

# IPv6

**Blockwoche – Informationsübertragung**

**IPv6 ein kurzer Einblick**

**HAT Horw**

Rainer Meier  
Käserei  
6288 Schongau  
[skybeam@skybeam.ch](mailto:skybeam@skybeam.ch)

© 2001 by Rainer Meier

Klasse: 31a-bb  
2002 - 2006

2003-12-30

# 1. Inhaltsverzeichnis

<b>1. Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Warum ich dieses Thema gewählt habe .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Was ist IPv6.....</b>	<b>3</b>
3.1. Unterschiede zu IPv4.....	3
3.1.1. 128bit Adresslänge.....	3
3.2. Vorteile gegenüber IPv4 .....	3
3.2.1. Adressknappheit.....	3
3.2.2. Site-local oder link-local? .....	4
3.2.3. Unicast, Multicast, Anycast oder Broadcast?.....	4
3.2.4. IP-Header .....	4
3.2.4.1. Beispiel eines IPv4 Headers .....	4
3.2.4.2. Beispiel eines IPv6 Headers .....	5
3.2.5. Automatische Konfiguration .....	5
3.2.6. IPsec.....	5
3.2.7. Quality of Service .....	5
3.3. Nachteile gegenüber IPv4.....	6
<b>4. Wer setzt heute IPv6 ein? .....</b>	<b>6</b>
4.1. Telekommunikation.....	6
4.2. Test-Netzwerke.....	6
<b>5. Schlusswort / was ich zum Thema noch sagen wollte.....</b>	<b>7</b>
<b>6. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>7. Zitatverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>8. Quellenverzeichnis.....</b>	<b>8</b>

## 2. Warum ich dieses Thema gewählt habe

Da ich in der Telekommunikationsbranche arbeite bin ich schon mehrmals mit verschiedenen Übertragungsprotokollen in Berührung gekommen. In letzter Zeit war auch immer häufiger die Rede von IPv6. Insbesondere mit der kommenden Generation der Mobilfunknetze und der Verschmelzung der Carrier-Grade Netzwerke mit den IP-Netzen.

Dies war der Grund, warum ich mich für dieses Thema entschieden habe. Deshalb habe ich ursprünglich den Hauptfokus auf IPv6 zur Sprachkommunikation (VoIP) gelegt. Im Verlauf der Informationsbeschaffung hat sich allerdings gezeigt, dass bereits die Grundlagen sehr umfangreich sind und speziell im Quality of Service (QoS) noch grosse Fragen offen stehen. Deshalb habe ich mich dann entschieden eine grundlegende Einführung mit Fokus auf die wichtigsten IPv6 Neuerungen zu verfassen. Dabei soll der Bericht keine Anleitung zur Konfiguration eines IPv6 Netzwerkes sein oder auf die Details der grundlegenden Adressierung eingehen. Diese Informationen sind bereits in diversen Dokumenten und Tutorials zu finden; siehe dazu das Quellenverzeichnis.

## 3. Was ist IPv6

IPv6 ist nichts weiteres als die konsequente Weiterentwicklung des in die Jahre gekommenen Internet Layer-3 Transportprotokoll IPv4 (oder einfach IP-Protokoll genannt). Das neue Protokoll wurde hauptsächlich entwickelt weil sich im weltweiten Praxiseinsatz einige Schwächen von IPv4 zeigten. Als Beispiel sei hier nur die Adresslänge und die damit Verbundene Adressknappheit sowie einige Schwächen bei der automatischen Konfiguration von Endgeräten und Routern genannt.

### 3.1. Unterschiede zu IPv4

Hier sollen einige der wichtigsten Änderungen des IPv6 Protokolls im Vergleich zu IPv4 genannt werden. Natürlich können nicht alle Features hier beschrieben werden, deshalb sollen hier nur die wichtigsten angeschnitten werden.

