

**DE**

037849/EU XXIII.GP  
Eingelangt am 28/05/08

**DE**

**DE**



KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

Brüssel, den 27.5.2008  
KOM(2008) 313 endgültig

**MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN  
RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND  
DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN**

**WEITERENTWICKLUNG DES INTERNETS**  
**Aktionsplan für die Einführung des neuen Internet-Protokolls IPv6 in Europa**

# **MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN**

## **WEITERENTWICKLUNG DES INTERNETS Aktionsplan für die Einführung des neuen Internet-Protokolls IPv6 in Europa**

### **1. ZIEL**

Mit diesem Aktionsplan soll die breite Einführung der neuen Version des Internet-Protokolls (IPv6) gefördert werden, denn

- eine rechtzeitige Einführung des IPv6 ist unumgänglich, da der Vorrat an IP-Adressen der derzeitigen Version 4 zur Neige geht;
- IPv6 bietet mit seinem immensen Adressraum die Grundlage für Innovationen im Bereich der IP-gestützten Dienste und Anwendungen.

### **2. BEGRÜNDUNG**

#### **2.1. Vorbereitung auf die zunehmende Internetnutzung und künftige Innovationen**

Das „Internet-Protokoll“ (IP) ist ein gemeinsames Element der Internet-Architektur, das jedem Gerät oder Produkt, das sich mit dem Internet verbindet, eine Nummer oder „Adresse“ zuteilt, damit es mit anderen Geräten bzw. Produkten kommunizieren kann. Im Interesse der weltweiten Anschlussfähigkeit sollten diese Adressen dabei stets eindeutig sein. Die derzeit genutzte Version des Internet-Protokolls, das IPv4, kann bereits mehr als 4 Milliarden solcher Adressen bereitstellen.<sup>1</sup> Selbst dies ist jedoch nicht ausreichend, um mit dem anhaltenden Wachstum des Internets Schritt zu halten. Im Hinblick auf dieses lang bekannte Problem hat die Internetgemeinschaft daher das neue Protokoll IPv6 entwickelt, das seit Ende der 90er-Jahre schrittweise eingeführt wird.<sup>2</sup>

Die Europäische Kommission hat sich bereits in einer früheren Mitteilung über das IPv6<sup>3</sup> für eine baldige Verbreitung dieses Protokolls in Europa ausgesprochen. In der Mitteilung hat sie erfolgreich dazu angeregt, IPv6-Arbeitsgruppen<sup>4</sup> einzusetzen, IPv6 in Forschungsnetzen zu erproben, Normen zu entwickeln und Schulungsmaßnahmen einzurichten. In Folge der Mitteilung wurden mehr als 30 europäische FuE-Vorhaben in Sachen IPv6 finanziert. In Europa gibt es nun eine große Zahl von Fachleuten, die mit dem Einsatz des IPv6 vertraut sind. Trotz dieser Fortschritte geht die Einführung

---

<sup>1</sup> IPv4 wird in RFC 791, 1981, spezifiziert. RFC steht für „Request for Comments“ („Aufforderung zur Abgabe von Bemerkungen“), siehe „Internet Engineering Task Force“ (IETF); <http://www.ietf.org>.

<sup>2</sup> RFC 2460, 1998. <http://www.ietf.org/html.charters/OLD/ipv6-charter.html> und <http://www.ietf.org/html.charters/6man-charter.html>.

<sup>3</sup> KOM(2002) 96, „Internet der nächsten Generation - Vorrangige Maßnahmen beim Übergang zum neuen Internet-Protokoll IPv6“, [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ipv6-communication\\_de.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ipv6-communication_de.pdf).

<sup>4</sup> wie z. B. [www.ipv6f.org](http://www.ipv6f.org).

des neuen Protokolls aber nur langsam voran, während der Mangel an IP-Adressen künftig immer größere Probleme aufwerfen wird.

## **2.2. Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit Europas**

Die getroffenen Maßnahmen müssen nun verstärkt werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass viele Akteure nicht rechtzeitig auf den zunehmenden Einsatz des IPv6 vorbereitet sind. Ohne geeignete Maßnahmen könnte sich die Einführung des IPv6 zudem weiter verzögern, was mit Nachteilen für alle Nutzer verbunden wäre und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie schwächen würde.

In dieser Mitteilung wird der Stand der Dinge analysiert, und es werden eine Reihe von Maßnahmen vorgestellt, die dazu beitragen sollen, IPv6 bis 2010 in Europa allgemein zu verbreiten.

## **2.3. Beitrag zur Lissabon-Strategie**

Dieser Aktionsplan ist Teil der Lissabon-Strategie und der i2010-Initiative<sup>5</sup> zu deren Umsetzung. Er soll dazu beitragen, die Leistungsfähigkeit der EU in der Internet-Wirtschaft sowie den Stand der Vorbereitungen auf künftige Herausforderungen im Hinblick auf die Frühjahrstagung 2009 des Europäischen Rates zu beurteilen.

