

6. Internet Protokoll Version 6 (IPv6)

Aus: RIPE 73: IPv6 verbreitet sich doch (u.a.) von heise online

Auf weltweit rund sieben Prozent Anteil hat der IPv6-Verkehr inzwischen zugenommen. Das mühsam aufgebaute Nachfolgeprotokoll zu IPv4 – wird es doch noch eine Erfolgsgeschichte?

Aktuelle Entwicklung

Rund sieben Prozent des weltweiten Datenverkehrs wird mittlerweile über IPv6 abgewickelt. Beim DNS-Verkehr sieht es sogar noch besser aus: Ein Drittel der Nutzer erhalten ihre Webseiten heute per IPv6. Aus deutscher Sicht noch eine gute Nachricht: Deutschland gehört laut Expertenberichten auf dem 73. RIPE-Treffen in Madrid (24.-28. Oktober 2016) nicht mehr zu den Nachzüglern, sondern zu den Vorreitern.

Immerhin 28,8 Prozent des Verkehrs in Deutschland entfallen nach aktuellen Zahlen des APNIC-Forschers Geoff Huston und einer Akamai-Studie auf IPv6. Alain Durand, Mitglied der Technikmannschaft der ICANN, sieht Deutschland jetzt hinter Belgien (51,1 Prozent), den USA (30,5) und der Schweiz (29,0) an vierter Stelle. Vorbei die Zeit, in der man nach hohen IPv6-Verbreitungen in Korea, Rumänien oder Slowenien schielte.

Durand hatte in seiner Studie geprüft, ob es eine Korrelation zwischen Wirtschaftskraft (BSP pro Person) und Umstieg auf IPv6 gibt. Kriegen wirtschaftlich Benachteiligte IPv6 später? Einiges deutet darauf hin, aber mit letzter Gewissheit lässt sich das bisher nicht belegen; gegen die einfache Korrelation "mehr Geld, mehr v6" sprechen einige heftige Ausreißer. So sind in den aktuellen IPv6-Top-Ten auch die wirtschaftlich schwachen Länder wie Ecuador und Peru vertreten. Und gerade mal 0,3 Prozentpunkte hinter Deutschland reiht sich das gebeutelte EU-Mitglied Griechenland ein.

Das früher als IPv6-Vorreiter gefeierte Korea, aber auch ein Land wie das Vereinigte Königreich sind die neuen Nachzügler. Wichtiger als das vorhandene Geld ist laut IPv6-Pionier Jordi Palet Martinez die Marktsituation. Entscheidet sich etwa ein marktbeherrschendes Unternehmen wie etwa in manchen lateinamerikanischen Staaten für den Umstieg, kann es ganz schnell gehen.

Noch bessere Zahlen als beim Gesamtverkehr lieferte Huston für DNS-Anfragen, also die DNS-Auflösung via IPv6. Huston interpretiert die Ergebnisse der Analyse so: "Wenn du eine reine IPv6-Webseite hast, erreichen dich heute etwa ein Drittel aller Nutzer". Trotz der guten Nachrichten: Sowohl Huston als auch Durand warnten, man sei noch sehr weit vom Ziel entfernt. Oder anders gesagt: IPv4 wird zwar in manchen Regionen spürbar an Bedeutung verlieren, aber weltweit noch lange in Gebrauch bleiben. Durand mahnte, dass – neben einigen der reichsten Länder – die übergroße Zahl der ärmeren Länder noch kaum oder gar keine IPv6-Konnektivität hat.

Langsame Ausbreitung

Nach dem ersten Hype wurde es ruhig um IPv6 und der 1998 mit RFC 2460 eigentlich "finalisierte" Standard wurde im weiteren noch mehrfach geändert. Abenteuerlustige Hacker experimentierten mit IPv6, etwa auf dem ersten Sommercamp des Chaos Computer Clubs in Altlandsberg, doch die Industrie zeigte wenig Interesse. Schließlich funktionierten die Krücken, die IPv4 am Leben hielten und auch weiterhin halten, für viele damalige Provider noch gut genug.

Als Beispiel sei die Network Address Translation genannt (NAT), auf deren Abschottungsdienst gegenüber Verbindungsanfragen aus dem Internet viele Nutzer und sogar manche Admins aus Sicherheitsgründen großen Wert legen. Schon das Fehlen der NAT führen sie als Totschlagargument gegen IPv6 ins Feld. Dabei erledigt diese Abschottung eine ordentliche IPv6-Firewall locker genauso gut und schon ein IPv6-fähiger Einstiegsrouter macht davon ab Werk Gebrauch.

In Deutschland haben Netzbetreiber wie Kabel Deutschland (heute eine Tochter von Vodafone) oder Unity Media und die Mobilfunknetzbetreiber schon früh die Nachteile des zu knappen IPv4-Adressraums zu spüren bekommen – weil sie als Spätstarter im Internet-Geschäft deutlich kleinere IPv4-Adressblöcke ergattern konnten als etwa die Telekom, die für ihre Festnetzangebote noch aus dem (vermeintlich) vollen schöpfen konnte.

Die großen Kabel-Provider brauchen für den anhaltenden Kundenansturm auf Kabelanschlüsse weit mehr Adressen als kleine Unternehmen, die sich notfalls auch über Adress-Wiederverkäufer behelfen können. Beispielsweise wick daher Kabel Deutschland schon 2013 auf die Anschlusstechnik DS-Lite aus. DS-Lite etabliert IPv6 und führt IPv4 nur noch Hilfsweise fort; die Teilnehmer erhalten anders als etwa bei der Telekom keine öffentlichen IPv4-Adressen mehr, sondern nur noch private.

