



## **Sunny Paper**

# **Der Business Impact von IPv6**

## **Eine pragmatische Perspektive**

**von Silvia Hagen**

Silvia Hagen, Inhaberin und Geschäftsführerin von Sunny Connection AG, ist die Autorin von verschiedenen Büchern. Ihre letzte Publikation ist die Zweitausende Auflage von "IPv6 Essentials" von O'Reilly. Sie spricht regelmässig an internationalen Konferenzen wie Brainshare, NUI Events, IPv6 Summits, Cisco Konferenzen, Burton Catalyst und anderen technischen Konferenzen.

Sunny Connection AG ist eine führende IT Consulting Firma in der Nähe von Zürich. Unser Hauptfokus ist im Bereich Identity Management, Directory Service Integration, sowie Netzwerk-Troubleshooting und Protokollanalyse. Wir haben über 15 Jahre Erfahrung in der Beratung von mittleren und grossen Unternehmen, hauptsächlich in den Bereichen Industrie, Banken und Versicherungen.

# Ueber dieses Sunny Paper

Ein Sunny Paper ist ein "Sunny Connection White Paper". Da "Sonne" Farben impliziert, nennen wir es Sunny Paper. Dieses Sunny Paper versucht, die häufigsten Fragen um die Einführung von IPv6 zu beantworten.

Es zeigt den Status der IPv4 and IPv6 Adress Allokationen per Januar 2008 auf und erläutert die brisanten Resultate einer ersten unabhängigen Studie über den Business Case von IPv6, welche vom Department of Commerce im 2006 durchgeführt wurde.

Wir hoffen, dass unsere Auswahl an Themen und Information hilfreich ist für Sie. Inputs und Feedbacks werden geschätzt. Schicken Sie Ihre Kommentare an [paper@sunny.ch](mailto:paper@sunny.ch)

Viel Vergnügen beim Lesen!

Silvia Hagen



CEO of Sunny Connection AG

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Was ist IPv6?</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Die Bedeutung des Internets für unsere Gesellschaft und Wirtschaft</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Wieviele IP Adressen braucht die Welt?</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Wie lange reicht unser Vorrat an IPv4 Adressen noch?</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>IPv6 Allokationen</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Was ist der Nutzen von IPv6?</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Was sollen wir heute tun?</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Referenzen</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Weiterführende Links</b>	<b>14</b>

# 1 Was ist IPv6?

Das Internet Protokoll IP ist ein wichtiger Bestandteil der TCP/IP Protokollfamilie. Wir können es als das Arbeitstier der Protokollsuite bezeichnen, da es für die Adressierung und das Weiterleiten (Routing) von Paketen zwischen Endknoten und Netzwerken zuständig ist. Egal was Sie im Netzwerk oder im Internet tun, IP sorgt dafür, dass alle Daten am richtigen Ort ankommen.

IP Version 4, welches heute in den meisten Netzwerken und im Internet im Einsatz ist, wurde anfangs der 70er Jahre in den Vereinigten Staaten entwickelt, mit dem Ziel zwischen einigen Rechnern von Regierungsstellen und Universitäten Daten austauschen zu können. Damals gab es keine Vorstellung, geschweige denn einen Business Plan, ein Netzwerk in der Grössenordnung unseres heutigen Internets zu kreieren. Umso erstaunlicher ist die Tatsache, dass es den Entwicklern gelungen ist, mit den damaligen Vorgaben ein Protokoll zu entwickeln, welches dieser unvorhersehbaren Entwicklung standhielt, sich als robust und ausbaubar erwies und heute die Grundlage für das Internet darstellt.

Heute sind wir an einem Punkt angelangt, wo die Ausbaubarkeit und vor allem die Zahl der verfügbaren Adressen an ihre Grenzen stösst. Dies wurde von den Entwicklergruppen bereits anfangs der 90er Jahre vorausgesehen, und darum begann man damals damit, den Nachfolger, IP Version 6, kurz IPv6 zu entwickeln. Bei der Entwicklung von IPv6 wurde darauf geachtet, die Eigenschaften, die sich bei IPv4 bewährt hatten beizubehalten, und das Protokoll so auszubauen, dass es den zukünftigen hohen Anforderungen unserer modernen Netzwerke und Dienste standhalten kann. 1998 erfolgte eine erste grössere Standardisierungswelle und die Hersteller begannen, IPv6 in ihre Produkte zu implementieren. Heute ist IPv6 in den meisten Geräten, Betriebssystemen und Applikationen verfügbar, in vielen Fällen bereits in einem reifen, optimierten Zustand.