## **3. STAND DER DINGE**

### **3.1. Knapper werdende IPv4-Adressen: Problem für die Nutzer und Innovationshemmnis**

Alle Internet-Adressen stammen ursprünglich von der Behörde für die Vergabe von Internet-Adressen (Internet Assigned Numbers Authority, IANA<sup>6</sup>), die sie in großen Blöcken den fünf regionalen Internet-Registern (Regional Internet Registries, RIR)<sup>7</sup> zuweist. Diese wiederum vergeben sie in kleineren Blöcken an Nachfrager wie z. B. Internet-Diensteanbieter (Internet Service Providers, ISP). Von der IANA über die RIR bis hin zu den ISP werden die Adressen auf der Grundlage des nachgewiesenen Bedarfs vergeben; eine Vorabzuweisung gibt es nicht.

Der Adressraum des IPv4 ist bereits weitgehend aufgebraucht. So waren Ende Januar 2008 nur noch etwa 700 Millionen IPv4-Adressen oder 16 % des IANA-Bestands verfügbar. Einigen viel zitierten und regelmäßig aktualisierten Schätzungen zufolge wird der restliche IANA-Bestand voraussichtlich 2010 oder 2011 endgültig aufgebraucht sein.<sup>8</sup> Neue Endnutzer werden danach IP-Adressen nur noch unter immer größeren Schwierigkeiten von ihren ISP erhalten können.

---

<sup>5</sup> KOM(2005) 229, „i2010 – Eine europäische Informationsgesellschaft für Wachstum und Beschäftigung“.

<sup>6</sup> Die Funktion der IANA wird derzeit von der ICANN ausgeführt, der Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (Zentralstelle für die Vergabe von Internet-Namen und Adressen): <http://www.icann.org/general/iana-contract-17mar03.htm>.

<sup>7</sup> AfriNIC (für Afrika), APNIC (für den asiatisch-pazifischen Raum), ARIN (Nordamerika und Karibik), LACNIC (Lateinamerika) und RIPE NCC (Europa, Naher Osten und Teile Zentralasiens).

<sup>8</sup> <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>.  
<http://www.tndh.net/~tony/ietf/ipv4-pool-combined-view.pdf>.

Selbst wenn die IANA oder RIR keine IPv4-Adressen mehr zuweisen können, ist das Internet aber weiter funktionsfähig, denn die bereits zugeteilten Adressen können – und dürften – noch über einen beträchtlichen Zeitraum weitergenutzt werden. Ohne eine angemessene Lösung für dieses Problem werden jedoch das Wachstum und die Innovationsfähigkeit IP-gestützter Netze beeinträchtigt. Über den Umgang mit dieser Umstellung wird derzeit von der gesamten Internet-Gemeinschaft und insbesondere im Bereich der RIR diskutiert. So haben erst kürzlich alle RIR Erklärungen veröffentlicht, in denen sie auf die Einführung des IPv6 dringen.

### **3.2. IPv4 als Zwischenlösung mit großer Komplexität**

Bedenken wegen knapper werdender IP-Adressen sind nicht neu. In der Frühphase des Internets – vor der Einrichtung der RIR und dem Siegeszug des World-Wide Web – wurden Adressen recht großzügig vergeben. So entstand sehr schnell die Gefahr eines Adressenmangels. Es wurden daher Änderungen an der Zuweisungsstrategie und -technik vorgenommen, um die Zuweisung besser an den tatsächlichen Bedarf anpassen zu können.

Eine der wichtigsten Techniken des IPv4 ist die so genannte Netzadressenumsetzung (Network Address Translation, NAT).<sup>9</sup> Sie ermöglicht es, private Netze, in denen private Adressen genutzt werden, (z. B. Privathaushalte und Unternehmen) mit dem öffentlichen Internet, für das öffentliche IP-Adressen erforderlich sind, zu verbinden. Die privaten Adressen stammen dabei aus einem bestimmten Teil des Adressraums, der für diese Zwecke reserviert ist. Der NAT-Baustein dient somit als Verbindungselement zwischen dem privaten Netz und dem öffentlichen Internet, das private Adressen in öffentliche Adressen übersetzt und so den Verbrauch von IPv4-Adressen verringert. Die Nutzung der NAT ist jedoch mit zwei wesentlichen Nachteilen verbunden:

- Sie behindert die direkte Gerätekommunikation, da Zwischensysteme erforderlich sind, damit Geräte oder Produkte mit privaten Adressen über das öffentliche Internet miteinander kommunizieren können.
- Sie erhöht die Komplexität, da es zwei verschiedene Arten von Computern gibt, solche mit öffentlichen Adressen und solche mit privaten Adressen. Dies führt oft zu höheren Kosten bei Netzaufbau und -wartung und der Anwendungsentwicklung.