#### 3.1.1. 128bit Adresslänge

Die wohl auffälligste Neuerung dürfte die auf 128bit verlängerte Quell- bzw. Zieladresse sein. Dies erlaubt  $2^{128}$  Adressen Eine IPv6 Adresse wird durch vier durch Doppelpunkt getrennte Viererblöcke hexadezimaler Nummern dargestellt. Aber ein Beispiel sagt mehr als tausend Worte:

IPv6 Adresse: FEC0:AAAA:0000:2222

### 3.2. Vorteile gegenüber IPv4

Wer jetzt erwartet zu hören, dass das Internet durch IPv6 schneller wird, den muss ich leider enttäuschen. Auch reine IPv6-Netzwerke werden über bestehende physikalische Verbindungen verknüpft. Trotzdem gibt es natürlich eine Vielzahl von Gründen, warum eine Umstellung sinnvoll oder sogar notwendig ist. Nachfolgend werden einige davon kurz erläutert.

#### 3.2.1. Adressknappheit

Man könnte meinen, dass selbst der mit  $2^{32}$  ( $4'294'967'296$ ) Adressen eigentlich ausreichen sollten. Leider stimmt dies bei genauerer Betrachtung nur bedingt. Durch ungünstige Verteilung und schlechte Nutzung der verteilten Adressräume bleiben weit weniger „nutzbare“ Adressen übrig. Ein Beispiel der schlechten Verteilung ist, dass alleine die USA ca. 75% aller Adressen besitzt. Durch die Bildung vieler kleiner Sub-Netze gehen wieder Adressen verloren und die privaten Netz-Bereiche (z.B. 10.0.0.0/8) machen einen weiteren Teil unnutzbar.

Es gibt aber auch Ansätze, welche die Adressknappheit entschärfen. So wird für kleinere Netze immer häufiger NAT-Routing eingesetzt anstatt einen ganzen Adressblock zu „verschwenden“. Leider führen diese Technologien auch häufig zu Problemen in Verbindung mit einigen Protokollen wie z.B. FTP oder IRC DCC.

Heute wird also einerseits versucht mit Netzwerktechnischen „Tricks“ den Zeitpunkt hinauszuzögern, an dem keine freien Adressen mehr verfügbar sein werden. Andererseits benötigen immer mehr End-

geräte eine IP-Adresse, ob dies jetzt meine Mikrowelle, mein Toaster, mein Auto oder mein Kugelschreiber ist.

IPv6 schiebt das Adressproblem nicht nur ein paar Jahre auf sondern wird es (hoffentlich) für immer lösen. Immerhin lassen sich mit  $2^{128}$  Adressen rein rechnerisch etwa 665'570'793'348'866'943'898'599 Adressen pro Quadratmeter Erdoberfläche verteilen. Selbst pessimistische Schätzungen gehen davon aus, dass es in der Praxis mehr als 1500 Adressen pro Quadratmeter sein werden.

### 3.2.2. Site-local oder link-local?

Adressbereiche wie die Privaten Adressen bei IPv4 (10/8, 172.16/12 und 192.168/16) gibt es in der Form nicht mehr. Stattdessen bekommt jedes Interface bei der Aktivierung eine link-local Adresse aus dem Bereich FE80::0/10. Diese Adressen werden von Routern nicht weitergeleitet.

Adressen vom Typ FEC0::0/10 werden als site-local Adressen bezeichnet und sind mit den Privaten Adressen aus IPv4 vergleichbar. Pakete dieses Typs dürfen nicht ins globale Netz gelangen, dazu müssen öffentliche Adressen verwendet werden.

### 3.2.3. Unicast, Multicast, Anycast oder Broadcast?

Unicast und Multicast Adressen sind bereits von IPv4 her bekannt. Unicast Sendungen gehen an einen bestimmten Empfänger. Multicast Adressen werden für Sendungen an mehrere Empfänger verwendet. Jeder Empfänger erhält die an die Multicast Adresse geschickten Pakete.

Neu bei IPv6 sind die Anycast Adressen. Sendungen an Anycast Adressen gehen an eine Gruppe von Empfänger wobei nur ein Mitglied der Gruppe das Paket erhält. Dies könnte beispielsweise für Cluster, Load-Sharing oder ähnliches eingesetzt werden.

