAC** only (Stateless Address Autoconfiguration)
- **DHCPv6** only (Stateful DHCPv6)
- **SLAAC mit DHCPv6-Unterstützung** (Stateless DHCPv6),
also eine Kombination beider Verfahren

Alle notwendigen Protokollschritte werden mit Hilfe von **ICMPv6** (Internet Control Message Protocol for IPv6) und ggf. zusätzlich mittels **DHCPv6** abgewickelt.

Ein Blockieren von ICMPv6 auf der Firewall führt zur völligen Funktionsunfähigkeit von IPv6.

Der Client erfährt vom Router, welches der drei Verfahren im LAN zum Einsatz kommt, und zwar anhand **zweier Flags** im **Router Advertisement (RA)**:

- **M-Flag** (Managed Address Configuration)
O-Flag (Other Configuration)
- M = 0, O = 0 \Rightarrow **SLAAC only** (Default-Einstellung bei Cisco-Routern)
M = 0, O = 1 \Rightarrow **SLAAC mit DHCPv6-Unterstützung** (Stateless DHCPv6)
M = 1, O = 0 \Rightarrow **DHCPv6 only** (Stateful DHCPv6)

Router Advertisements (ICMPv6, Type 134) enthalten noch weitere Informationen und werden entweder

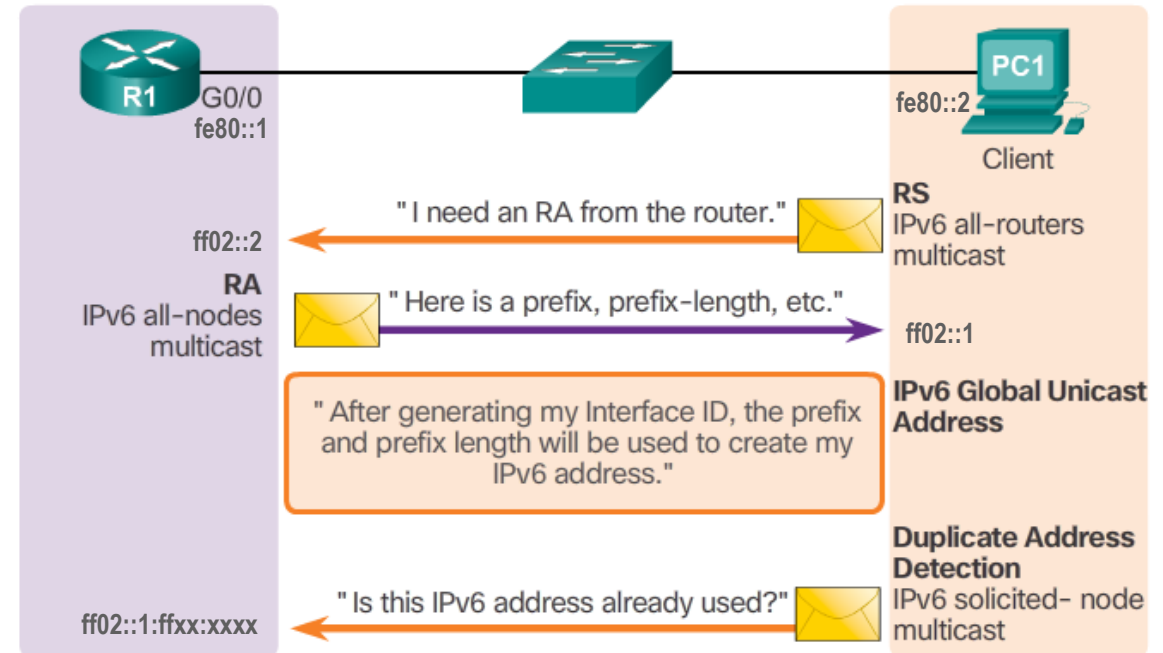
- **periodisch** (alle 200 s bei Cisco-Routern) oder
- **auf Anfrage** eines Clients (**Router Solicitation RS**, ICMPv6, Type 133, Anfrage erfolgt an alle erreichbaren Routern über die All-Routers-Multicast-Adresse ff02::2)

an alle Knoten im LAN über die All-Nodes-Multicast-Adresse ff02::1 geschickt.

Die Funktionsweise von *SLAAC only*

Alle Geräte besitzen Link-Local-Unicast-Adressen und R1 hat zudem eine Global-Unicast-Adresse.