IPv6 ist der direkte Nachfolger von IPv4 und Teil der Protokollfamilie TCP/IP. Seit Dezember 1998 steht IPv6 bereit und wurde hauptsächlich wegen der Adressknappheit und verschiedener Unzulänglichkeiten von IPv4 entwickelt spezifiziert. Da weltweit immer mehr Menschen, Maschinen und Geräte an das Internet mit einer eindeutigen Adresse angeschlossen werden sollen, reichen die 4 Milliarden IPv4-Adressen nicht mehr aus.

Exkurs; Internet Protocol Version 5 (IPv5)?

IPv5 hieß offiziell ST-2 (Internet Stream Protocol Version 2) und war ein experimentelles Protokoll für Echtzeit-Datenströme. ST-2 sollte ursprünglich Audio und Video per Multicast übertragen. Dadurch sollten die Bandbreitenreservierungsvorteile von ATM in die IP-Netze gelangen. Zur Serienreife hat es nicht gereicht. Deshalb gab es auch kein IPv5 im praktischen Einsatz. Und ST-2 wurde von RSVP (Resource Reservation Protocol) zur Bandbreitenanforderung bei Routern abgelöst.

Zu den wesentlichen Vorteilen von IP v6 gehören:

- Ausreichend großer Adressraum durch die Verwendung von 128 Bit-Adressen
- Mehrere IPv6-Adressen pro Host mit unterschiedlichen Gültigkeitsbereichen
- Effizienteres Routing
- Einfacher Wechsel der Internet Provider
- Sicherheitsfunktionen sind fest im Protokoll eingebaut (IPsec)
- Einfache Verwaltung (Autokonfiguration der Hosts ohne irgend eine Einstellung möglich)
- Mobile-IP-Adresse mit Direktkommunikation zwischen mobilen Knoten und Partnerknoten

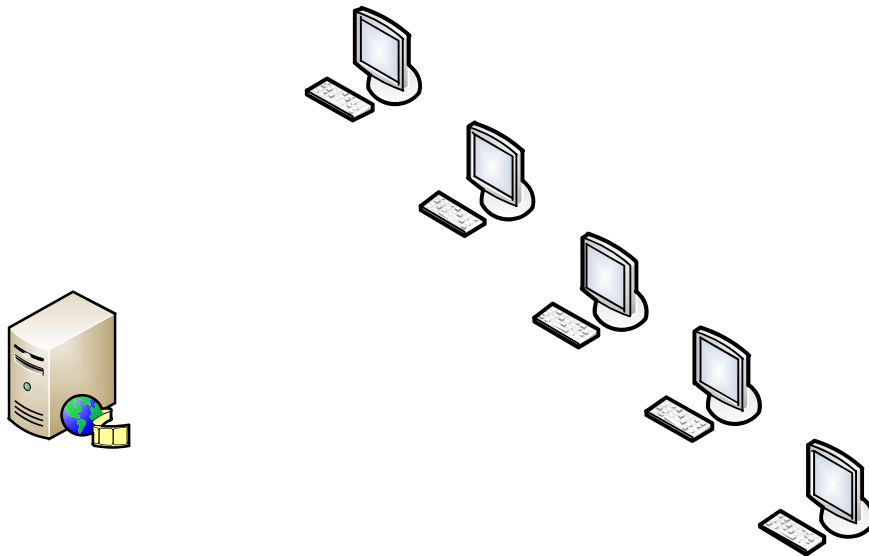
6.1 Unicast, Multicast und Anycast

IPv6 definiert drei Übertragungsarten für Adressen:

Unicast dient wie bei IPv4 zur Adressierung eines einzelnen Interfaces eines Rechners/Servers.



Multicast dient (wie bei IPv4) zur Adressierung einer Gruppe von Interfaces. Ein IP-Paket, das an eine Multicastadresse adressiert ist, wird an alle Mitglieder der Multicastadresse gesendet. Ein typisches Einsatzgebiet ist Video-on-Demand.



Was wurde aus dem Broadcast von IPv4?

Anycast dient zur Adressierung einer Gruppe von Interfaces. Die Adresse gilt zwar für eine Gruppe, gesendet wird das IP-Paket aber nur an ein Mitglied der Gruppe, z. B. den nächsten erreichbaren Knoten der Gruppe.



Anycastadressen werden z. B. bei mobilen Computern und bei dynamischen Netzwerkumgebungen eingesetzt. Domain-Name-Server können z. B. zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Eine Namensanfrage beantwortet dann der DNS, der als erstes erreichbar ist.

6.2 Der IPv6-Header (Layer 3 des ISO/OSI-Modells)

0	4	8	12	16	20	24	28	31
Version	Traffic Class/DS		Flow Label					
Payload Length				Next Header		Hop Limit		
Source Address								
Destination Address								

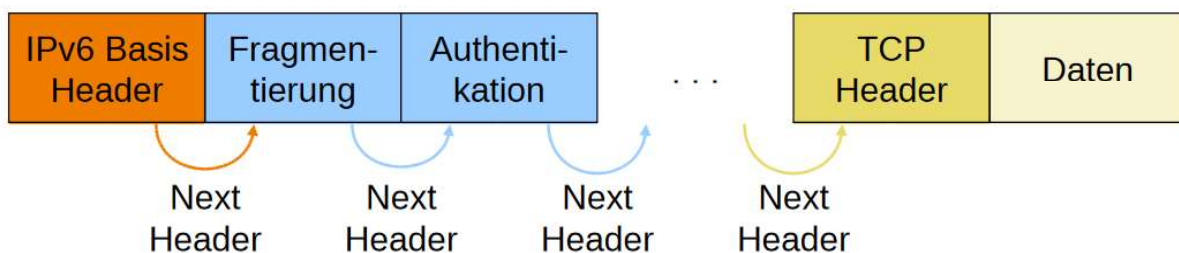
Die Felder im Einzelnen:

Version	IP-Version des Pakets, bei IPv6 immer 6
Traffic Class/DS	Dieses Feld wurde aus IPv4 mit den dortigen Bedeutungen übernommen. Es ist im Wesentlichen dafür vorgesehen, Pakete mit unterschiedlichen Anforderungen an das Netz bei der Durchleitung durch das Netz in den Routern gemäß den angegebenen Bits zu behandeln.
Flow Label	Dieses Feld ist dafür vorgesehen, zusammengehörende Datenflüsse wie z. B. den Video- oder Audiodatenstrom einer Videokonferenz auf Netzebene gesondert zu behandeln. Das Feld erhält den Wert 0, wenn keine besondere Behandlung vorgesehen ist.
Payload Length	Enthält die Anzahl der Nutzdatenbyte, die in diesem IP-Paket transportiert werden (Ab Headerende bis Ende des Pakets).
Next Header	Dieser Wert enthält den Code des in diesem Paket folgenden Headers an. Dies kann wie bei IPv4 der folgende TCP- oder UDP-Header sein, aber auch der Authentication Header, der Encapsulation Security Payload Header oder der Routing Header für Source Routing.
Hop Limit	Dieses Feld enthält die Anzahl der verbleibenden weiterleitenden Stationen, bevor das IP-Paket verfällt. Es entspricht dem TTL-Feld von IPv4. Jede Station, die ein IP-Paket weiterleitet, muss von diesem Wert 1 abziehen.
Source Address	128 Bit Quell-Adresse
Destination Address	128 Bit Ziel-Adresse

IPv6-Erweiterungsheader

Der IPv6-Header wurde im Vergleich zu IPv4 bewusst kurz gehalten (abgesehen von den längeren Adressen), um eine effizientere Verarbeitung zu ermöglichen. Optionale Felder wurden in spezielle Erweiterungsheader ausgelagert, die nur verwendet werden, wenn der Absender diese Optionen explizit einsetzen möchte. Durch diese Auslagerung müssen Router diese Optionen im Normalfall nicht verarbeiten bzw. bekommen diese gar nicht zu sehen, da sie ja nur mitgesendet werden, wenn dies notwendig ist.

Man erreicht durch das Verketteten von Header und Erweiterungsheadern einen modularen Aufbau. Am Ende der IPv6-Headerkette folgt dann der normale Layer-4-Header (heute in der Regel TCP oder UDP):



Das Feld „Next Header“ enthält dazu entweder die Nummer des nachfolgenden Erweiterungsheaders oder des nachfolgenden Protokolls.

Folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über mögliche Erweiterungsheader:

Nummer	Erweiterungsheader
0	Hop-by-Hop Optionen
43	Routing
44	Fragmentierung
51	IPSec: Authentication Header (AH)
50	IPSec: Encapsulation Security Payload (ESP)
60	Destination Options
135	Mobility
59	No Next Header (Ende eines Header-Stapels)

6.3 IPv6-Adressen

Die größte Änderung gegenüber IPv4 wurde bei den Adressen vorgenommen. Neben der deutlichen Vergrößerung des Adressraumes wurde vor allem die Struktur der Adressen für optimales Routing und flexiblen Aufbau von Adresshierarchien überarbeitet. Außerdem ist eine weitgehend automatisierte Adressvergabe möglich.

Schreibweise von IPv6-Adressen

IPv4-Adressen wurden bekanntlich folgendermaßen geschrieben: „193.154.56.37“. Dabei entsprach jede Dezimalzahl genau einem Byte. Die Übertragung dieses Zahlenschemas hätte bei IPv6 mit den 128 Bit langen Adressen zu sehr langen Zahlenkolonnen geführt. Daher wurde eine kompaktere Schreibweise mit insgesamt 8 Blöcken, die jeweils durch Doppelpunkte („:“) voneinander getrennt sind, eingeführt. Jeder Block besteht wiederum aus 4-stelligen Hexadezimalzahlen.

Beispiel:

2001:00BC:0000:00A4:0267:01FF:FE01:7352

Dabei dürfen führende Nullen innerhalb eines Blocks mit 4 Hexadezimalziffern auch weggelassen werden, ein Block muss jedoch mindestens eine Hexadezimalziffer enthalten:

Beispiel:

2001:BC:0:A4:267:1FF:FE01:7352

Diese Zahlenkette ist immer noch lang. Häufig kommen in Adressen lange Folgen von Nullen vor. Innerhalb einer Adresse kann maximal eine Nullfolge abgekürzt werden:

Beispiel:

FE80:0:0:0:0:0:0:57	ist abkürzbar auf	FE80::57
0:0:0:0:0:0:83C:933	ist abkürzbar auf	
FE80:0:0:2:0:0:0:5	ist abkürzbar auf	
	oder auf	

Die Erweiterungsregel lautet: Der linke Teil der Adresse steht links von den beiden Doppelpunkten, der rechte Teil der Adresse rechts von beiden Doppelpunkten. Dazwischen wird mit Nullgruppen auf 8 jeweils 4-stellige Hexadezimalzahlen aufgefüllt. Bei den 4-stelligen Hexadezimalzahlen dürfen führende Nullen weggelassen werden, es muss aber mindestens eine Ziffer vorhanden sein. Die Abkürzung für eine Nullgruppe durch zwei aufeinander folgende Doppelpunkte darf aus Eindeutigkeitsgründen nur einmal vorkommen:

Beispiel:

::1	wird erweitert zu	
2030:3:7::5A6	wird erweitert zu	
FEC0::2:0:0:0:7	wird erweitert zu	
FEC0:0:0:2::7	wird erweitert zu	

Aufgabe:

Wie können die folgenden IPv6-Adressen erweitert bzw. abgekürzt werden?