Die Verfügbarkeit von IPv4-Adressen könnte daneben mit weiteren Maßnahmen erhöht werden. So könnte ein neu entstehender Markt für den Handel mit IPv4-Adressen den Organisationen Anreize bieten, ungenutzte Adressen zu verkaufen. IP-Adressen sind jedoch kein Eigentum im eigentlichen Sinn. Um weltweit „routbar“, d. h. über das Internet erreichbar zu sein, müssen diese Adressen auch weltweit akzeptiert werden, was ein Verkäufer nicht immer gewährleisten kann. Zudem könnten sich die Adressen zu einer teuren Ressource entwickeln. Die RIR stehen der Entwicklung eines solchen Sekundärmarkts bisher skeptisch gegenüber.

---

Eine frühere Schätzung mit einer Beschreibung des analytischen Hintergrunds:

[http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived\\_issues/ipj\\_8-3/ipv4.html](http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived_issues/ipj_8-3/ipv4.html).

<sup>9</sup>

RFC 2663, 1994.

Eine weitere Möglichkeit wäre es, bereits zugewiesene, nicht vollständig genutzte Adressblöcke aktiv zurückzufordern. Für die Durchsetzung einer solchen Rückgabe bietet sich derzeit jedoch kein geeigneter Mechanismus an. Die möglichen Kosten müssten durch die zusätzliche Nutzungsdauer des IANA-Bestands aufgewogen werden.<sup>10</sup>

Auch wenn solche Maßnahmen vorübergehend Abhilfe schaffen würden, könnte der Bedarf an IP-Adressen früher oder später nicht mehr aus dem weltweiten IPv4-Bestand gedeckt werden. Versuche, IPv4 zu lange beizubehalten, bergen das Risiko einer unnötig hohen Komplexität und einer Zersplitterung des weltweiten Internets. Die rechtzeitige Einführung des IPv6 ist daher die bessere Strategie.

### 3.3. IPv6: Chance für die Zukunft

IPv6 stellt eine einfache und langfristige Lösung für das Problem der Adressknappheit dar. Die Zahl der IPv6-Adressen ist immens.<sup>11</sup> IPv6 ermöglicht es, allen Privatpersonen, Netzbetreibern (auch solchen, die ausschließlich IP-gestützte „Netze der nächsten Generation“ nutzen) und Organisationen weltweit so viele IP-Adressen bereitzustellen, dass sie jedes nur erdenkliche Gerät oder Produkt direkt mit dem weltweiten Internet verbinden können.

IPv6 ermöglicht zudem bestimmte Merkmale, die IPv4 lange nicht bieten konnte. Dies betraf etwa die Dienstqualität, die Autokonfiguration sowie Sicherheit und Mobilität. Die meisten dieser Merkmale wurden jedoch inzwischen in das IPv4-Protokoll oder zugehörige Elemente integriert. Es ist daher vor allem der große Adressraum, der IPv6 für künftige Anwendungen attraktiv macht, da er deren Struktur gegenüber der Version 4 vereinfacht.

Die Vorteile des IPv6 zeigen sich damit immer dann am deutlichsten, wenn eine große Zahl von Geräten oder Produkten leicht miteinander vernetzt werden soll und eventuell auch im Internet sichtbar und direkt erreichbar sein muss. In einer von der Kommission finanzierten Studie wurde dieses Potenzial für eine Reihe von Marktbereichen<sup>12</sup> wie z. B. private Netze, Gebäudemanagement, Mobilkommunikation, Verteidigung und Sicherheit sowie die Automobilindustrie nachgewiesen.

Eine schnelle und effiziente Einführung des IPv6 birgt ein großes Innovationspotenzial für Europa und bietet den europäischen Unternehmen die Möglichkeit, eine Vorreiterrolle bei der Weiterentwicklung des Internets zu übernehmen. Andere Regionen, insbesondere Asien, sind im Bereich IPv6 bereits stark engagiert. So entwickelt die japanische Unterhaltungselektronikindustrie zunehmend IP-gestützte Produkte, die ausschließlich auf IPv6 ausgerichtet sind. Die europäischen Unternehmen müssen sich daher darauf einstellen, den wachsenden Bedarf an IPv6-gestützten Diensten, Anwendungen und Geräten zu decken, um sich einen Wettbewerbsvorteil auf den Weltmärkten zu sichern.

---

<sup>10</sup> Mit der Freigabe eines Blocks in der Größe, wie ihn die IANA derzeit einem RIR zuweist, würde das Enddatum nur um etwa drei Wochen verschoben.

<sup>11</sup> Sie beträgt  $3,4 \times 10^{38}$ .

<sup>12</sup> „Impact of IPv6 on Vertical Markets“ (Auswirkungen des IPv6 auf vertikale Märkte), Oktober 2007: [http://ec.europa.eu/information\\_society/policy/ipv6/docs/short-report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/policy/ipv6/docs/short-report_en.pdf).