Die Debatte, ob IPv6 je das Licht des Tages erblicken wird, läuft seit vielen Jahren. Ende der 90er Jahre wurde die Einführung verzögert, dadurch dass sich viele durch das Einsetzen von NAT (Network Address Translation) über das Problem der Adressknappheit hinweggeholfen haben, weil zu der Zeit IPv6 noch nicht reif für die Einführung war. NAT war jedoch ein kurzfristiges Pflaster für das dringende Adressproblem und schafft auf der Gegenseite viele unerwünschte Probleme in unseren Netzwerken. Eine unabhängige Studie in den USA, auf welche wir noch näher eingehen werden schätzt, dass rund 30% der gesamten IT-Kosten für das Lösen von NAT-generierten Problemen ausgegeben wird. (1)

IPv6 wird heute bereits relativ breit eingesetzt und wir werden alle nicht darum herum kommen, uns in den nächsten zwei bis drei Jahren damit zu befassen. Heute besteht vor allem für Organisationen noch kein Zeitdruck. Die Erfahrungen zeigen jedoch, dass durch eine rechtzeitige Planung und schrittweise Einführung sehr viele Kosten und Risiken vermieden werden können.

Dieser Artikel zeigt die Hintergründe, warum eine Einführung von IPv6 unumgänglich ist und versucht die Überlegungen in einer grösseren Perspektive zu stellen.

## 2 Die Bedeutung des Internets für unsere Gesellschaft und Wirtschaft

Nichts hat unsere Gesellschaft und Wirtschaft mehr beeinflusst als die Einführung und Benützung des Internets. Es hat unsere Art Geschäfte abzuwickeln, Konsumgüter und Dienstleistungen einzukaufen, Informationen zu beschaffen und zu lernen grundlegend verändert und tangiert alle Bereiche unserer Gesellschaft.

Wenn wir als ein Beispiel den Anteil von E-Commerce im Verhältnis zum gesamten Detailhandelsmarkt als Indikator betrachten, so zeigt sich, dass der Anteil von E-Commerce rasant zunimmt. Im Jahr 2002 lag der Anteil von E-Commerce in den USA bei 1.4%, was einem Markt von 44 Mrd. US\$ entspricht. Im Jahr 2006 lag der Anteil bereits bei 2.4%, das entspricht einem Markt von rund 98 Mrd. US\$.

Betrachten wir als einen weiteren Indikator die Zunahme von mobilen Telefonen so zeigt sich ein ähnliches Bild. Benützten im Jahr 1990 rund 5 Mio. Menschen in den USA ein Mobiltelefon, so entsprach dies einer Penetrationsrate von gut 2%. Im Jahr 2000 waren es rund 109 Mio. Menschen (38.79%) und im Jahr 2004 waren es 169 Mio. Menschen (57.71%).

Die Zahl der Knoten im Internet hat ebenfalls exponentiell zugenommen. Ein Auszug aus der Statistik des Internet Systems Consortiums (<http://www.isc.org>) sieht wie folgt aus:

Jahr	Anzahl Internet Hosts	Zunahme in 12 Monaten
1984	1'000	
1987	10'000	
1989	100'000	
1995	4.8 Mio	
1999	43 Mio	
2000	72 Mio	+ 29 Mio, +67 %
2001	109 Mio	+ 37 Mio, + 51 %
2002	147 Mio	+ 38 Mio, + 34 %
2003	171 Mio	+ 24 Mio, + 16 %
2004	233 Mio	+ 62 Mio, + 36 %
2005	317 Mio	+ 84 Mio, + 36 %
2006	394 Mio	+ 77 Mio, + 24 %
2007	433 Mio	+ 39 Mio, + 9 %
2008	541 Mio	+ 108 Mio, + 25 %

Tabelle 1 -Zunahme der Anzahl Internet Hosts

### 3 Wieviele IP Adressen braucht die Welt?

Jedes Gerät, jeder Dienst, jeder Knoten der sich an der Kommunikation in einem TCP/IP-Netzwerk beteiligen will braucht eine eindeutige IP-Adresse. Dies ist vergleichbar mit der Erreichbarkeit über eine eindeutige Telefonnummer. Das Adressformat einer IPv4-Adresse hat 32 bits. Damit können theoretisch maximal 4.3 Mrd. eindeutige IPv4-Adressen gebildet werden (2<sup>32</sup>). Das Adressformat einer IPv6-Adresse hat 128 bits, damit können 340'282'366'920'938'463'463'374'607'431'768'211'456 Adressen gebildet werden. Um es etwas bildlicher auszudrücken, kann man mit diesem Adressbereich jedem Sandkorn auf der Erde mehrere IPv6-Adressen zuweisen.

Nun stellt sich die Frage, ob wir denn überhaupt einen solch gigantischen Adressbereich brauchen? Hierzu möchte ich einige Informationen und Vergleiche liefern, welche diese Frage in einen sozialen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Kontext stellen und zeigen, dass dieser Schritt sich wohl als sinnvoll erweisen wird.

Zur Zeit leben rund 6.5 Mrd. Menschen auf unserem Planeten. Selbst wenn es möglich wäre, den gesamten theoretischen Adressraum von 4.3 Mrd. IPv4-Adressen zu benützen (dies ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich, es stehen rund 3.3 Mrd. IPv4-Adressen zur Verfügung), würde dies nicht ausreichen, um jedem Menschen Zugang zum Internet zu ermöglichen.