3F00::7:5AFC:DD	wird erweitert zu	
FEC0::DB:2C0:ABE	wird erweitert zu	
2002:0000:0000:0001:0000:0000:0024:E000	wird verkürzt auf	
FE00:0000:CEf0:0000:E800:000F:000D:000B	wird verkürzt auf	

Notationsregeln nach RFC 5952

Um zu viele unterschiedliche Schreibweise zu vermeiden wurden folgende (verbindliche) Notationsregeln definiert, die in Texten/Tabellen, zwischen Menschen, in Software etc. verwendet werden soll:

- alle alphabetischen Zeichen (Buchstaben a, b, c, d, e, f) werden grundsätzlich klein geschrieben.
- Alle führenden Nullen eines Blocks werden grundsätzlich weggelassen.
- Die Kürzung zu zwei Doppelpunkte (::) darf nur einmal durchgeführt werden.
- Die längste Nullen-Folge muss durch zwei Doppelpunkte gekürzt werden.
- :: soll nicht verwendet werden, wenn dadurch nur eine Null gekürzt wird.

In Eingabefeldern bei Computersoftware sollen dennoch weiterhin ALLE GÜLTIGEN Versionen der Schreibweise akzeptiert werden!

Schreibweise bei Angaben von Portnummern

Da in IPv6 das Trennzeichen zwischen den einzelnen Blöcken identisch mit dem Trennzeichen zwischen IP-Adresse und Portnummer ist, muss die IP-Adresse entsprechend markiert werden:

IP-Adresse:	2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334
Port-Nummer:	8080
URL:	

Angabe des Zonen-Index

Bei Link-Lokalen Adressen wird häufig der sogenannte Zonen-Index mit angegeben, da im System mehrere Netzwerkkarten und damit auch mehrere Link-Lokale Adressen existieren können. Der Zonen-Index gibt die ausgewählte Netzwerkkarte an und wird nach einem % an die Adresse angehängt. Die Schreibweise ist dabei abhängig vom jeweils eingesetzten Betriebssystem:

Windows	fe80::3%1	Die Zahl entspricht der Interface-Nummer
Linux/Unix	fe80::3%eth0	Die Bezeichnung entspricht dem Interface-Name
macOS	fe80::3%en0	Die Bezeichnung entspricht ebenfalls dem Interface-Name

Muss der Zonen-Index in einer URL verwendet werden, führt dies zu Problemen bei der Schreibweise, da „%“ in der URL ein Sonderzeichen einleitet. Das „%“ muss dann durch „%25“ als Sonderzeichen geschrieben werden, dass dem „%“ entspricht:

6.4 Übergang von IPv4 nach IPv6

IPv4 und IPv6 lassen sich auf derselben Infrastruktur, insbesondere im Internet, parallel betreiben. Für den Übergang werden also in der Regel keine neuen Leitungen, Netzwerkkarten oder Geräte benötigt, sofern dafür geeignete Betriebssysteme zur Verfügung stehen. Es gibt zurzeit kaum Geräte, welche IPv6, aber nicht gleichzeitig auch IPv4 beherrschen. Damit jedoch Geräte, die ausschließlich über IPv4 angebunden sind, auch mit Geräten kommunizieren können, die ausschließlich über IPv6 angebunden sind, benötigen sie Übersetzungsverfahren.

Um einen einfachen Übergang von IPv4- zu IPv6-Kommunikation im Internet zu ermöglichen, wurden verschiedene Mechanismen entwickelt. IPv6 wird dabei in der Regel hinzugeschaltet, ohne IPv4 abzuschalten. Grundlegend werden folgende Mechanismen unterschieden:

Parallelbetrieb (Dual-Stack)	Das Endgerät (Rechner/ Router) besitzt sowohl öffentliche IPv6
Parallelbetrieb (Dual-Stack Light)	
Tunnelmechanismen	
Übersetzungsverfahren	

Abbildung von IPv4-Adressen auf IPv6-Adressen

Da man bei einem IPv6-Netz auch weiter in einer gemischten Umgebung mit IPv4-Netzen arbeiten muss, kann man einer IPv6-Station eine IPv4-kompatible Adresse zuweisen:

Alte IP-Adresse:	
Hexadezimale Adresse	
IPv4-kompatible IPv6-Adresse	
Abgekürzte Schreibweise	

Beispiel für einen Tunneling-Mechanismus: 6to4

Hierbei werden Tunnel im Internet aufgebaut, um IPv6-Pakete über IPv4 transportieren zu können. Es wird auf jede IPv4-Adresse ein /48 großes IPv6-Netz abgebildet. Die IPv6-Adresse setzt sich aus dem Präfix 2002 und der hexadezimal notierten IPv4-Adresse zusammen.

Der lokale Host oder Router mit öffentlicher IPv4-Adresse schachtelt ein IPv6-Paket in ein IPv4-Paket. Soll das Paket ein natives IPv6 Netz erreichen, wird es an ein 6to4-Relay geschickt. Dort wird das IPv6-Paket wieder ausgepackt und ans Ziel geschickt. Sendet der entfernte Host etwas zum lokalen Host zurück, wird das Paket nicht zwingend wieder über dasselbe 6to4-Relay geleitet, sondern kann über jedes beliebige 6to4-Relay geroutet werden.