Broadcast Adressen gibt es bei IPv6 nicht mehr.

### 3.2.4. IP-Header

Alleine wegen der nun 128bit langen Quell- und Zieladresse musste ein neuer Header definiert werden. Trotz der massiv längeren Adressen ist ein IPv6 Header nur knapp doppelt so lang wie ein IPv4 Header. Dies liegt hauptsächlich daran, dass viele Optionsfelder in den Erweiterungsheader ausgelagert wurden. Dieser kann erlaubt eine sehr hohe Flexibilität bei der Angabe von Optionen.

Ziel der Erweiterungsheader war es alle für das Routing nicht benötigten Optionen auszulagern, damit Router nur den Basisheader betrachten müssen.

#### 3.2.4.1. Beispiel eines IPv4 Headers

<b>4 bit</b>	<b>4 bit</b>	<b>4 bit</b>	<b>4 bit</b>	<b>4 bit</b>	<b>4 bit</b>	<b>4 bit</b>	<b>4 bit</b>
Version	IHL	Type of Service		Total Length			
Identification				Flags	Fragment Offset		
Time to Live		Protocol		Header Checksum			
Source Address (32 bit)							
Destination Address (32 bit)							
Options						Padding	

**Abbildung 1 IPv4 Header nach RFC 760**

Genauere Angaben zu den einzelnen Feldern sind in den entsprechenden RFCs zu finden. Diese sind beispielsweise in den entsprechenden RFC Archiven zu finden (siehe Quellen). Direktlink zum Internet Protocol RFC: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc760.txt>.

### 3.2.4.2. Beispiel eines IPv6 Headers

4 bit	4 bit	4 bit	4 bit	4 bit	4 bit	4 bit	4 bit
Version	Class		Flow Label				
Payload Length				Next Header		Hop Limit	
Source Adress (128bit)							
Destination Adress (128bit)							

**Abbildung 2 IPv6 Header nach RFC 2460**

Detaillierte Angaben der einzelnen Felder sind in RFC 2460 (<ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2460.txt>) zu finden.

### 3.2.5. Automatische Konfiguration

Eines der Hauptprobleme bei der Administration von IPv4 Netzwerken war die Konfiguration. Ein einzelnes falsch konfiguriertes Gerät konnte das Netz massiv stören oder lahm legen. Aus diesem Grund implementiert IPv6 bereits im Protokoll eine automatische Konfiguration. Wie bereits erwähnt erhält jedes Interface bei der Aktivierung eine link-local Adresse, die aus dem Prefix FE80::/64 und der Hardwareadresse (MAC) erzeugt wird. Sollte die Adresse im Netz bereits verwendet werden, so erkennt das Protokoll dies und fragt beim Benutzer eine neue Adresse an.

Auch Router-Adressen müssen nicht mehr manuell angegeben werden. Diese werden den Geräten durch spezielle „Advertisement“-Nachrichten mitgeteilt.

### 3.2.6. IPsec

Erstmals wurde ein grosses Augenmerk auf die Verschlüsselung und Authentisierung gelegt. Eine genauere Beschreibung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Deshalb hier nur ein Link zu einer Kurzeinführung über IPsec: <http://www.ipv6-net.org/themen/uebe/page12.php>.

### 3.2.7. Quality of Service

QoS bietet die Möglichkeit IP Pakete zu priorisieren. Erst dadurch kann beispielsweise ein störungsfreier voice over IP (VoIP) Dienst ermöglicht werden.

Wie aus der Spezifikation für den IPv6 Header leicht zu erkennen ist bietet dieser ein 20bit grosses Feld genannt „Flow Label“. Dieses Feld kann verwendet werden um bestimmte Pakete zu markieren. Damit können verschiedene „flows“ zu definiert werden, die unterschiedliche Übertragungseigenschaften wie Übertragungsrates, Verzögerung oder Verzögerungsschwankung haben können.