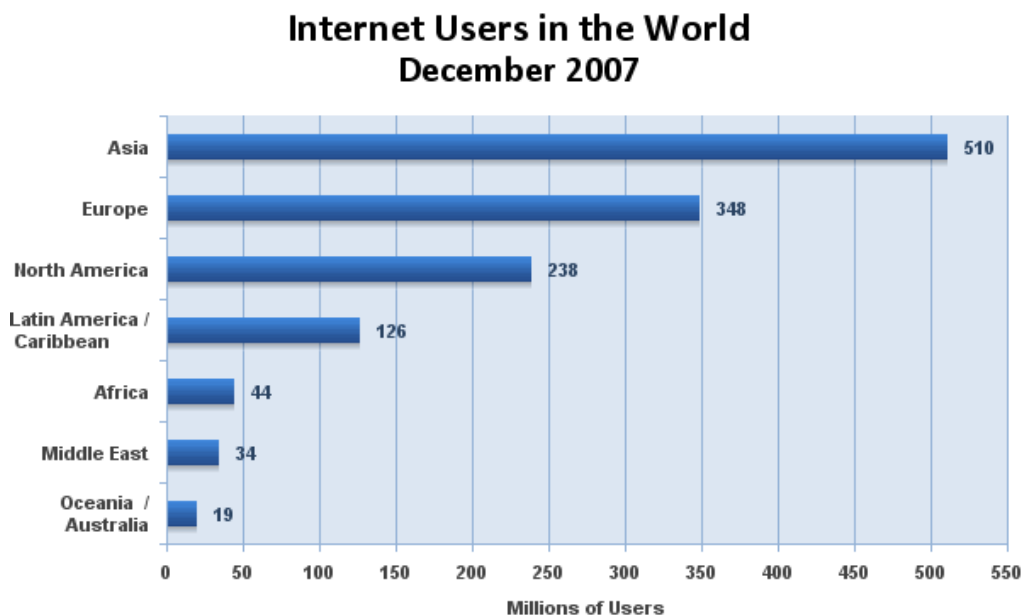
---

Obwohl wir seit mehr als 10 Jahren von dem drohenden Adressmangel reden, haben heute lediglich knapp 20% der Menschen Zugang zum Internet.

---

Viele von uns in den industrialisierten Ländern können sich leben und arbeiten ohne Internet nicht mehr vorstellen. Wir müssen uns jedoch bewusst sein, dass wir zu einer privilegierten Elite gehören.

Nachfolgend zwei Statistiken, welche die Situation weltweit veranschaulichen:



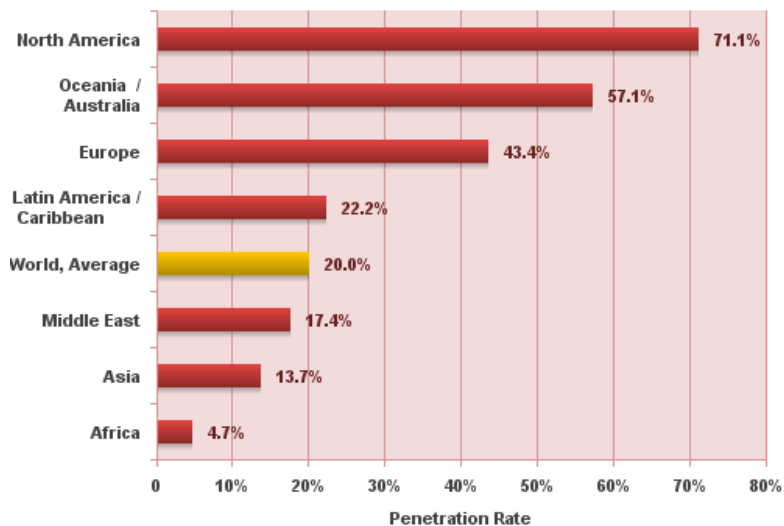
Note: Total World Internet Users estimate is 1,319,872,109 for year-end 2007  
Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group - [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com)

Abbildung1 - Zahl der Internet Benützer nach Regionen

Abbildung 1 zeigt, dass Asien mit 510 Mio. Internetbenutzern führt, in Europa sind es 348 Mio. und in Nordamerika 238 Mio. Die Top 5 Länder mit der höchsten Zahl an Internet Benutzern sind die USA mit 211 Mio., gefolgt von China mit 162 Mio. gefolgt von Japan mit 86 Mio., gefolgt von Deutschland mit 50 Mio., gefolgt von Indien mit 42 Mio.

Wenn wir jedoch die Zahl der Internet Benutzer pro Region in Relation zur gesamten Bevölkerung dieser Region stellen (Internet Penetration Rate genannt), ergibt sich ein völlig anderes Bild.

