

# IPv6-Unicast-Adressen

## Unicast-Adressen für IPv6

Eine Unicast-Adresse steht stets für einen bestimmten Netzwerkanschluss eines bestimmten Gerätes. Umgekehrt benötigt ein Gerät für jeden Netzwerkanschluss mindestens eine Unicast-Adresse, um kommunizieren zu können. Für IPv6 werden auf einem Interface zumeist mehrere Unicast-Adressen gleichzeitig geführt.

Eine Unicast-Adresse für IPv6 besteht aus einem Prefix und einem Interface Identifier. Beide umfassen jeweils die Hälfte der Adresse. Sie stammen aus unterschiedlichen Quellen und werden zu einer vollständigen IPv6-Adresse zusammengesetzt.

## IPv6-Adressen vereinfachen

Eine IPv6-Adresse ist 128 Bit lang und wird in acht Blöcken mit je vier hexadezimalen Ziffern geschrieben. Groß- und Kleinschreibung spielen dabei keine Rolle. Um die Darstellung einer IPv6-Adresse zu vereinfachen, dürfen führende Nullen in allen Blöcken entfernt werden, wenn mindestens eine Ziffer in dem Block verbleibt. Gibt es einen oder mehrere aufeinander folgende Blöcke, die nur aus Nullen bestehen, dürfen sie durch ein :: ersetzt werden. Dies ist jedoch nur ein Mal pro Adresse erlaubt. Aufgrund dieser Vereinfachungen gibt es für die meisten IPv6-Adressen mehrere mögliche Schreibweisen.

## Kanonische Darstellung von IPv6-Adressen

Die kanonische Darstellung empfiehlt folgende Regeln zur einheitlichen Schreibweise:

- Alle hexadezimalen Ziffern werden klein geschrieben.
- Führende Nullen werden in allen Blöcken entfernt.
- :: ersetzt die längste Null-Folge, die mindestens zwei Blöcke umfasst, vollständig. Gibt es zwei gleiche Folgen, wird die erste ersetzt.
- Ein einzelner Block mit Nullen wird stets als :0: geschrieben.
- Wird die IPv6-Adresse zusammen mit einem Port angegeben, steht die IPv6-Adresse in eckigen Klammern, denen der Port durch einen Doppelpunkt getrennt folgt.

2001:db8:0:cafe::1

2001:db8:0:cafe:0:0:0:1

2001:0db8:0000:cafe:0000:0000:0000:0001



## Prefix

## Interface Identifier

Das Prefix ist die linke Hälfte einer IPv6-Unicast-Adresse. Es ist 64 Bit lang und steht für ein IPv6-Netzwerk. Das Prefix entscheidet über das Routing des Netzwerkes. Auch das Subnetting erfolgt innerhalb des Prefixes. Einem einzelnen Internet-Anschluss wird üblicherweise ein /48- oder ein /56-Prefix zugeteilt, so dass 16 beziehungsweise 8 Bit für eigene Subnetze verfügbar sind. IPv6-Prefixe werden stets in der CIDR-Notation angegeben.

Der Interface Identifier umfasst die rechten 64 Bit einer IPv6-Adresse. Er identifiziert die verschiedenen Teilnehmer innerhalb des Netzwerkes, das durch das Prefix beschrieben ist. Innerhalb eines Prefixes muss jeder Interface Identifier eindeutig sein. In verschiedenen Prefixen darf derselbe Interface Identifier allerdings gleichzeitig vorkommen. Ein Netzwerkteilnehmer darf also denselben Interface Identifier mit mehreren Prefixen kombinieren.

### Globale IPv6-Prefixe

Globale IPv6-Prefixe werden im gesamten Internet geroutet. Diese Adressen sind also „öffentlich“. Für sie ist aktuell das Prefix 2000::/3 reserviert.

Endkundenanschlüssen werden von den Providern meist je ein /48- oder ein /56-Prefix zugeteilt (PA-Adressen). Damit erhält jeder Anschluss 65.536 beziehungsweise 256 einzelne IPv6-Netze (/64) für das Subnetting.

Größere Organisationen können sich von der zuständigen Stelle – in Europa das RIPE – direkt IPv6-Prefixe zuweisen lassen (PI-Adressen). Sie müssen jedoch selbstständig von ihrem Inhaber im Internet bekannt gemacht werden.

### Lokale IPv6-Adressen (Unique Local Addresses, ULA)

Lokale IPv6-Adressen werden nur innerhalb eines abgegrenzten Bereiches geroutet. Im Internet sind sie hingegen nicht gültig.

Für lokale Adressen ist das Prefix fc00::/7 reserviert, wobei für ULA-Adressen derzeit nur fd00::/8 genutzt wird. Aus diesem Prefix darf jeder Administrator ein /48-Prefix beanspruchen und in /64-Subnetze unterteilen.