Die Vorteile des IPv6 gegenüber IPv4 beruhen somit vor allem auf seinem riesigen, einfacher zu verwaltenden Adressraum. Das Problem knapper werdender Adressen wird damit heute und auf lange Sicht gelöst. Darüber hinaus bietet IPv6 die Grundlage für Innovationen – die Entwicklung und Einführung von Diensten und Anwendungen, die in einem IPv4-Umfeld zu kompliziert oder teuer sein könnten. Schließlich stärkt IPv6 auch die Position der Endnutzer, da sie ihr eigenes Netz direkt mit dem Internet verbinden können.

### 3.4. Was ist zu tun?

IPv6 ist nicht direkt mit IPv4 interoperabel. IPv6- und IPv4-Geräte können nur mit Hilfe anwendungsspezifischer Gateways miteinander kommunizieren. Dies stellt keine zukunftsfähige Lösung für eine transparente Interoperabilität dar.

IPv6 kann jedoch parallel zu IPv4 auf demselben Gerät und in demselben physischen Netz betrieben werden. In einer Übergangsphase (die voraussichtlich 10, 20 oder mehr Jahre dauern wird) werden IPv4 und IPv6 auf denselben Geräten betrieben und über dieselben Netzverbindungen übertragen werden; diese Lösung wird oft als „Dual Stack“ bezeichnet. Weitere Standards und Technologien (das so genannte „Tunnelling“) ermöglichen es darüber hinaus, IPv6-Pakete mit Hilfe von IPv4-Adressier- und Routing-Mechanismen und letztlich auch umgekehrt zu übertragen.<sup>13</sup> Die technische Grundlage für die schrittweise Einführung des IPv6 ist somit geschaffen.

Aufgrund des universellen Charakters des Internet-Protokolls sind an der Einführung des IPv6 viele Akteure weltweit beteiligt. Dazu zählen:

- **Internetorganisationen** (wie ICANN, RIR und IETF), die gemeinsame IPv6-Ressourcen und -dienste verwalten (d. h. IPv6-Adressen zuweisen, Domänennamen-Server betreiben usw.) und auch weiterhin erforderliche Normen und Spezifikationen entwickeln müssen.  
Im Mai 2008 waren die IPv6-Adressen überwiegend europäischen Nutzern zugeteilt (RIPE: 49 %), wobei die Nutzung in Asien und Nordamerika jedoch stark zunahm (APNIC: 24 %, ARIN: 20 %).<sup>14</sup> Weniger als die Hälfte dieser Adressen werden derzeit im öffentlichen Internet bekanntgegeben (d. h., sie sind in den maßgeblichen Routingtabellen der DFZ enthalten).  
Im Domänennamensystem (Domain Name System, DNS) werden immer mehr IPv6-gestützte Root- und TLD-Server eingesetzt. Die schrittweise Einführung der IPv6-Addressierung zu „.eu“-Namensservern etwa soll schon 2008 beginnen.
- **ISP**, die ihren Kunden zunehmend IPv6-Verbindungen und IPv6-gestützte Dienste bereitstellen müssen.  
Offensichtlich bieten derzeit weniger als die Hälfte der ISP IPv6-Anbindungen irgendeiner Art an. Nur wenige ISP stellen ihren Kunden IPv6-Zugangsdienste und IPv6-Adressen bereit, wobei sie sich überwiegend auf Unternehmenskunden konzentrieren.<sup>15</sup> Der Anteil der „autonomen Systeme“ (die vor allem von ISP und

<sup>13</sup>

Siehe RFC 2893, 3056, 4214, 4380.

<sup>14</sup>

<http://www.ripe.net/rs/ipv6/stats/index.html>.

<sup>15</sup>

<http://www.sixxs.net/faq/connectivity/?faq=ipv6transit>

<http://www.sixxs.net/faq/connectivity/?faq=native>.

großen Endnutzern betrieben werden) wird auf 2,5% geschätzt.<sup>16</sup>

Der IPv6-Verkehr scheint daher relativ gering. Das IPv6/IPv4-Verhältnis an den Internet-Verteilerpunkten (von denen etwa jeder fünfte IPv6 unterstützt) beträgt meist weniger als 0,1 %.<sup>17</sup> Unberücksichtigt bleiben dabei jedoch der direkte Verkehr zwischen ISP und der „getunnelte“, also über IPv4-Netze abgewickelte IPv6-Verkehr, der auf den ersten Blick als IPv4-Verkehr erscheint. Aktuellen Messungen zufolge nimmt dieser „getunnelte“ IPv6-Verkehr aber derzeit zu.