### World Internet Penetration Rates December 2007



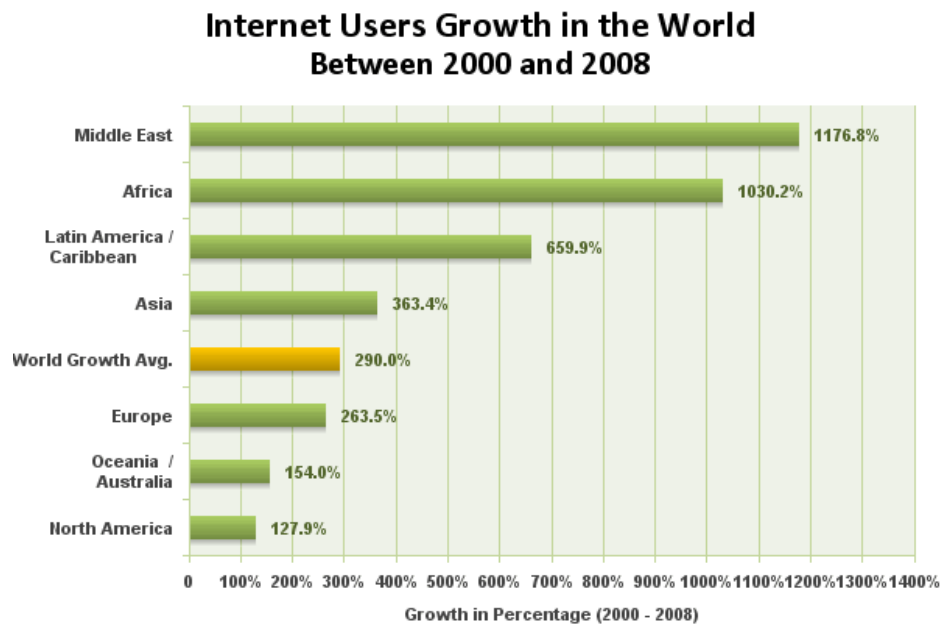
Source: [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com)  
Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group

#### Abbildung 2 - Internet Penetrationsrate nach Regionen

In Abbildung 1 sehen wir, dass Asien die höchste Zahl an Internet Benutzern aufweist. Dies ist nicht überraschend, leben doch in Asien mehr als 50% der gesamten Weltbevölkerung (3.7 Mrd. Menschen). Die 529 Mio. Internet Benutzer in Asien repräsentieren gerade mal 13% der gesamten Bevölkerung Asiens, während die 238 Mio. Internet Benutzer in Nordamerika 71% der Bevölkerung darstellen. Die Internet Wachstumsrate ist nirgends grösser als in Asien. Dies führt auch zu dem Phänomen, dass während wir noch zögerlich über eine mögliche zukünftige Einführung von IPv6 nachdenken, dies in Asien seit mehreren Jahren Realität ist und mit starker politischer Unterstützung eingeführt wurde - sie hatten gar keine Wahl bei ihrem Bedarf an Adressen. China, Japan, Südkorea und viele andere Staaten sind in der Einführung weit fortgeschritten. China zum Beispiel baut das CNGI (China Next Generation Internet), welches im Jahr 2001 gestartet wurde. An diesem Projekt sind die fünf grössten Telekommunikationsanbieter, sowie die grossen Industriekonzerne wie Lenovo und Konka beteiligt. IPv6 und Mobilitätsfunktionen wurden von anfang an als Grundstein ins Netzwerk eingebaut.

China hat deklariert, bis zum Jahr 2008 die Nummer 1 Informationsinfrastruktur in der Welt zu bauen und gleichzeitig eine ökonomische Supermacht zu werden.

Betrachtet man in der nächsten Grafik die Wachstumsraten seit dem Jahr 2000 der einzelnen Regionen, so sieht man, dass Asien, Afrika und Lateinamerika die am schnellsten wachsenden Internetregionen sind.



Note: World Internet Users estimate is 1,407,724,920 for Q1 2008.  
Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group - [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com)

#### Abbildung 3 - Internet Wachstumsrate nach Regionen

Die Website <http://www.internetworldstats.com/stats.htm> zeigt obige Abbildungen und stellt noch viele detaillierte Statistiken zur Verfügung. Die Details für Asien zeigen, dass es einige Regionen mit einer hohen Penetrationsrate gibt, so z.B. Südkorea mit 71%, Hong Kong mit 70%, Japan mit 69% und Taiwan mit 67%. Diese Top Regionen werden gefolgt von Malaysia mit 60% und Singapur mit 53%. Viele andere Regionen sind zum Teil weit unter 10%.

Diese Situation und die zu erwartende Entwicklung dieser Region wird einen deutlichen Einfluss auf den weltweiten Bedarf an IP-Adressen haben. Gleichzeitig wird sie auch Anforderungen an uns für die Internet-Kommunikation mit diesen Ländern haben.

## 4 Wie lange reicht unser Vorrat an IPv4 Adressen noch?

Die Meinungen darüber gingen lange Zeit weit auseinander. Ein Betrachter kommentierte scherzhaft, der Adressvorrat von IPv4 würde nie ausgehen, da sich niemand die letzte IPv4-Adresse leisten könne.