IPv6 bietet zwar das „Flow Label“ Feld an, die Verwendung wird allerdings noch heftig diskutiert. Es existieren zwei Ansätze wie QoS realisiert werden soll.

Der eine Ansatz ist das Konzept der Integrated Services nach RFC 2210. Dieser Ansatz sieht vor, dass mit einem Reservierungsprotokoll z.B. nach RFC 2205 eine Dienstgüte angefordert werden kann und die zugehörigen Pakete anhand des „Flow Labels“ diesem Datenstrom zugewiesen werden können.

Der zweite Ansatz nach RFC 2475 schlägt eine einfache Priorisierung der Datenpakete gegeneinander anhand des „Class“ Feldes im IPv6 Header vor.

Die erste Methode ist sehr komplex, bietet aber sehr viel Flexibilität und Sicherheit. Die zweite Methode ist deutlich einfacher, bietet aber auch viel weniger Flexibilität und könnte aus Gründen der Sicherheit bedenklich sein.

RFC 2210: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2210.txt>

RFC 2205: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2205.txt>

RFC 2475: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2475.txt>

### 3.3. Nachteile gegenüber IPv4

Natürlich gibt es auch sehr viele kritische Stimmen gegen IPv6. Diverse Argumente sprechen im Moment gegen das neue Protokoll.

Der Hauptnachteil besteht sicher im Aufwand, der für die Umstellung betrieben werden muss. Dies ist natürlich mit Kosten verbunden, da Systeme Umkonfiguriert, aktualisiert oder sogar ersetzt werden müssen. Da IPv6 ein komplexes Protokoll ist muss auch das Know-How zuerst aufgebaut werden.

Insbesondere ISPs haben ein sehr geringes Interesse daran IPv6 anzubieten. Dies liegt hauptsächlich daran, dass die Nachfrage von Seiten der Internet-Benutzer nicht vorhanden ist. Endbenutzer interessieren sich nicht dafür, mit welchem Protokoll sie surfen. Ein Grund gegen IPv6 ist auch, dass die populärsten Microsoft Betriebssysteme nur bedingt IPv6-tauglich sind. Dies trifft auch für Windows XP und Windows 2000 zu.

Ein weiterer Risikofaktor ist sicher auch, dass IPv6 noch nicht in derart grossen Netzwerken wie dem Internet getestet werden konnte. Test-Netzwerke können leider nie die Komplexität eines weltweiten Netzes abbilden und werden daher immer Modell-Charakter haben. Aus diesem Grunde beinhalten Investitionen in IPv6 Netze immer auch ein gewisses Risiko.

## 4. Wer setzt heute IPv6 ein?

Prinzipiell kann IPv6 schon seit Jahren von jedem interessierten Benutzer eingesetzt werden. Tatsache ist allerdings, dass der Protokollstack in Microsoft Betriebssystemen erst seit Windows XP den Weg in die offizielle Distribution gefunden hat. Leider gilt die Implementation experimentell und muss somit ohne Support und manuell installiert werden. Auf alternativen Betriebssystemen präsentiert sich ein komplett anderes Bild. IPv6 wurde beispielsweise bereits 1996 im Linux Kernel implementiert.

### 4.1. Telekommunikation

Hauptsächlich sind heute Telekommunikationsunternehmen an IPv6 interessiert. Die Zukunft wird den all-IP Netzen gehören in denen die Telefon-Netze mit den IP-Netzwerken verschmelzen werden. Dieser Schritt kann nur mit IPv6 vollzogen werden. Nicht umsonst kann man auf der Liste der Umstellungsgründe der IPv6 Task Force folgendes lesen:

```
IPv6 is MANDATORY for the 3GPP UMTS IMS (IP Multimedia Subsystem) in release 5
```

Zitatquelle 1 <http://ch.ipv6tf.org/whyipv6.php>

Da verwundert es auch nicht dass Swisscom die Leitung der IPv6 Task Force in der Schweiz übernommen hat.