- **Infrastruktur-Anbieter** (Anbieter von Netzausrüstung, Betriebssystemen, Netzanwendungssoftware usw.), die IPv6-fähige Produkte anbieten müssen. Viele Ausrüstungs- und Software-Hersteller bieten bereits IPv6-fähige Versionen ihrer Produkte an.<sup>18</sup> Es bestehen jedoch noch Probleme mit bestimmten Funktionen und Fähigkeiten, und auch die Nutzerunterstützung entspricht noch nicht dem für IPv4 erreichten Stand.  
Die von Verbrauchern verwendeten Geräte wie etwa kleine Internet-Router und -Modems unterstützen IPv6 weitgehend noch nicht.
- **Anbieter von Inhalten und Diensten** (wie Websites, Instant Messaging, E-Mail, Dateiaustausch, Internet-Telefonie (Voice over IP)), die ständig erreichbar sein müssen und IPv6 dazu auf ihren Servern unterstützen sollten. Weltweit gibt es bisher nur sehr wenige IPv6-Websites. Fast keine der weltweit wichtigsten Sites bietet eine IPv6-Version an. Die Tatsache, dass über IPv6 verfügbare Inhalte und Dienste im Internet faktisch nicht existieren, behindert die Verbreitung des neuen Protokolls erheblich.
- **Anbieter von Anwendungen für Unternehmens- und Privatkunden** (wie Unternehmenssoftware, Smartcards, Peer-to-Peer-Software, Verkehrssysteme, Sensornetze), die IPv6-kompatible Lösungen anbieten müssen und in ihren Produkten und Diensten zunehmend IPv6-Funktionen nutzen sollten. Nur wenige Anwendungen – wenn überhaupt – basieren derzeit ausschließlich auf IPv6. Ursprünglich war erwartet worden, dass das IPv6 mit der Verbreitung des IP als wichtigstem Netz-Protokoll in neue Bereiche wie etwa Logistik- und Verkehrsmanagement, Mobilkommunikation und Umweltüberwachung vordringen würde, was jedoch noch nicht in bedeutendem Umfang geschehen ist.
- **Endnutzer** (Verbraucher, Unternehmen, Bildungseinrichtungen und Behörden), die IPv6-fähige Produkte und Dienste kaufen und IPv6 in ihren eigenen Netzen oder für den privaten Internet-Zugang nutzen sollten.  
Viele Privatnutzer verwenden bereits heute IPv6-fähige Geräte, ohne sich dessen überhaupt bewusst zu sein – und ohne von dieser Möglichkeit mit geeigneten Anwendungen Gebrauch machen zu können.

---

<sup>16</sup>

<http://bgp.he.net/ipv6-progress-report.cgi>.

<sup>17</sup>

Eine Analyse des Internetverkehrs am Verteilerpunkt Amsterdam ergab für die ersten 10 Monate 2007 einen durchschnittlichen IP-Verkehr von 177 Gbit/s, wobei 47 Mbit/s oder 0,03 % auf IPv6 entfielen:  
<http://www.ripe.net/ripe/meetings/ripe-55/presentations/steenman-ipv6.pdf>.

<sup>18</sup>

<http://www.ipv6-to-standard.org/>.

Ein Programm des IPv6-Forums definiert zudem ein optionales Logo für IPv6-Fähigkeit:

[http://www.ipv6ready.org/pdf/IPv6\\_Ready\\_Logo\\_White\\_Paper\\_Final.pdf](http://www.ipv6ready.org/pdf/IPv6_Ready_Logo_White_Paper_Final.pdf).

[http://www.ipv6ready.org/logo\\_db/approved\\_list\\_p2.php](http://www.ipv6ready.org/logo_db/approved_list_p2.php).

[http://www.ipv6ready.org/logo\\_db/approved\\_list.php](http://www.ipv6ready.org/logo_db/approved_list.php).

Unternehmen und öffentliche Verwaltungen haben Vorbehalte, ohne offensichtlichen Grund Änderungen an funktionierenden Netzen vorzunehmen. In privaten Netzen wird IPv6 daher offensichtlich noch wenig genutzt.

Zu den ersten Nutzern zählten dagegen Universitäten und Forschungseinrichtungen. Auch alle nationalen Forschungs- und Bildungsnetze in der EU werden mit IPv6 betrieben. Das Europäische Géant-Netz<sup>19</sup> setzt auf IPv6, wobei etwa 1 % des Netzverkehrs ausschließlich auf IPv6 entfallen.

Art und Umfang der erforderlichen Maßnahmen hängen von den beteiligten Akteuren und den Umständen im Einzelfall ab. Es ist daher praktisch unmöglich, die Gesamtkosten für die weltweite IPv6-Einführung verlässlich zu schätzen.<sup>20</sup> Erfahrungsgemäß lassen sich die Kosten jedoch bei einer schrittweisen und gut geplanten Einführung begrenzen. Die IPv6-Einführung sollte daher schrittweise und möglichst in Verbindung mit neuen Hardware- und Software-Versionen, organisatorischen Änderungen und Schulungsmaßnahmen erfolgen (wobei diese Maßnahmen auf den ersten Blick nicht mit IPv6 verbunden sein müssen). Diese Synergien können nur entstehen, wenn ein allgemeines Problembewusstsein in der Organisation besteht. Eine separate Einführung des IPv6 unter Zeitdruck hätte erheblich höhere Kosten zur Folge.