1. Client fordert Informationen vom Router mittels **Router Solicitation** an.
2. Router antwortet (auch ungefragt) mit **Router Advertisement**.
RA enthält **Flags** (hier: $M = 0$, $O = 0$), MTU, **Präfix**, **Präfix-Länge**.
3. Client generiert seine **Interface ID** (per EUI-64 bzw. Zufallszahl) und bildet mit dem erhaltenen Präfix und der Präfix-Länge seine **Global Unicast Adresse**.
4. Weil bei SLAAC kein Server existiert, der die Adressen verwaltet, muss geprüft werden, ob die Adresse im



Netzsegment bereits existiert, und zwar mit **Duplicate Address Detection (DAD)**.

Prüfung erfolgt mit **NS** (**N**eighbor **S**olicitation, ICMPv6, Type 135).
Bei einer Rückantwort (**NA** = **N**eighbor **A**dvertisement, ICMPv6, Type 136) wäre die Adresse bereits belegt.

Konfiguration von *SLAAC only* – Echt einfach!

- Clients müssen folgende Einstellung haben:
"IPv6-Adresse automatisch beziehen"
- Flags in Router Advertisements (ICMPv6, Type 134) müssen folgende Einstellung haben: **M = 0, O = 0**
 - Bei Cisco-Routern eigentlich Default-Einstellung, so dass keine Konfiguration notwendig ist.
 - Kontrolle der Flags auf dem betreffenden Interface:
R1# **show ipv6 interface G0/0**
 - Falls die Einstellungen nicht stimmen, müssen die Flags im Interface-Mode ggf. zurückgesetzt werden:
R1(config-if)# **no ipv6 nd managed-config-flag**
R1(config-if)# **no ipv6 nd other-config-flag**

Wireshark Mitschnitt:

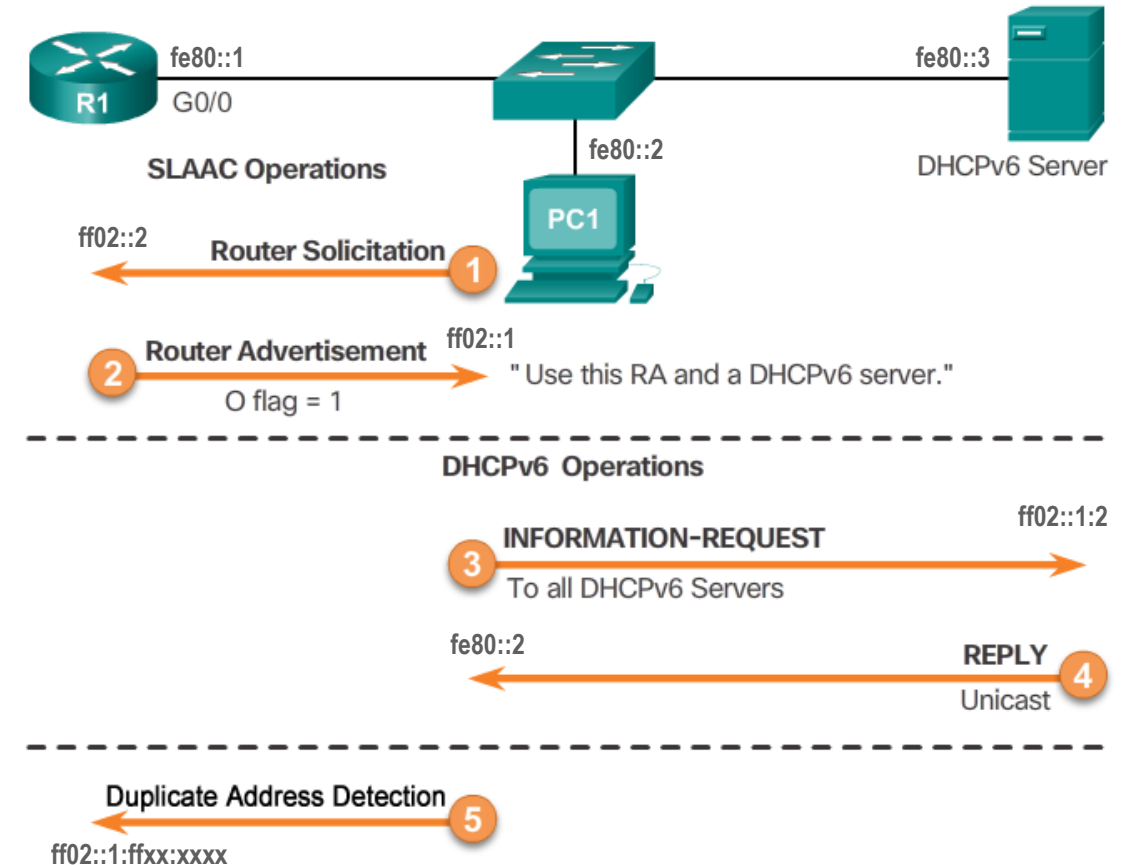
```
Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Advertisement (134)
  Code: 0
  Checksum: 0x1861 [correct]
  Cur hop limit: 64
  Flags: 0x00
    0... .... = Managed address configuration: Not set
    .0.. .... = Other configuration: Not set
    ..0. .... = Home Agent: Not set
    ...0 0... = Prf (Default Router Preference): Medium (0)
    .... .0.. = Proxy: Not set
    .... ..0. = Reserved: 0
```


