

## CompTIA Network+

Betrifft Buchversion: 5. Auflage 2012 sowie Nachdruck 5. Auflage, 2015

Version der Ergänzung: 7. Juli 2015, neue und erweiterte Fassung vom Kapitel über IPv6

### 10.4 IPv6

Trotz privater Netzadressen und technischer Tricks wie NAT (Network Address Translation), mit der man private Netze via „Maskierung“ ans Internet anschliessen kann, werden die IPv4 Adressen knapp.. Aus diesem Grund wurde vor bereits etlichen Jahren, 1998, eine neue Version entwickelt, die Version IPv6. Diese Version bietet wesentliche Verbesserungen:

- Einen erweiterten Adressraum von 232 auf 2128 Adressen
- Broadcasts werden durch Multicasts ersetzt
- Vereinfachung des Headers
- Autokonfiguration der Geräte
- Verbesserte Unterstützung von Optionen (z.B. Verschlüsselung)
- Funktionen im Zusammenhang mit der Dienstqualität (QoS)
- Authentifizierung und Datenschutz
- Feste Headerlänge von 40 Bytes

Doch die Umsetzung dieser Version kommt nur äusserst schleppend voran. Windows Vista war beispielsweise das erste Microsoft-Betriebssystem, welches diese IP-Implementierung von Haus aus mitbrachte. Es folgte Windows 2008 Server, nachdem unter Windows 2003 Server IPv6 zwar installiert werden konnte, aber für den produktiven Betrieb nicht freigegeben war. Bei der aktuellen Version von Windows 8 wird IPv6 als Standardprotokoll installiert. Unter Linux ist es der Kernel 2.6, der IPv6 produktiv unterstützt.

Eine IPv6-Adresse ist 128 Bit lang. Dies ergibt die Zahl von  $2^{128}$  oder umgerechnet 340,28 Sextillionen IPv6-Adressen. Das bedeutet, Sie können auf jedem Quadratmeter dieser Erde 607'647'083'787'390'113'327'454'656 IP-Geräte eindeutig adressieren.

Die IPv6-Adressen werden aufgrund ihrer Länge nicht mehr in dezimaler oder binärer Form wiedergegeben, sondern hexadezimal mit Doppelpunktnotation, und zwar immer in acht Blöcken zu 16 Bit (2 Byte). Eine IPv6-Adresse sieht dann z.B. so aus:

- FE04:C44E:73E3:A7B3:1319:3030:8E1B:6522

Hierzu eine Erklärung anhand des ersten Adressblocks: FE04. „F“ als hexadezimale Ziffer entspricht im dualen System der 4-Bit Zahlenfolge „1111“, „E“ entspricht der Zahlenfolge „1110“ usw. In binärer Schreibweise würde also die Adresse allein für diesen ersten Block

wie folgt heissen: 1111 1110 0000 0100 – verstehen Sie jetzt, warum eine hexadezimale Notation wesentlich praktischer sein kann für dieses Unterfangen?

Eine Besonderheit bei der Darstellung ist die Möglichkeit, dass Zahlengruppen, die nur aus Nullen bestehen, durch zwei aufeinander folgende Doppelpunkte „ausgelassen“ werden können, allerdings nur an einer Stelle pro Adresse. Ebenso können führende Nullen weggelassen werden.

Die Adresse FCFF:0000:57BB:AE34:ABA4:2300:EE22:0BF0 lautet dann  
FCFF::57BB:AE34:ABA4:2300:EE22:BF0

Die ersten 64 Bit der IPv6-Adresse dienen üblicherweise der Netzadressierung und werden Präfix genannt, die letzten 64 Bit werden zur Host-Adressierung verwendet und werden Interface Identifier genannt.

*Beispiel:* Hat ein Netzwerkgerät die IPv6-Adresse

- FE04: b60d:85a3:07d3:1319:0370:8a2e:6522

so stammt es aus dem Subnetz

- FE04: b60d:85a3:07d3::/64

das mit den ersten 64 Bit seiner Adresse identifiziert wird. Die Netzmaske eines Endgerätes ist somit immer /64.

In einer URL wird die IPv6-Adresse in eckigen Klammern eingeschlossen.

*Beispiel einer korrekten URL:*

- [http://\[FE04: b60d:85a3:07d3:1319:0370:8a2e:6522\]/](http://[FE04:b60d:85a3:07d3:1319:0370:8a2e:6522]/)

Eigene Adressklassen kennt IPv6 nicht mehr.

Site-local-Adressen, die anfänglich noch zur Weiterführung der alten IPv4-Adressen angedacht waren gelten mittlerweile als veraltet und werden aus dem Standard verschwinden, sie sind nicht mehr von Bedeutung.

Natürlich gibt es auch bei IPv6 reservierte Adressen und Sonderfälle.