IPv6 wird parallel zu bestehenden IPv4-Netzen eingeführt. Bestehende Normen und Technologien erlauben es den einzelnen Akteuren, IPv6 schrittweise einzuführen und so ihre Kosten zu begrenzen. Die Endnutzer können IPv6-Anwendungen einsetzen und IPv6-Verkehr generieren, ohne dabei auf die IPv6-Angebote ihres ISP warten zu müssen. Die ISP können ihre IPv6-Kapazitäten und -Angebote im Einklang mit der vorhandenen Nachfrage erhöhen.

### **3.5. Politischer Handlungsbedarf auf europäischer Ebene**

Für die meisten Beteiligten sind die Vorteile der IPv6-Einführung heute nicht unmittelbar zu erkennen. Sie ergeben sich langfristig und werden auch von den Entscheidungen anderer Beteiligter über den Zeitpunkt und die Art der Einführung des IPv6 beeinflusst.

Je mehr Nutzer IPv6 verwenden, umso attraktiver wird dies auch für andere. Eine steigende Zahl von Nutzern führt zu einem größeren und besseren Produkt- und Dienstangebot und sinkenden Preisen. Auch die allgemeinen Kenntnisse über den Betrieb und die Verwaltung des IPv6 nehmen zu. Das Ergebnis ist ein „Ökosystem“ aus Herstellern und Diensteanbietern, die sich gegenseitig bestärken, das Vertrauen in die neue Technik stärken und deren Einführung beschleunigen. Ähnliche Marktkräfte wirken jedoch auch auf das IPv4, dessen „Ökosystem“ seit vielen Jahren besteht und ein großes Erbe an Geräten und Anwendungen hinterlässt.

Eine allgemeine Mobilisierung zur Umstellung auf IPv6 lässt sich nur schwer erreichen, da die Akteure ihre Entscheidungen gegenseitig nur schwer abschätzen

---

<sup>19</sup> Géant ist das gesamteuropäische Kommunikationsnetz, das 30 Millionen Nutzer im Bereich Forschung und Bildung in Europa und darüber hinaus verbindet: <http://www.geant.net/>.

<sup>20</sup> Eine Studie, in der dies versucht wurde, ergab Umstellungskosten für die US-Wirtschaft von etwa 25 Milliarden US-Dollar (basierend auf 2003). Die Studie warf jedoch eine Reihe von methodologischen Fragen auf: <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report05-2.pdf>.

können. Es gibt keine zentrale Behörde, die die Einführung des IPv6 steuern oder einen koordinierten Masterplan entwickeln könnte. Die Verbreitung des IPv6 ist daher ein weitgehend dezentraler und marktgebundener Prozess auf weltweiter Ebene. Vor diesem Hintergrund haben viele Beteiligte eine abwartende Haltung zu IPv6 eingenommen oder auf „sichere und altbekannte“ IPv4-Lösungen gesetzt. Insgesamt hat dies zu der beschriebenen Verzögerung bei der breiten Einführung des IPv6 geführt. Vor diesem Hintergrund könnten durch geeignete Politikmaßnahmen Marktanreize für eine Weiterentwicklung geschaffen werden. Diese Maßnahmen sind wirksamer, wenn sie gemeinsam auf europäischer Ebene getroffen werden.

#### **4. MASSNAHMEN: BREITE EINFÜHRUNG DES IPV6 IN EUROPA BIS 2010**

Europa sollte sich das Ziel setzen, IPv6 bis 2010 auf breiter Basis einzuführen. Konkret sollten mindestens 25 % der Nutzer in der Lage sein, ihre Internetverbindung über IPv6 herzustellen und Zugang zu ihren wichtigsten Inhalte- und Diensteanbietern zu erhalten, ohne dabei wesentliche Unterschiede gegenüber IPv4 zu bemerken.