Eine Analyse der Situation, durchgeführt von Vertretern beider Lager, wurde im September 2005 im Internet Protocol Journal unter dem Titel "A Pragmatic Report in IPv4 Address Space Consumption" (2) publiziert. Die Analyse projiziert, wie lange der IPv4 Adressvorrat reicht, basierend auf den Allokationszahlen der vorhergehenden Jahre. Die Schlussfolgerung lautete: Wenn keine Veränderung im Adressbedarf und in der Allokationspolicy erfolgen, so wird der IPv4 Adressvorrat innerhalb der nächsten 5 bis 10 Jahre aufgebraucht sein.

Diese Prognose wurde im Jahr 2007 bestätigt, als sowohl ARIN (American Registry for Internet Numbers) als auch RIPE NCC (Internet Registry für Europa) ihren ISP-Mitgliedern eine Aufforderung schickten, die Einführung von IPv6 mit höchster Priorität voranzutreiben, da man davon ausgeht dass:

---

Ab Juni 2011 wird es keine IPv4 Adressen mehr im globalen IANA (Internet Authority for Assigned Numbers) Pool mehr geben und für die regionalen Internet Registries wie ARIN, RIPE etc wird es in den regionalen Pools ab August 2012 keine IPv4 Adressen mehr geben.

---

Dies lässt sich einfach nachvollziehen, wenn wir die aktuellen Allokationszahlen per Januar 2008 anschauen:

Datum	IPv4 Adressvorrat im IANA Pool
Oktober 2005	64 /8 (Class A Adressen)
May 2007	47 /8
Januar 2008	43 /8

*Tabelle 2 -Ueberblick IANA Pool*

In den letzten fünf Jahren wurden pro Jahr durchschnittlich 12 /8 Adressblocks vergeben. Die Prognose für das Auslaufen des Pools geht von der Annahme aus, dass sich keine Veränderung im Bedarf an Adressen ergibt.

Diese Statistiken mit Detailzahlen der Allokationen nach Regionen sind verfügbar auf <http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space>. Im Jahr 2007 wurden 14 /8 Blöcke (Class A Adressen) an RIRs (Regional Internet Registries) vergeben, 7 an APNIC (Asia Pacific Network Information Centre), 4 an RIPE NCC (RIPE Network Information Centre for Europe), 2 an LACNIC (Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry) und 1 an AfriNIC.

Noch nicht berücksichtigt haben wir bei diesen Ueberlegungen, dass zur Zeit quer durch alle Industriezweige intensiv Produkte, Geräte und Sensorsysteme für Kontroll- Frühwarnungs- und Steuerungsaufgaben entwickelt werden, welche alle permanente Verbindung zum Netzwerk benötigen. Die Deutsche Telekom hat bereits vor einigen Jahren vorausgesagt, dass bis im Jahr 2020 die globale Telefonie IP-basierend sein wird.

---

Der Bedarf an IP-Adressen wird in kurzer Zeit exponentiell steigen.

---

## 5 IPv6 Allokationen

Betrachten wir die Allokation von IPv6-Adressen per Januar 2008. Diese Allokationen werden in /32 Blöcken gezählt. Wie erwähnt, hat eine IPv6-Adresse total 128 bits. Davon entfallen die ersten 64 bits auf die Netzwerkadresse und die zweiten 64 bits sind die Interface ID, die Adresse für die einzelnen Knoten im Netzwerk.

Eine /32 Netzwerkadresse ist das, was im Normalfall ein Provider von seiner Registry Stelle (in Europa RipeNCC) erhält. Bei dieser Adresse sind die ersten 32 Netzwerkbits gesetzt, und der Provider hat somit weitere 32 bits zur Verfügung, um den Block auf seine Kunden aufzuteilen. Ein Endkunde erhält in der Regel von seinem Provider einen /48 Block.

Der ISP hat für die Aufteilung seines /32 auf seine Kunden somit 16 bits zur Verfügung, was es ihm ermöglicht, 65'536 Kunden ein /48 anzubieten ( $2^{16}$ ). Der Kunde hat mit seinem /48 weitere 16 bits zur Verfügung und kann damit 65'536 Netzwerke konfigurieren. Mit einem /32 können also rund 65'000 Kunden je rund 65'000 Netzwerke konfigurieren, das entspricht einem Total von rund 4,2 Mrd. Netzwerken.

Folgende Tabelle zeigt die IPv6 Allokationen per Januar 2008 und pro RIR Region. Als Vergleich zeigen wir auch die Allokationen im 2007, weil die Zunahme im letzten Jahr signifikant ist: (4)

Registry	Zahl der /32 in 2007	Zahl der /32 in 2008	Anteil an Total in 2008
AfriNIC	24	42	0.05%
APNIC	18'883	24'218	33.5%
ARIN	237	14'774	20.5%
LACNIC	88	252	0.35%
RipeNCC	31'577	32'956	45.6%
<b>Total</b>	<b>50'809</b>	<b>72'242</b>	

Tabelle 3 -IPv6 Adressallokationen nach Region

Dies entspricht einer Zunahme von rund 42% im Jahr 2007. Dieser hohe Anstieg ist sicher teilweise auch ausgelöst worden, durch die konkrete Ankündigung dass der IPv4 Pool in absehbarer Zeit leer sein wird..