- ... wird benötigt, weil *SLAAC only* keine Möglichkeit bietet, weitere Konfigurationsoptionen mitzuteilen, z.B. die Adresse eines DNS-Servers.
 - ... wird den Clients im *Router Advertisement (RA)* durch die Flag-Kombination **M = 0** und **O = 1** signalisiert.
 - ... liefert den Clients **keine Interface-IDs** und hat **keine Adressenverwaltung**. Wie bei *SLAAC only* bilden die Clients die Interface-ID selbst (EUI-64 oder Random-Verfahren) und prüfen auch per DAD, ob Duplikate vorhanden sind.
- Weitere Informationen**, wie beispielsweise die Adresse eines DNS-Servers, **beziehen die Clients** dann **von einem Stateless DHCPv6-Server**. Deshalb wird das Verfahren auch **Stateless DHCPv6** genannt.
- DHCPv6-Meldungen werden per UDP übertragen.

Funktionsweise von *Stateless DHCPv6*

Alle Geräte besitzen Link-Local-Unicast-Adressen und R1 hat zudem eine Global-Unicast-Adresse.

1. SLAAC: **RS** an Router
2. SLAAC: **RA** an Client, Flags: **M = 0**, **O = 1**
3. DHCPv6: Client stellt Anfrage an DHCPv6-Server. **Information-Request** (DHCPv6, Type 11) ist in **UDP**-Datagramm verpackt. Server hört auf **Port 547**.
4. DHCPv6: Server stellt per **Reply** (DHCPv6, Type 7) Informationen bereit. Client hört auf **Port 546**.
5. SLAAC: Client hat zwischenzeitlich die **Interface-ID** für die **Global-Unicast-Adresse** generiert, die dann mittels **DAD** auf Duplikate geprüft wird.



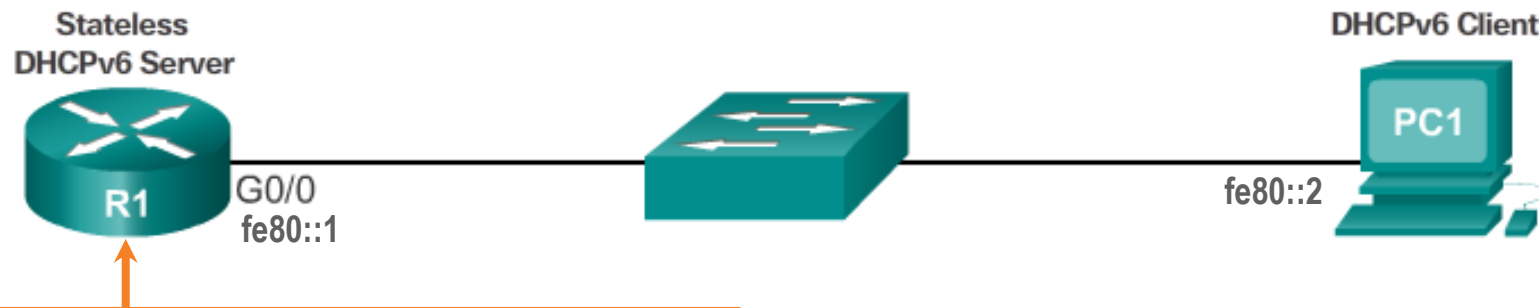
- Clients müssen wieder folgende Einstellung haben:
"IPv6-Adresse automatisch beziehen"
- Flags in Router Advertisements (ICMPv6 Type 134) müssen folgende Einstellung haben: **M = 0, O = 1**
 - Flags im Interface-Mode entsprechend setzen:
R1(config-if)# no ipv6 nd managed-config-flag
R1(config-if)# ipv6 nd other-config-flag
 - Kontrolle der Flags auf dem betreffenden Interface:
R1# show ipv6 interface G0/0