Öffentliche 6to4-Relays stellen einfache Zugänge ins IPv6-Netz dar, die keiner Anmeldung bedürfen und von allen genutzt werden können.

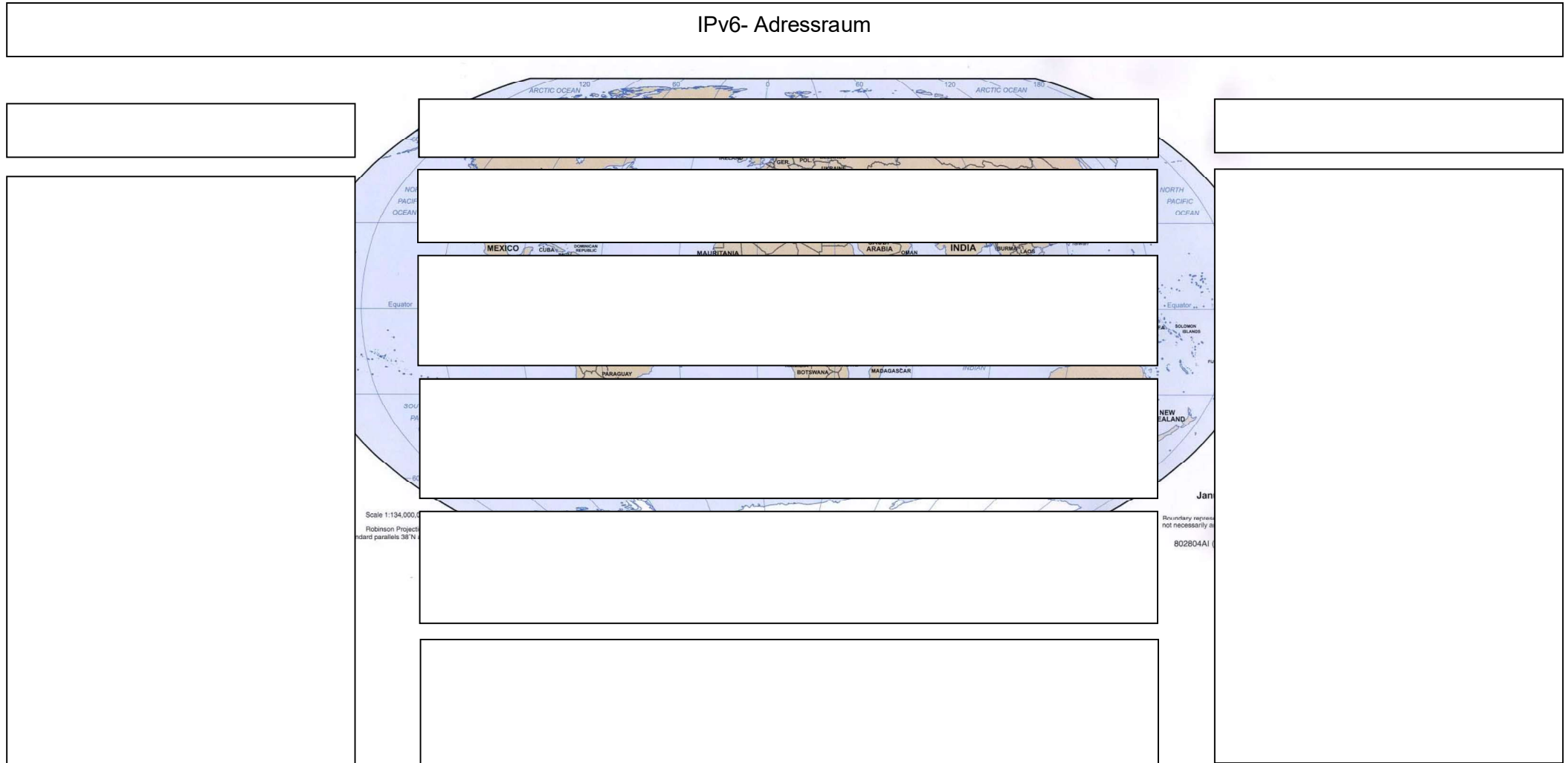
IPv4-Adresse	
IPv6 (6to4)-Adresse	

6.5 Aufteilung des IPv6-Adressraums

Wie bei IPv4 sind auch bei IPv6 bestimmte Adressen für spezielle Anwendungen vorgesehen. Zur Unterscheidung dient der sogenannte Format-Präfix, an welchem sich der Typ der Adresse erkennen lässt. Wie die folgende Tabelle zeigt, sind zurzeit erst 15,1% des Adressbereichs in Benutzung.

Verwendung	Präfix binär	Präfix hexadezimal	Anteil
reserviert für spezielle Anwendungen	0000 0000		1/256
noch nicht zugeordnet	0000 0001		1/256
Abbildung von NSAP-Adressen	0000 001		1/128
Abbildung von IPX-Adressen	0000 010		1/128
noch nicht zugeordnet	0000 011		1/128
noch nicht zugeordnet	0000 1		1/32
noch nicht zugeordnet	0001		1/16
Global Unicast Addresses	001		1/8
noch nicht zugeordnet	010		1/8
noch nicht zugeordnet	011		1/8
noch nicht zugeordnet	100		1/8
noch nicht zugeordnet	101		1/8
noch nicht zugeordnet	110		1/8
noch nicht zugeordnet	1110		1/16
noch nicht zugeordnet	1111 0		1/32
noch nicht zugeordnet	1111 10		1/64
Unique Local Addresses	1111 110		1/128
noch nicht zugeordnet	1111 1110		1/512
Link Local Addresses	1111 1110 10		1/1024
noch nicht zugeordnet	1111 1110 11		1/1024
Multicast Addresses	1111 1111		1/256