Um sich die Grössenordnung des IPv6 Adressraums etwas vorstellen zu können, hier ein Vergleich zwischen IPv4 und IPv6: Wie Tabelle 3 zeigt, waren per Januar 2008 weltweit 72'242 /32 Blöcke vergeben. Dies entspricht 72'242 mal dem gesamten IPv4 Adressraum (da eine IPv4-Adresse gesamthaft nur 32 bits hat). Mit dieser Allokation können 4.7 Mrd. Kunden ( $72'242 \times 65'000$ ) einen /48 Block erhalten. Obwohl dies eine gigantische Zahl ist, entspricht dies lediglich 0.01% des offiziell verfügbaren IPv6-Adressraums.

Der heute vergebene IPv6 Adressraum ist mehr als 72'242 mal der totale IPv4 Adressraum, entspricht jedoch gerade mal rund 0.01% des verfügbaren IPv6 Adressraums.

Bei Uebersichten über IPv6 Allokationen zeigt sich schnell, dass Europa (RipeNCC) stets führend ist. Dies bestimmt nicht zuletzt dadurch, dass die EU seit 2001 die Einführung von IPv6 stark fördert. An zweiter Stelle kommt Asien mit einem Anteil von mehr als 30%. An dritter Stelle steht interessanterweise Nordamerika. Dies überrascht, weil ursprünglich angenommen wurde, dass Nordamerika als letzte Region umsteigen würde, da dort aus historischen Gründen der Vorrat an IPv4 Adressen am grössten ist. Dies hat sich wahrscheinlich darum verändert, weil das amerikanische Verteidigungsministerium (Department of Defense, DoD) bereits im Jahr 2003 nach sorgfältiger Evaluationsphase angekündigt hat, das gesamte Netzwerk auf IPv6 zu migrieren und sämtliche Regierungsstellen und auch Hersteller und Dienstleister dazu aufgefordert hat, dies auch zu tun. In Europa ist IPv6 in jedem Land verfügbar. 85% der europäischen Internet Exchange Points sind IPv6 fähig (3).

## 6 Was ist der Nutzen von IPv6?

Die Einführung einer neuen Technologie kostet immer Geld. Die Frage stellt sich, bringt es auch quantifizierbare Vorteile?

In Amerika wurde im 2006 vom Department of Commerce (DoC) eine erste unabhängige Studie durchgeführt. (1) Diese Studie kommt zu folgenden Schlüssen (Zahlen beziehen sich auf USA):

- Die Kosten für die Integration von IPv6 werden auf 1 Mrd. US\$ pro Jahr geschätzt.
- IPv6 schafft einen Dienstleistungsmarkt von rund 25 Mrd. US\$ über die nächsten 25 Jahre.
- Der finanzielle Gewinn dieser Einführung wird auf 10 Mrd. US\$ pro Jahr geschätzt.

---

Das bedeutet, dass jeder Dollar, der in IPv6 investiert wird,  
einen Return von 10 Dollar generiert.

---

Die Einsparungen sind in folgenden Bereichen zu erwarten:

- Verbesserte Security - Neue E2E Securitymodelle werden wesentlich dazu beitragen, Kosten zu sparen, sowohl in reduzierter Downtime, als auch in weniger Problemen aufgrund effektiverer Vorbeugungsmassnahmen.
- Erhöhte Effizienz - Der Uebergang von traditionellen Telefonsystemen zu Voice over IP kann mindestens 20% an Telefonkosten einsparen. Die Kosten für das Management und das Erarbeiten von Workarounds für NAT (Network Address Translation) belaufen sich auf gut 30% der gesamten IT-Kosten. Langfristig wird die Einführung von IPv6 den Bedarf für NAT eliminieren. Der Einsatz der Autokonfigurationsmechanismen von IPv6 spart Kosten im Bereich von Adressmanagement und Neunummerierung von Netzwerken, speziell in mobilen und ad-hoc Netzwerken.
- Verbesserung bestehender Applikationen - Remote Monitoring und Support Dienste reduzieren Service- und Supportkosten and erhöhen die Lebenserwartung von Produkten.
- Entwickeln neuer Applikationen - Firmen mit Wireless Angeboten werden neue Funktionalität anbieten können, dies vor allem durch erweiterte Netzwerkmöglichkeiten (z.B. IP-adressierte Telefongeräte). Diese Anbieter brauchen den erweiterten Adressraum für neue mobile P2P Applikationen. Der Hersteller von Spielen und Spielkonsolen brauchen die erweiterten Funktionen von IPv6 für neue innovative Produkte.

Die Studie kommt auch zum Schluss, dass die Kosten für Hard- und Software Upgrades vernachlässigbar klein sind. Die meisten Hardware Geräte wie Router und Switches, Betriebssysteme und netzwerkfähige Softwarepakete werden entweder bereits heute mit IPv6-Unterstützung angeboten oder der Release von IPv6-fähigen Versionen ist in absehbarer Zeit geplant. So können diese Produkte bei rechtzeitiger Planung im Rahmen von normalen Upgradezyklen ersetzt werden.