Einige wenige sollen hier im Vergleich mit IPv4 angezeigt werden:

IPv6-Adresse /Präfix	Beschreibung	Anmerkungen
::/128	nicht festgelegt	entspricht IPv4 0.0.0.0
::1/128	Loopback-Adresse	entspricht IPv4 127.0.0.1
2000::/3 (2000 bis 3FFF)	Global Unicast	Adressen für Provider, werden von der IANA vergeben.
2002::/16	6to4	→ 6to4-Tunneladressen
::xx.xx.xx.xx/96	Eingebettete IPv4-Adresse	Die niedrigen 32 Bit entsprechen der IPv4-Adresse. Auch als „IPv4-kompatible IPv6-Adresse“ bezeichnet.
::ffff:xx.xx.xx.xx/96	Auf IPv6 abgebildete IPv4-Adresse	Die niedrigen 32 Bit entsprechen der IPv4-Adresse. Notwendig für Rechner, die IPv6 nicht unterstützen. Ein Router muss hier zwischen IPv4 und IPv6 routen.
fe80::/10 <i>fe80: : bis febf: :</i>	<i>link-local</i>	Nicht zu routende Adressen, mit APIPA (169.254.0.0/16) vergleichbar. für Autoconfiguration und Neighbor Discovery benötigt
fec0::/8 <i>fec0 bis feff</i>	<i>Site-local</i>	Präfix = Nachfolger der privaten IP-Adressen . Sie dürfen nur innerhalb der gleichen Organisation geroutet werden. *
FF00::/8	Multicast	
64:ff9b::/96	NAT64	Ermöglicht IPv6 only Hosts mit IPv4 Hosts zu kommunizieren.
2001::/32	Teredo	Ermöglicht IPv4 only Hosts den Zugriff auf IPv6 Hosts. Dabei werden IPv6 Pakete, in IPv4 und UPD eingekapselt..

Tabelle: IP v6-Adressen

\* Diese Adressen sind inzwischen abgelehnt (engl. *deprecated*) und werden aus zukünftigen Standards wahrscheinlich verschwinden.

Ein wichtiger Faktor für die Implementation von IPv6 war die Einführung der IEEE-Norm EUI-64 (Extended Unique Identifier) als Teil der IP-Adresse. Hierbei wird die Interface-ID aus der MAC-Adresse der lokalen Schnittstelle abgeleitet. Dazu werden OUI-Teil und NIC-spezifischer Teil der MAC-Adresse getrennt und dazwischen die 16bit-Erweiterung 0xFFFE eingefügt, um auf 64bit zu gelangen. Anschliessend wird das siebte Bit (von links) gesetzt, um die Adresse als lokal zu identifizieren. Damit erhält man eine eindeutige Identifikation, die Identifier ID (IID). Mehr dazu finden Sie im RFC4291.

Um die Einzigartigkeit einer Adresse (Unique Identification) zu garantieren, wurde zunächst die MAC-Adresse der Schnittstelle integriert.

Aus Sicherheits- und Datenschutzgründen kann diese durch die in RFC3041 und RFC4941 beschriebenen so genannten Privacy Extension durch eine zufällige und regelmässig wechselnde Interface-ID ersetzt werden. Diese wird allerdings nicht anstelle, sondern zusätzlich zur EUI-64-Identifikation gebildet und hauptsächlich für ausgehende Verbindungen bevorzugt. Damit kann die Adresse von aussen nicht mehr nachverfolgt werden.

IPv6-Adressen können zudem als Multicast-Adressen eingerichtet werden:

- Das Präfix ff = Multicast-Adressen. Dem Präfix folgt eine 0, wenn es sich um eine permanente Multicastgruppe handelt und eine 1, wenn die Gruppe nur temporär besteht. Danach kommt eine Zahl, welche den Gültigkeitsbereich beschreibt:
- *ffx1*: knotenlokal, diese Pakete verlassen den Knoten nie
- *ffx2*: link-lokal, kein Routing
- *ffx5*: site-lokal (siehe dazu Anmerkung in der vorhergehenden Tabelle)
- *ffx8*: organisationslokal
- *ffxe*: globaler Multicast, der überall hin geroutet werden darf

Häufig angetroffene Multicast Adressen (Beispiel mit Gültigkeitsbereich = 2 (Link Local)):

- FF02::1: Alle Geräte
- FF02::2: Alle Router
- FF02::1:2: Alle DHCP Server
- FF02::1:FFxx:xxxx: Solicited Node Multicast: Wird für Neighbor Discovery verwendet (x = letzte 24 Bit der IPv6 Adresse)

Der IP-Header hat bei IPv6 eine feste Länge. Router fragmentieren überlange Pakete nicht mehr selbst, sondern fordern den Absender mit einer ICMP-Nachricht auf, kleinere Pakete zu schicken. Zudem werden keine Prüfsummen mehr berechnet.

Das ARP-Protokoll wurde durch das neue Verfahren Neighbor Discovery Protocol (NDP) abgelöst, welches die sich im selben Netz befindlichen IP-Geräte ausfindig macht. Zudem sucht es für Anfragen an Geräte die sich nicht im selben Netzwerk befinden einen Gateway (Router).

Für weitere Fragen oder Anregungen dürfen Sie sich gerne an mich wenden unter:

post@markuskammermann.ch