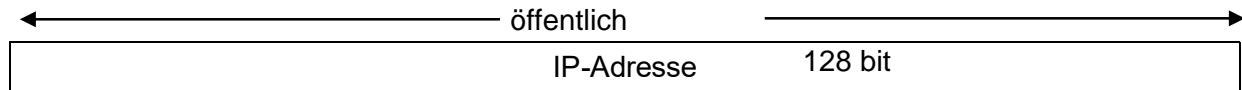
6.6 Aufteilung des IPv6-Adressraums



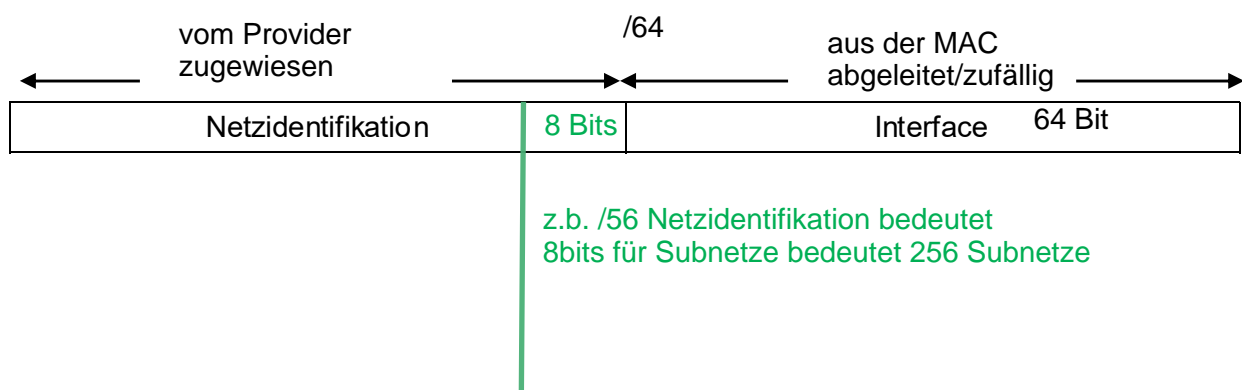
- +
- Interface Identifier
- Kennzeichnet die Schnittstelle eines Netzknotens
 - muss eindeutig sein

6.7 Struktur von Adressen

IP-Adressen können unstrukturiert oder auch strukturiert betrachtet werden. Innerhalb eines IP-Pakets sind die Adressen als unstrukturierte, 128 Bit lange Adresse zu betrachten:



Bezüglich der Zustellung eines IP-Paketes an bestimmte Netze, Regionen oder Provider hat man die Adressen mit einer flexiblen Struktur versehen:



6.8 Aufbau des Interface Identifiers

Die Interface-ID ist die Link-Layer-Adresse der Schnittstelle. Sie ist 64 Bit lang und kann auf mehrere Arten erzeugt werden.

1. Aus der MAC-Adresse erzeugen

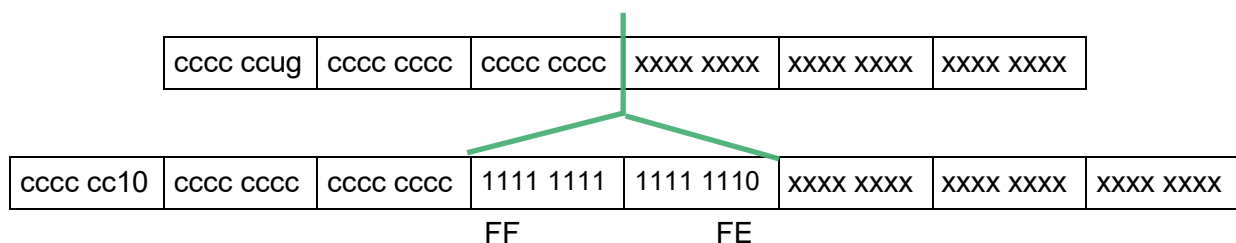
Eine MAC-Adresse hat 48 Bit und ist wie folgt aufgebaut:

cccc ccug	cccc cccc	cccc cccc	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Dabei bedeuten:

C	Company Bits die den Hersteller des Interfaces bezeichnen
u	Universal (0) bzw. local (1). Universal bedeutet, dass die Adresse weltweit eindeutig ist, local bedeutet, dass die Adresse nur je Netzbetreiber eindeutig ist
G	Group (1) bzw. Individual (0) Group bedeutet dass es sich um eine Multicastadresse handelt, Individual kennzeichnet eine Einzeladresse
x	Vom Interfacehersteller vergebene Adressbits

Aus diesen 48 Bit muss ein 64 Bit langer Interface Identifier nach folgendem Schema erzeugt werden:



Beispiel:

HEX 00 → BIN 0000 0010

IEEE MAC-Adresse	0008:4321:9876
Interface-ID	0208:43FF:FE21:9876
IEEE MAC-Adresse	0006:5B54:5C9B
Interface-ID	0206:SBFF:FE54:5C9B