Microsoft hat sich seit Jahren der Entwicklung von IPv6 verschrieben. Ein IPv6 Produktionsstack ist bereits in Windows XP mit SP2 enthalten. Bei Windows Vista wurde die Netzwerkkomponente vollständig überarbeitet und IPv6 ist bei einer normalen Grundinstallation automatisch eingeschalten und als bevorzugtes Protokoll konfiguriert. IPv4 kann bei Vista völlig abgeschalten werden (was bei Windows XP noch nicht möglich ist). IPv6 Unterstützung ist auch in Windows 2003 Server, sowie in den mitgelieferten Produkten wie DNS und IIS enthalten. Longhorn wird denselben überarbeiteten Netzwerkstack wie Vista haben und bei diesem Release wird auch die IPv6-Unterstützung für Exchange mitgeliefert. Apple's OS X unterstützt IPv6 seit 2004, ebenso die meisten Versionen von Unix und Linux. Es wird wohl eher bald schwierig, Hard- oder Software zu kaufen, welche keine IPv6-Implementation haben, genauso wie es fast unmöglich ist, ein Mobiles Telefon ohne Fotokamera, oder ein Auto ohne Airbag zu kaufen.

Ein Beispiel für einen innovativen Dienst ist OnStar (<http://www.onstar.com>). OnStar bietet Sicherheits-, Kommunikations- und Diagnosesysteme fürs Auto an. OnStar ist auf mehr als 50 GM Modellen verfügbar und hat zur Zeit rund 4 Millionen Kunden. Alle OnStar-ausgerüsteten Autos haben eine "Automatic Crash Notification". Wenn z.B. ein Airbag aufgeht, sendet das System ein Signal an die OnStar Emergency Station. Diese kann das Fahrzeug lokalisieren und Hilfe an den Notfallort schicken, auch wenn der Fahrer bewusstlos sein sollte und keine Hilfe mehr rufen kann. OnStar hat zur Zeit mindestens einen solchen Notfall pro Stunde. Zur Zeit ist in diesem System eine Kombination von GPS (Global Positioning System) und mobiler Technologien im Einsatz. Gemäss der Analyse des DoC-Reports, könnte ein solcher Dienst mit IPv6 erweitert und viel effizienter verwaltet werden.

Die meisten Autohersteller arbeiten an Prototypen des vernetzten Autos. Das folgende Bild zeigt den Prototypen von Renault. Darin ist ein Cisco Router eingebaut mit einer Mobile IPv6 Implementation. Das Netzwerk des Autos bleibt mit dem Internet verbunden, egal wo die Fahrt hingehet. Ueber die Internet Verbindung finden Ueberwachungsaufgaben, Informationsbeschaffung und Support statt, während die Mitfahrer über Bluetooth oder Wireless mit ihren PDA's oder Mobilten Telefonen ins Internet können oder sich via Internet TV einen Film anschauen können.



*Abbildung 4 - Renault's Prototyp des vernetzen Autos der Zukunft*

Die Studie des Department of Commerce schätzt einen potentiellen finanziellen Nutzen im Bereich von 3 Mrd. US\$ pro Jahr bei einer Erhöhung der Lebenserwartung von nur 1% und einer Einsparung von Servicekosten von 1% durch den Einsatz von Remote Monitoring Applikationen.

Diese erste Business Case Studie enthält einige Highlights. Wenn Sie also in Zukunft die Einführung von IPv6 in Ihrem Netzwerk analysieren oder diskutieren, so vergessen Sie dabei nicht, die Vorteile und den Nutzen in die Betrachtung miteinzubeziehen.

## 7 Was sollen wir heute tun?

IPv6 wird kommen, soviel steht fest. Die Zahlen über das Wachstum der Weltbevölkerung, die Zunahme der Internet Penetration Rate und die stete Flut neuer mobiler Dienste zeigen klar, dass wir einen stark steigenden Bedarf an IP Adressen haben, dem nur der Adressraum von IPv6 gewachsen sein wird. Die Frage ist nun, wann ist es Zeit für uns, etwas zu unternehmen und was müssen wir tun?

Für Organisationen besteht wie bereits erwähnt heute noch kein Zeitdruck. Es ist zu erwarten, dass innerhalb der nächsten drei bis fünf Jahre die Notwendigkeit einer Einführung entsteht, entweder bedingt durch Adressbedarf oder durch neue businesskritische Applikationen, welche auf den neuen Features von IPv6 aufbauen, und darum in einer IPv4-Welt nicht eingesetzt werden können.