### 4.2. Test-Netzwerke

Das momentan grösste weltweite IPv6 Netzwerk ist der 6Bone (<http://www.6bone.net/>). Der 6Bone wurde als Test-Netzwerk für IPv6 gegründet. Anfänglich wurden die Maschinen über IPv6 over IPv4 Tunnels miteinander Verbunden. Mittlerweile läuft das Netz weitgehend unabhängig auf IPv6-only Leitungen. Der 6Bone wird falls alles nach Plan verläuft im Juni 2006 den Dienst einstellen.

Ein weiteres wichtiges Test-Netzwerk ist das Internet2 (<http://www.internet2.edu/>). Das Internet2 ist eigentlich kein eigenständiges IPv6 Test-Netzwerk sondern ein Zusammenschluss von über 200 Universitäten. Das Ziel des Internet2-Projektes ist die Erprobung von neuen Technologien um revolutionäre Internet-Anwendungen zu realisieren.

Das moonv6 Projekt (<http://moonv6.sr.unh.edu/>) ist das grösste IPv6 Netzwerk in den USA. Das Ziel des Projektes ist die Demonstration der Leistungsfähigkeit von IPv6 und die Erprobung in einer grossen, komplexen Umgebung.

Diese 3 Netzwerke sind die einzigen nennenswerten Versuche das Internet ein wenig näher an das neue Protokoll heranzuführen. Wie aus Meldungen auf <http://www.ipv6-net.org/> zu vernehmen ist beteiligen sich bereits mehrere Mitglieder des Internet2 am moonv6 Projekt.

## **5. Schlusswort / was ich zum Thema noch sagen wollte**

Bereits heute ist der Einsatz von IPv6 praktikabel aber leider ist der Weg dorthin noch recht steinig. Die bereits heute zugänglichen Test-Netzwerke zeigen, dass die Entwicklung im vollen Gang ist. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die Grossen IPv6 Netzwerke zusammenwachsen und eine „echte Alternative“ zum heutigen IPv4 Internet darstellen werden.

Leider kann IPv6 seine volle Leistungsfähigkeit nur in reinen IPv6 Netzwerken ausspielen. Solange aber kein Zwang zur Umrüstung besteht wird IPv4 nicht aussterben. Heute ist dieser Zwang (noch) nicht vorhanden. Adressen stehen noch genügend zur Verfügung und noch viel zu wenige gehen als Technologieführer voran.

Einzig die Telekommunikationsunternehmen hätten einen echten Nutzen von einer schnellstmöglichen Umstellung. Von ihnen wird es abhängen wie schnell sich IPv6 durchsetzen wird.

## 6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 IPv4 Header nach RFC 760 .....	4
Abbildung 2 IPv6 Header nach RFC 2460 .....	5

## 7. Zitatverzeichnis

Zitatquelle 1 <a href="http://ch.ipv6tf.org/whyipv6.php">http://ch.ipv6tf.org/whyipv6.php</a> .....	6
---	---

## 8. Quellenverzeichnis

The Swiss IPv6 Taskforce: <http://ch.ipv6tf.org/>

Das deutsche IPv6 Forum: <http://www.ipv6-net.org/>

6bone IPv6 Test Netzwerk: <http://www.6bone.net/>

Internet2 Ipv6 Test Netzwerk: <http://www.internet2.edu/>

moonv6 IPv6 Test Netzwerk: <http://moonv6.sr.unh.edu/>

IETF (Internet Engineering Task Force) RFC Page: <http://www.ietf.org/rfc>

The RFC-Editor: <http://www.rfc-editor.org/>

Sun IPv6 Administration Guide: <http://docs.sun.com/db/doc/817-0573>

Diverse RFCs:

RFC 2210, USE of RSVP with IETF Integrated Services: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2210.txt>

RFC 2205, Resource ReSerVation Protocol (RSVP): <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2205.txt>

RFC 2475, Architecture for Differentiated Services: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2475.txt>

RFC 760, Internet Protocol: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc760.txt>