2. Privacy Extensions

Wenn sie aktiviert sind, wird den Interface-Identifier zufällig generiert

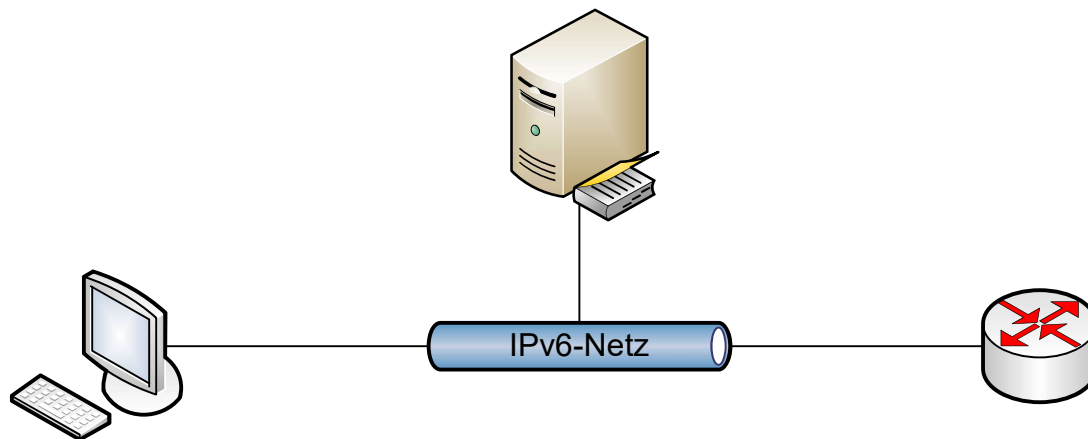
→ Ab Win xP SP3 Linux noch längere IOS und Andriod ebenfalls

Windows Server nicht ... da ich immer unter der gleichen IP erreichbar sein möchte

3. manuelle Konfiguration

per Hand (selbst überlegen) oder per DHCPv6

6.9 Konfiguration eines IPv6-Hosts



Der Client generiert sich eine Autokonfigurationsadresse

→

6.10 Übungsaufgaben:

- IPv4 verwendet VLSM und NAT, um die Adressknappheit zu umgehen. Welche Gründe sprechen dennoch für den Einsatz von IPv6? zukunftssicherer, größerer Adressraum
- Vergleichen Sie den IPv4- mit dem IPv6 Header. Welche Unterschiede können Sie feststellen? ipv6 ist fixiert und hat 40 Bytes, ipv4 hat zwischen 20 - 60 Bytes
- Wodurch unterscheidet sich der Anycast bei IPv6 vom bisherigen Broadcast bei IPv4?
one to any one to all
- Wodurch wird der Broadcast (z. B. Anfrage nach einem Interface-Identifier) von IPv4 bei IPv6 ersetzt? Multicast
- Was versteht man unter einer Link Local, was unter einer Global Unique IPv6-Adresse?
- Wodurch unterscheiden sich stateless und stateful Addressconfiguration?
- Ein Provider teilt einem Unternehmen das IPv6-Netz 2001:AAAA:BBBB /48 zu. Erläutern Sie, wie viele Netze das Unternehmen bilden kann.

6.11 Gegenüberstellung IPv4 und IPv6

	IP Version 4	IP Version 6
Adressgröße	32-Bit-Adressenlänge	128-Bit-Adressenlänge
Schreibweise	decimal	hexadecimal
Trennung Netz-/Hostteil	Slash Notation (z.b. /16) 255.255.0.0 Subnetzmaske	Slash Notation /64
Adressklassen	A/B/C/D/E aber veraltet	keine
Öffentliche Adressen	keine besonderen Erkennungszeichen	global unicast beginnen mit 2xxx oder 3xxx
Private Adressen	192.168.x.x / 16 172.16.x.x / 12 10.x.x.x / 8	fcxx bis fdxx / 7
Broadcast-Adresse	alle Host bits auf 1	keine
Multicast-Adressen	224.0.0.0 239.255.255.255	ff00 :: /8
Autokonfiguration	APIPA 169.254.x.x / 16	Link Local FE8x bis FEBF
Localhost	127.0. 0.1 /8	::1
Unspezifizierte Adresse (Routing)	0.0.0.0	::
IPs für Dokumentationen und Anleitungen	192.0.2.0 / 24 198.51.0.0 / 24 203.0.113.0 /24	2001:db8:: /32

Trace 1

```

60 00 00 00 00 40 3A 40 FE C0 00 01 00 00 00 00
00 00 AF C1 00 B4 00 01 FE C0 00 01 00 00 00 00
00 00 00 BE FE 30 01 F0 81 00 A4 6B 0C 1C 00 41
52 0F 36 47 9F 89 0C 00 08 09 0A 0B 0E 0F 10 11
...

```

Trace 2

```

45 00 00 54 A1 1B 00 00 41 01 55 52 C0 A8 01 02
C0 A8 01 E9 00 00 9B E3 3F 1C 00 09 24 13 36 47
D5 98 0D 00 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10 11 12 13
14 15 16 17 18 19 1A 1B 1C 1F 20 21 22 23 24 25
...

```

Hinweis:

Für IPv4 sind die Adressen zusätzlich in dezimaler Schreibweise anzugeben.
Für IPv6 sind die Adressen zusätzlich in verkürzter hexadezimaler Schreibweise anzugeben.