##### **4.1. Maßnahmen zur Förderung des IPv6-Zugangs zu Inhalten, Diensten und Anwendungen**

- Die Kommission wird mit den Mitgliedstaaten zusammenarbeiten, um die Anwendung des IPv6 auf Behörden-Websites und bei elektronischen Behördendiensten (E-Government-Diensten) zu unterstützen. Dazu sind gemeinsame Ziele für die Einführung des neuen Protokolls zu vereinbaren. Dabei sollen auch vorhandene Instrumente wie der Aktionsplan für elektronische Behördendienste (E-Government-Aktionsplan) und das IDABC-Programm<sup>21</sup> genutzt werden. Die Kommission selbst wird ihre „Europa“- und „CORDIS“-Websites bis 2010 über IPv6 zugänglich machen.
- Die Kommission fordert die Inhalte- und Diensteanbieter auf, ihre Angebote – darunter die 100 wichtigsten europäischen Websites – bis 2010 über IPv6 zugänglich zu machen. Sie beabsichtigt, die Zusammenarbeit durch „thematische Netze“ von Herstellern, ISP sowie Inhalte- und Diensteanbietern im Zuge des Rahmenprogramms für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) zu fördern.
- Die Kommission fordert die Unternehmen im Bereich der IP-Technik auf, IPv6 als Hauptplattform für die Entwicklung von Anwendungen oder Geräten (wie Sensoren, Kameras usw.) zu nutzen. In diesem Zusammenhang beabsichtigt die Kommission, die Erprobung und Validierung IPv6-gestützter Anwendungen durch Tests zu unterstützen und diese ab 2009 im Rahmen des CIP zu fördern.
- Die Kommission hat finanzielle Hilfen für Normungsmaßnahmen bereitgestellt, um die Interoperabilität von Netzen zu fördern. In diesem Zusammenhang ist die Kommission bereit, Normungsmaßnahmen für Protokolle zu unterstützen, die in

---

<sup>21</sup>

„Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Business and Citizens Programme“ (Programm für die interoperable Erbringung von elektronischen Behördendiensten für Behörden, Unternehmen und Bürger in Europa): <http://ec.europa.eu/idabc/en/document/5101/3>.

IPv6-Netzen genutzt werden (z. B. Session Initiation Protocol, SIP). Darüber hinaus ruft die Kommission die europäischen Normungsorganisationen auf, Anleitungen zu empfehlenswerten Verfahren beim Einsatz von IPv6-gestützten Diensten zu entwickeln.

- Die Kommission wird dazu auffordern, bei Forschungsvorhaben im Rahmen des 7. Rahmenprogramms weitestgehend auf IPv6 zu setzen.

#### **4.2. Maßnahmen zur Steigerung der Nachfrage nach IPv6-Anbindung und -Produkten im Rahmen der öffentlichen Auftragsvergabe**

Einer öffentlichen Konsultation zufolge kann die öffentliche Auftragsvergabe wirksam dazu beitragen, die Umstellung auf IPv6 zu beschleunigen.<sup>22</sup> So hat die US-Regierung beispielsweise im Jahr 2005 alle Bundesbehörden angewiesen, ihre zentralen Backbone-Netze bis Mitte 2008 auf IPv6 umzustellen.<sup>23</sup>

- Die Kommission fordert die Mitgliedstaaten auf, ihre eigenen Netze auf den Einsatz des IPv6 vorzubereiten und beim Abschluss von Verträgen auf IPv6-Anbindung und die IPv6-Fähigkeit von Geräten zu achten. Die Kommission wird IT-Manager aus den Mitgliedstaaten zu einem Erfahrungsaustausch und zur Überprüfung der Fortschritte zusammenbringen.
- Darüber hinaus wird die Kommission bei ihrer eigenen regelmäßigen Beschaffung von Netzausrüstung und -dienstleistungen IPv6-Fähigkeiten zu einer Grundvoraussetzung erklären. Sie wird rechtzeitig geeignete interne Tests und Projekte zur Vorbereitung auf die IPv6-Einführung durchführen.

#### **4.3. Maßnahmen für die rechtzeitige Vorbereitung auf die IPv6-Einführung**

Die Umstellung auf IPv6 wird einige Zeit dauern und mit dem Betrieb dualer IPv4/IPv6-Netze einhergehen, was gewisse Probleme aufwirft. Alle Akteure müssen sich so früh wie möglich auf die Entwicklung und den Einsatz IPv6-verträglicher Lösungen einstellen. Organisationen sollten nicht auf die IPv6-Angebote ihrer ISP warten, sondern das Protokoll zunächst in ihren eigenen Netzen unterstützen.

- Die Kommission wird gezielte Sensibilisierungsmaßnahmen für verschiedene Nutzergruppen durchführen. Diese Maßnahmen sollten in öffentlich-privaten Partnerschaften sowie in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten durchgeführt werden.
- Die Kommission beabsichtigt, „spezifische Unterstützungsmaßnahmen“ (im Zuge des 7. Rahmenprogramms) zur Verbreitung von Kenntnissen über die praktische Anwendung zu fördern.

---

<sup>22</sup> Öffentliche Konsultation vom Februar 2006: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ipv6-public-consultation-report\\_de.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ipv6-public-consultation-report_de.pdf).