Die 40 Bit, mit denen das /8-Prefix zu einem /48-Prefix aufgefüllt wird, sind nach einem bestimmten Verfahren „zufällig“ zu bestimmen. So wird die Wahrscheinlichkeit minimiert, dass dasselbe ULA-Prefix mehrfach genutzt wird.

### Link-lokale IPv6-Adressen

Link-Lokale IPv6-Adressen sind nur innerhalb eines physischen Netzwerkes – einem „Link“ – gültig. Sie werden niemals geroutet.

Für link-lokale IPv6-Adressen ist das Prefix fe80::/10 reserviert. Aus diesem Prefix können beliebige /64-Netze gewählt werden.

Jedes Netzwerk-Interface mit IPv6 muss zwingend eine link-lokale Adresse aus dem Prefix fe80::/64 führen. Auf diese Adresse greifen schließlich alle weiteren Verfahren zur automatischen Konfiguration von Adressen mit größeren Gültigkeitsbereichen zurück.

### Besondere IPv6-Prefixe

Einige IPv6-Prefixe sind für spezielle Zwecke reserviert. Dazu zählen unter anderem:

- ff00::/8, Multicast
- 2001:db8::/32, Dokumentation
- 2001::/32, Teredo-Tunnel
- 2002::/16, 6to4-Tunnel
- 64:ff9b::/96, IPv4-embedd IPv6-Adressen
- ::ffff:0:0/96, IPv4-mapped IPv6-Adressen
- 3ffe::/16, ehemalige Adressen des 6bone
- 5f00::/8, ehemalige Adressen des 6bone

### Modified EUI64-Format

Interface Identifier in IPv6-Adressen entsprechen dem „Modified EUI-64“-Format. Zwei der insgesamt 64 Bit haben in diesem Format eine besondere Bedeutung:

- Steht im siebten Bit eine 1, handelt es sich um einen global eindeutigen Interface Identifier. Steht hier hingegen eine 0, ist der Interface Identifier nicht global eindeutig.
- Eine 1 im achten Bit kennzeichnet in manchen Zusammenhängen eine Multicast-Adresse.

Die Bedeutung des siebten Bits ist in vielen anderen Formaten – beispielsweise einer MAC-Adresse – entgegengesetzt. Die Umdeutung dieses Bits im „Modified“-Format begünstigt die manuelle Zuweisung einfacher IPv6-Adressen.

### Eindeutige Eigenschaften und Link-Layer-Adressen

Ein eindeutiger Interface Identifier kann am einfachsten aus einem bereits vorhandenen eindeutigen Wert erstellt werden. Dabei kommt die Link-Layer-Adresse, in einem Ethernet also die MAC-Adresse, einer Netzwerkschnittstelle in Betracht.

Sie wird zunächst von 48 auf 64 Bit erweitert, indem in der Mitte der Wert ff:fe eingefügt wird. Daraufhin wird das siebte Bit gekippt, da seine Bedeutung im Modified EUI-64-Format eines IPv6-Interface Identifiers entgegengesetzt zu der Bedeutung in dem MAC-48-Format ist. Das achte Bit (Unicast/Multicast) stimmt in beiden Formaten überein.

### Zufällige Interface Identifier und Privacy Extensions

Unabhängig von vorhandenen Eigenschaften können Interface Identifier zufällig ermittelt werden. Dabei steht das siebte Bit stets auf 0, da der zufällige Interface Identifier nicht unbedingt global eindeutig ist.

Ein zufälliger Interface Identifier kann einmalig erzeugt und fortan durchgängig geführt werden.

Interface Identifier gemäß „Privacy Extensions“ sorgen zudem für eine fortlaufende Änderung des Interface Identifiers. So wird die Wiedererkennung eines Gerätes erschwert. Derartige Adressen werden auch als „temporäre IPv6-Adressen“ bezeichnet.

### Manuelle Zuweisung

Ein Administrator kann Interface Identifier gezielt festlegen und sie den jeweiligen Netzwerkschnittstellen manuell zuweisen. Dabei kann sich der Administrator beispielsweise an den Ports der angebotenen Diensten oder anderen fachlichen Informationen orientieren.

In manuell ausgewählten Interface Identifiern muss das siebte Bit stets auf 0 stehen, da anderswo derselbe Interface Identifier genutzt werden könnte. Aufgrund des Modified EUI64-Formates können dabei jedoch die ersten 16 Bit des Interface Identifiers vollständig auf 0 gesetzt werden, was dann zu einer leicht zu kürzenden IPv6-Adresse führt.

Texte, Grafik, Gestaltung und Design: Fabian Thoms  
Logo: Irene Johansson, Gestaltung: Irene Johansson  
Nutzung für private Zwecke (z.B. Austausch im Büro) ausdrücklich gestattet.  
Version 2014.12.08.001 vom 8. Dezember 2014