Nennen Sie für Trace 1:

ba) Protokollversion (2 Punkte)

v6

bb) Senderadresse (2 Punkte)

FEC0:0001:0000:0000:FC1:00B4:0001

FEC0:1::AFC1:B4:1

bc) Empfängeradresse (2 Punkte)

FEC0:0001:0000:0000:0000:00BE:FE30:01F0

FEC0:1::BE:FE30:1F0

Nennen Sie für Trace 2:

bd) Protokollversion (2 Punkte)

v4

be) Senderadresse (2 Punkte)

1100 0000 1010 1000 0000 0001 0000 0010

192.168.1.2

bf) Empfängeradresse (2 Punkte)

1100 0000 1010 1000 0000 0001 1110 1001

192.168.1.233

Ganzheitliche Aufgabe 1, Sommer 2014

c) Die Administratoren der OHAGE GmbH überlegen, IPv6 einzuführen.

ca) Erläutern Sie, warum sich der Client diese IPv6-Adresse generiert hat: (3 Punkte)

fe80::5226:90ff:fea9:1758

cb) Zu Testzwecken soll der Adressraum des IPv6-Netzes 2001:db8:AAAA:BB00::/56 in vier gleich große Teilnetze aufgeteilt werden.

Ergänzen Sie jeweils die Netzadresse der Subnetze 2-4 (6 Punkte)

Netz	Netz-Adresse
1	2001:db8:AAAA:BB00::
2	BB40
3	BB80
4	BBC0

Ganzheitliche Aufgabe 1, Winter 2006/2007

Die MITTIG GmbH möchte ihr Netzwerk für IPv6 vorbereiten. Sie sollen bei der Vorbereitung mitwirken.

a) In einem Handbuch zu IPv6 werden folgende Fachbegriffe erläutert. Geben Sie die Erläuterungen jeweils sinngemäß in Deutsch wieder.

aa) Link Local Address (FE80::/1) This address is found on each IPv6 interface after stateless auto-configuration. Packets using link-local addressing will never pass a router. (2 Punkte)

ab) Unique Local Unicast (FC00::/7) An identifier for a network or host. Can be used to build a private network, like the private network address space (10.x.x.x) in IPv4. (2 Punkte)

ac) Global Unicast Address (2000::/3) This address is the analogue of the normal IPv4 Addresses. Identifies a unique interface. (2 Punkte)

ad) IPv6 Neighbor Discovery replaces the address resolution protocol (ARP) in IPv4. For example the Neighbor Discovery Protocols responsible for stateless auto-configuration, duplicate address detection and finds the link layer address of another node. Using multicast, Neighbor Discovery Protocol avoids broadcasts. 3 Punkte

b) Ermitteln Sie die letzte /64 Netzwerk-ID des Adressbereiches der Unique Local Unicast Adressen 4 Punkte

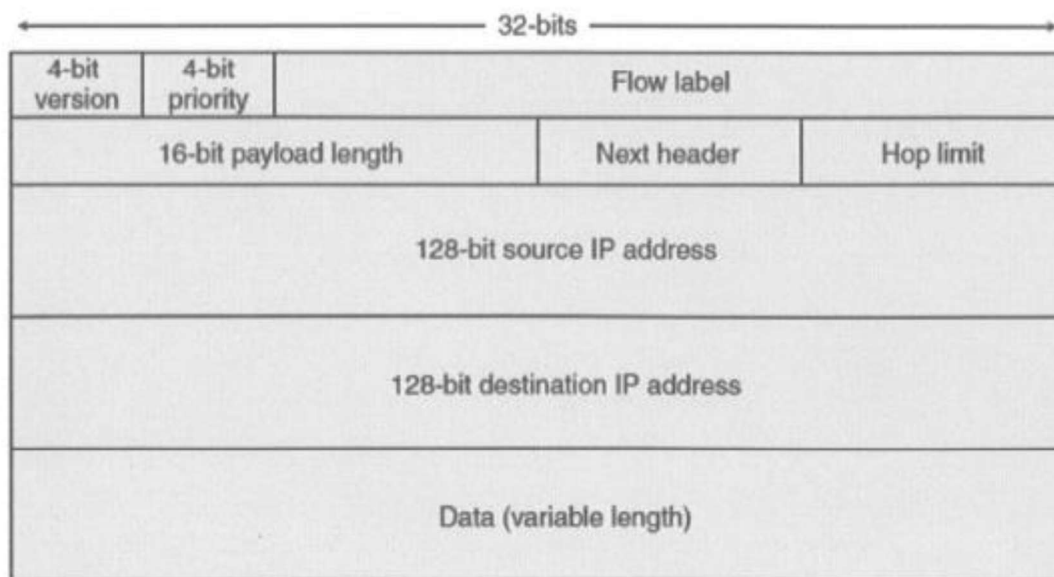
FDFE:FFFF:FFFF:FFFF::/64

c) In einem IPv6-Testnetzwerk mit dem Präfix /32 wurde der Datenverkehr mithilfe eines Protokollanalysators aufgezeichnet.

Trace

```
60 00 00 00 00 40 3A 40 FC 00 01 01 00 00 00 00
00 00 AF C1 00 B8 00 51 FC 00 00 03 00 00 00 00
00 00 00 BE FE 30 01 F0 81 00 A4 6B 0C 1C 00 41
52 0F 36 47 9F 89 0C 00 08 09 0A 0B 0E 0F 10 11
```

IPv6-Header



ca) Ermitteln Sie die IPv6-Senderadresse. 3 Punkte

FC00:101::AFC1:B8:51

cb) Ermitteln Sie die IPv6-Empfängeradresse. 3 Punkte

FC00:3::BE:FE30:1F0

d) Sie sollen einen weiteren Rechner manuell konfigurieren. Dieser soll mit dem Rechner im Testnetzwerk (siehe Trace) kommunizieren können. Der Standardgateway hat die erste mögliche Adresse im Netzwerk.

da) Ermitteln Sie eine mögliche IPv6-Adresse für den Rechner. 3 Punkte

FC00:101::AFC1:B8:52 / 32

db) Ermitteln Sie die IPv6-Adresse für den Standardgateway. 3 Punkte

FC00:101::1 /32