Wireshark Mitschnitt:

```
Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Advertisement (134)
  Code: 0
  Checksum: 0x181f [correct]
  Cur hop limit: 64
  Flags: 0x40
    0... .... = Managed address configuration: Not set
    .1.. .... = Other configuration: Set
    ..0. .... = Home Agent: Not set
    ...0 0... = Prf (Default Router Preference): Medium (0)
    .... .0.. = Proxy: Not set
    .... ..0. = Reserved: 0
```

Stateless DHCPv6 am Cisco-Router einrichten

Oft ist es bequemer, den DHCPv6-Serverdienst auf einem Router auszuführen, statt einen dedizierten DHCPv6-Server (z.B. Windows Server 2019) zu betreiben.



```
...  
R1(config)# ipv6 dhcp pool Test-Stateless  
R1(config-dhcpv6)# dns-server 2001:4860:4860::8888  
R1(config-dhcpv6)# domain-name est.test  
R1(config-dhcpv6)# exit  
R1(config)# interface GigabitEthernet G0/0  
R1(config-if)# ipv6 dhcp server Test-Stateless  
R1(config-if)# exit  
...  
R1# show ipv6 dhcp pool  
...
```

Anlegen eines DHCPv6-Pools mit einem beliebigen Namen (hier: *Test-Stateless*)

alle DHCPv6-Parameter eingeben
(hier: z.B. *DNSv6-Server von Google* und *Domännennamen*)

DHCPv6-Pool mit dem Interface (hier: *G0/0*) verknüpfen, über welches die
Informationen verteilt werden sollen

Pool-Einstellungen überprüfen

Stateful DHCPv6 (auch: DHCPv6 only) ...

- ... wird den Clients im *Router Advertisement* (RA) durch die Flag-Kombination **M = 1** und **O = 0** signalisiert (eigentlich ist hier das O-Flag bedeutungslos).
- ... weist die Clients an, **alle Informationen** (IPv6-Global-Unicast-Adresse und weitere Parameter, wie z.B. die Adresse des DNS-Servers) **von einem Stateful DHCPv6-Server** zu **beziehen**. Präfix und Präfix-Länge werden weiterhin aus dem RA entnommen.
- ... liefert an die Clients **IPv6-Global-Unicast-Adressen** und sorgt zudem für die **Adressverwaltung**.
Somit wäre DAD eigentlich überflüssig. RFC 4861 sieht **DAD** trotzdem **generell** vor, auch bei einer DHCPv6-Adressenvergabe!