<sup>23</sup> Memorandum der Behörde für Finanzverwaltung (Office of Management and Budget, OMB) 05-22, „Transition Planning for Internet Protocol Version 6 (IPv6)“ (Planung für die Umstellung auf IPv6): [www.whitehouse.gov/omb/memoranda/fy2005/m05-22.pdf](http://www.whitehouse.gov/omb/memoranda/fy2005/m05-22.pdf), 2. August 2005.

- Die Kommission wird Normungsmaßnahmen in Bezug auf die IPv6-Interoperabilität, -Umstellung und -Verfügbarkeit im Einklang mit dem bestehenden Rahmen für die Prüfung von IPv6-Protokollen auch weiterhin unterstützen.
- Die Kommission fordert die ISP auf, ihren Kunden bis 2010 eine vollständige IPv6-Anbindung zu bieten und die den Kunden bereitgestellten Geräte gegebenenfalls anzupassen.
- Die Kommission fordert die Mitgliedstaaten auf, IPv6-Kenntnisse in einschlägigen Lehrplänen sowie z. B. in den Computer- und Netzentwicklungskursen von Universitäten zu berücksichtigen. Die Kommission wird dazu eine Begleitstudie durchführen und beabsichtigt, im Jahr 2009 eine Konferenz zu diesem Thema abzuhalten.

#### **4.4. Maßnahmen zur Lösung von Sicherheits- und Datenschutzfragen**

Die mit IPv6 verbundenen Sicherheitsprobleme unterschieden sich nicht in ihrem Ausmaß, sondern in ihrer Art von denen des IPv4. In einem dualen IPv4/v6-Umfeld könnten Umsetzung und Konfiguration komplexe Sicherheitsfragen aufwerfen.<sup>24</sup>

Nach der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs können IP-Adressen als personenbezogene Daten angesehen werden, die unter die Datenschutzrichtlinien fallen.<sup>25</sup> Insbesondere die nach Artikel 29 eingerichtete Datenschutzgruppe hat Bedenken wegen Datenschutzfragen im Zusammenhang mit IPv6 geäußert.<sup>26</sup> Eines ihrer Anliegen wurde in einer Norm berücksichtigt. Insbesondere im Hinblick auf die Konfiguration und die tatsächliche Umsetzung ist die Situation jedoch weiter im Auge zu behalten.

- Die Kommission wird Informationen über vorbildliche Verfahren verbreiten und mit den Herstellern zusammenarbeiten, damit der vollständige IPv6-Funktionsumfang bereitgestellt wird. Gegebenenfalls wird die Kommission dabei auch auf die Kenntnisse der europäischen Agentur für Netz- und Informationssicherheit (ENISA) zurückgreifen.
- Die Kommission wird die sicherheits- und datenschutzrelevanten Auswirkungen einer allgemeinen Verbreitung des IPv6 überwachen und dazu Beteiligte wie Datenschutz- oder Strafverfolgungsbehörden konsultieren.

---

<sup>24</sup>

[http://www.ipv6forum.com/dl/white/NAv6TF\\_Security\\_Report.pdf](http://www.ipv6forum.com/dl/white/NAv6TF_Security_Report.pdf).

<sup>25</sup>

Sache C-275/06, Promusicae vs. Telefonica, Urteil vom 29. Januar 2008, Randnr. 45; Richtlinien 95/46/EG und 2002/58/EG.

<sup>26</sup>

Stellungnahme 2/2002 über die Verwendung eindeutiger Kennungen bei Telekommunikationsendeinrichtungen: Das Beispiel IPv6;

[http://ec.europa.eu/justice\\_home/fsj/privacy/docs/wpdocs/2002/wp58\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/justice_home/fsj/privacy/docs/wpdocs/2002/wp58_de.pdf). Das Problem bestand darin, dass zur Vereinfachung der Konfiguration die Ethernet-MAC-Adresse als Teil der IPv6-Adresse verwendet wurde. Gelöst wurde das Problem dadurch, dass Teile der Adresse zufällig generiert werden können, siehe RFC 4941.

## **5. DURCHFÜHRUNG DES AKTIONSPLEANS**

Dieser Aktionsplan soll in den nächsten 3 Jahren umgesetzt werden. Die Kommission wird die Verbreitung des IPv6 beobachten und dabei eine Überprüfung durchführen, um den Grad der IPv6-Fähigkeit und -funktionalität in Europa zu bestimmen.

Die Kommission wird die Aktivitäten der Internet-Organisationen, wie die derzeitige Diskussion der Register über IPv4-Zuweisungsstrategien, auch weiterhin verfolgen und gegebenenfalls Beiträge dazu leisten.

Die Kommission wird der hochrangigen Sachverständigengruppe „i2010“ regelmäßig über den Stand der Dinge berichten. Zudem wird sie Fortschrittsberichte auf ihrer Website und in anderen geeigneten Medien veröffentlichen.

Im Jahr 2010 wird die Kommission den Sachstand erneut durchführen, um über eventuell erforderliche Folgemaßnahmen zu entscheiden.