Bei unseren Arbeiten für "IPv6 Essentials" von O'Reilly haben wir einige Case Studies beschrieben und im Rahmen dieser Arbeiten mit den verschiedensten Projektleitern Interviews durchgeführt. Erstaunlicherweise erhielten wir von allen die Aussage, dass die Einführung weniger gekostet hat und einfacher war, als sie sich vorgestellt hatten. Dies vor allem darum, weil die Einführung ohne Zeitdruck durchgeführt werden konnte. Dies erlaubt, sorgfältig zu planen, verschiedene Varianten der Einführung durchzuspielen, Produkte im Rahmen ihres normalen Upgradezyklus zu ersetzen, und ausführlich zu testen

Je nach Grössenordnung des Netzwerks sollte man eine Einführungsphase von mehreren Jahren ins Auge fassen. Wenn man heute mit dieser Vorbereitung beginnt, ist man sicher bereit, wenn die Notwendigkeit entsteht. Dank der vielen Uebergangsmechanismen können Segmente einzeln aufgerüstet werden und es spielt keine Rolle, ob man an der Peripherie oder im Kern des Netzwerks (Backbone) beginnt. Man ist auch nicht davon abhängig, ob der Provider selbst IPv6 bereits anbietet. Tut er das nicht, kann man den IPv6-Verkehr via Tunnels über das IPv4-Netzwerk des Providers leiten.

Das bedeutet für heute, sich in erster Linie mit dem Protokoll zu befassen, intern alle betroffenen Mitarbeiter (IT-Strategen, Engineers, Applikationsentwickler, Netzwerk- und Systembetreuer) zu schulen und erste Testumgebungen aufzusetzen. Mit den gemachten Erkenntnissen ist es dann möglich einen sinnvollen Migrations- oder Integrationsplan auszuarbeiten und bei der Investition in Geräte und Applikationen mit einer längeren Lebensdauer die richtigen Evaluationskriterien zu formulieren.

Spätestens in dem Moment, wo sich eine grössere Investition in das Optimieren oder Ausbauen einer IPv4-Infrastruktur aufdrängt, sollten Sie IPv6 als ernsthafte Alternative prüfen. Jede Investition, die Sie heute in IPv6 machen, ist eine Investition in die Netzwerkinfrastruktur der Zukunft.

Wenn Sie einen kurzen Blick in die vergangenen 20 Jahre werfen, werden Sie sehen, dass manchmal neue Technologien über Nacht den Markt überfluten. So hat zum Beispiel in den frühen 80er-Jahren ein namhaftes Management Center eine Studie durchgeführt um herauszufinden, ob es möglich sei, dass in Zukunft auf jedem Arbeitsplatz ein PC stehen würde. Die Studie kam zum eindeutigen Schluss, dass das ein höchst unwahrscheinliches Szenario sei und keinen Sinn mache. Etwas mehr als fünf Jahre später stand auf fast jedem Arbeitsplatz ein PC. Etwas ähnliches geschah mit Mobilien Telefonen. In den frühen 90er-Jahren gab es viele Stimmen, welche der Meinung waren, dass sich Mobile Telefone (welche in der damaligen Zeit eher einer Nähmaschine glichen) nie durchsetzen würden. Nur wenige Jahre später hatte fast jedermann ein Mobiles Telefon und heute muss man an Schulen den Einsatz verbieten, weil sich die Schüler sonst Prüfungsergebnisse per SMS zuschicken. SMS selbst ist ein sehr gutes Beispiel, wie eine Technologie manchmal weit über den ursprünglich geplanten Rahmen des Dienstes Einsatz findet und sich verbreitet. SMS generiert heute gewaltige Umsätze, aber soviel ich weiss, hat es dafür nie einen Business Plan gegeben. Es war einfach ein Nebenprodukt einer anderen Technologie und wurde vom Markt über Nacht entdeckt.

Das erinnert mich an ein Zitat von Victor Hugo: "Nichts auf der Welt ist so mächtig wie eine Idee, deren Zeit gekommen ist."

Silvia Hagen

## 8 Referenzen

- (1) Technical and Economic Assessment of Internet Protocol Version 6, Department of Commerce, February 2006, <http://www.ntia.doc.gov/ntiahome/ntiageneral/ipv6>
- (1) IPv6 Economic Impact Assessment, National Institute of Standards and Technology (NIST), October 2005, <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report05-2.pdf>
- (2) Internet Protocol Journal Volume 8, Number 3, September 2005, <http://www.cisco.com>
- (3) European Internet Exchange Association, <http://www.euro-ix.net/ixp/serviceMatrix>
- (4) Iljitsch van Beijnum's Website, <http://www.bgpexpert.com/addrspace-ipv6.php> für IPv4 und <http://www.bgpexpert.com/addrspace-ipv6.php> für IPv6

## 9 Weiterführende Links

Internet Systems Consortium:  
<http://www.isc.org>

World Internet Users and Population Statistics:  
<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

IANA's IPv4 address allocation statistic:  
<http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space>

RipeNCC statistics of IPv6 allocations per RIR:  
<http://www.ripe.net/rs/ipv6/stats>

The IPv6 Ready Logo Website:  
<http://www.ipv6ready.org>

The IPv6 Forum:  
<http://www.ipv6forum.com/>

The North American IPv6 Task Force:  
<http://www.nav6tf.org>

European IPv6 Task Force:  
<http://www.ipv6.eu>

Moonv6:  
<http://www.moonv6.org>

Internet2:  
<http://www.internet2.edu>

MetroNet6:  
<http://www.metronet6.org>

Fun Link:  
And finally, after you have mastered all these challenges, visit:  
<http://www.shibumi.org/eoti.htm>