Funktionsweise von *Stateful DHCPv6*

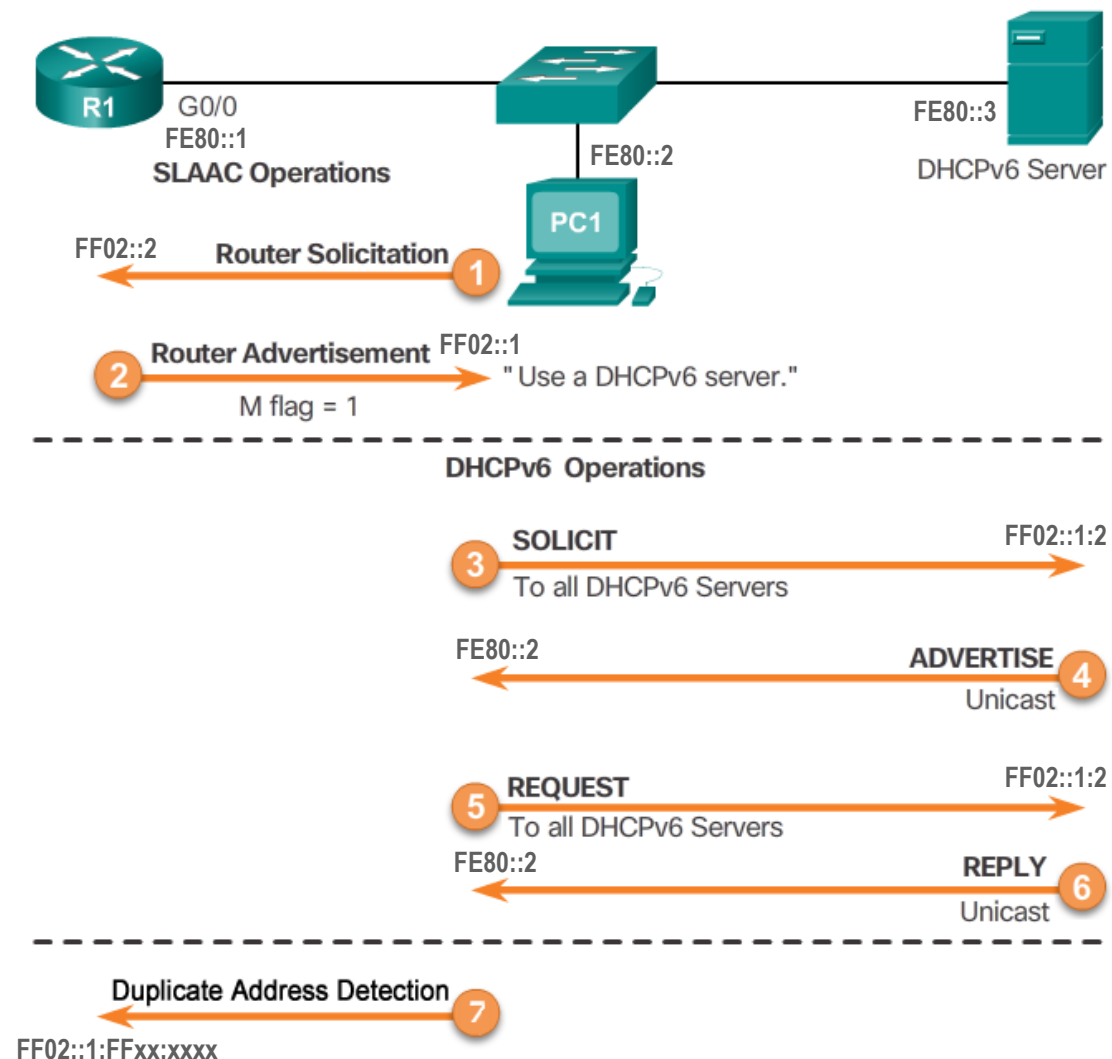
Alle Geräte besitzen Link-Local-Unicast-Adressen und R1 hat zudem eine Global-Unicast-Adresse.

1. SLAAC: **RS** an Router
2. SLAAC: **RA** an Client, Flags **M = 1**, O = 0

DHCPv6-Nachrichten werden mittels **UDP** übertragen.

Server hört auf **Port 547**, **Client** hört auf **Port 546**.

3. DHCPv6: Client sucht nach dem DHCPv6-Server mittels **Solicit** (DHCPv6, Type 1).
4. DHCPv6: Server bietet seinen Dienst mit **Advertise** (DHCPv6, Type 2) an.
5. DHCPv6: Client stellt Anfrage an DHCPv6-Server mittels **Request** (DHCPv6, Type 3).
6. DHCPv6: Server stellt Informationen per **Reply** (DHCPv6, Type 7) bereit.
7. SLAAC: Client hat vom DHCPv6-Server die **Global-Unicast-Adresse** erhalten, prüft aber per **DAD** trotzdem auf Duplikate.



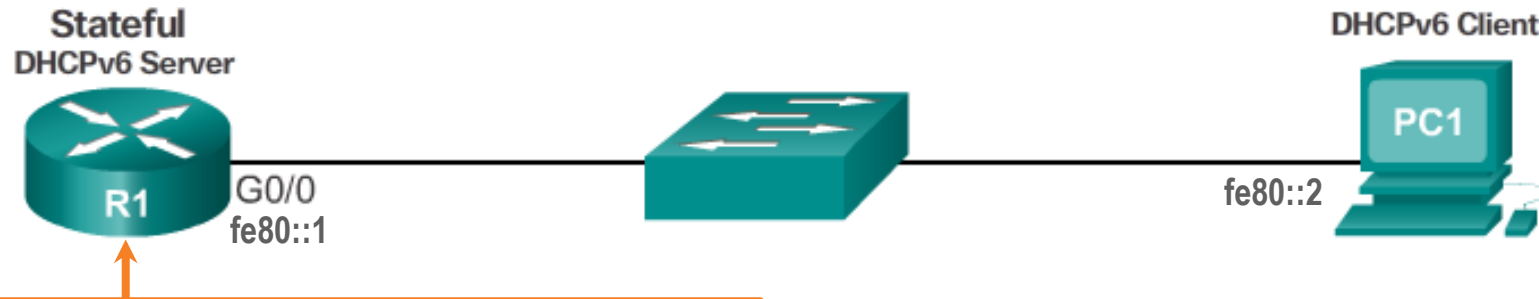
- Clients müssen weiter folgende Einstellung haben:
"IPv6-Adresse automatisch beziehen"
- Flags in Router Advertisements (ICMPv6 Type 134) müssen folgende Einstellung haben: **M = 1, O = 0**
 - Flags im Interface-Mode entsprechend setzen:
R1(config-if)# **ipv6 nd managed-config-flag**
R1(config-if)# **no ipv6 nd other-config-flag**
 - Kontrolle der Flags auf dem betreffenden Interface:
R1# **show ipv6 interface G0/0**

Wireshark Mitschnitt:

```
Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Advertisement (134)
  Code: 0
  Checksum: 0x105d [correct]
  Cur hop limit: 64
  Flags: 0x80
    1... .... = Managed address configuration: Set set
    .0.. .... = Other configuration: Not set
    ..0. .... = Home Agent: Not set
    ...0 0... = Prf (Default Router Preference): Medium (0)
    .... .0.. = Proxy: Not set
    .... ..0. = Reserved: 0
```


Stateful DHCPv6 am Cisco-Router einrichten

Die Konfiguration eines *Stateful DHCPv6-Servers* verläuft gleich wie bei einem *Stateless DHCPv6-Server*, einzig der **Adressbereich** ist zu **ergänzen**.



...

```
R1(config)# ipv6 dhcp pool Test-Stateful
```

```
R1(config-dhcpv6)# address prefix 2001:db8:acad::/64
```

```
R1(config-dhcpv6)# dns-server 2001:4860:4860::8888
```

```
R1(config-dhcpv6)# domain-name est.test
```

```
R1(config-dhcpv6)# exit
```

```
R1(config)# interface GigabitEthernet G0/0
```

```
R1(config-if)# ipv6 dhcp server Test-Stateful
```

```
R1(config-if)# exit
```

...

```
R1# show ipv6 dhcp pool
```

```
R1# show ipv6 dhcp binding
```

Anlegen eines DHCPv6-Pools mit einem beliebigen Namen (hier: *Test-Stateful*)

DHCPv6-Adressbereich festlegen (optional: ***lifetime valid preferred*** in Sek.)

alle DHCPv6-Parameter eingeben
(hier: z.B. *DNSv6-Server von Google* und *Domänenname*)

DHCPv6-Pool mit dem Interface (hier: *G0/0*) verknüpfen, über welches die Informationen verteilt werden sollen

Pool-Einstellungen überprüfen

Anzeigen der verteilten Adressen

- `show ipv6 interface`
- `show ipv6 interface G0/0`
- `show ipv6 dhcp conflict`
- `debug ipv6 dhcp detail`

- CCNA-Curriculum *"Introduction to Networks (ITN) v7.02"*, Module 12 *"IPv6 Addressing"*, Cisco Networking Academy
- ZSL-LFB zu ITNv7 von Andreas Grupp (andreas.grupp@fbu-rpt.de), Carina Haag (haag.c@lanz.schule), Tobias Heine (tobias.heine@springer-schule.de) und Uwe Thiessat (uwe.thiessat@gbs-sha.de)
- Badach, A., Hoffmann, E. (2015). Technik der IP-Netze. Internet-Kommunikation in Theorie und Einsatz. (3. Auflage). München: Carl Hanser Verlag.