

# Nationaler IPv6-Aktionsplan für Deutschland

Potsdam, 14. Mai 2009





# Nationaler IPv6-Aktionsplan für Deutschland

Das Internet ist das Rückgrat der modernen Gesellschaft. Um Anschluss an die internationale Entwicklung des Internets zu halten und den Technologiestandort Deutschland nicht ins Hintertreffen geraten zu lassen, muss sich auch Deutschland aktiv an der technischen Weiterentwicklung des Internets beteiligen und die Migration vom nunmehr 30 Jahre alten IPv4-Protokoll auf das technisch ausgereifte neue Internetprotokoll IPv6 mit Macht vorantreiben. Der deutsche IPv6-Rat hat dazu in enger Abstimmung mit dem internationalen IPv6-Forum und der Europäischen Kommission einen nationalen IPv6-Aktionsplan zur zügigen flächendeckenden Einführung des neuen Internetprotokolls IPv6 entwickelt. Der Aktionsplan gibt konkrete Handlungsanweisungen und definiert einen Maßnahmenkatalog für Politik und öffentliche Verwaltung, den Bildungs- und Forschungsbereich sowie die private Wirtschaft, die es zeitnah umzusetzen gilt.

## Ziel

Auf dem 3. IT-Gipfel in Darmstadt haben sich Politik, Wirtschaft und Wissenschaft auf konkrete Schritte und Projekte verständigt, um den IKT-Standort Deutschland weiter zu stärken. Im Kontext Infrastrukturen für die digitale Welt ausbauen wurde als eine konkrete Maßnahme die Einführung des Internetprotokolls IPv6 definiert: „Die IP-Adressen, also die „Hausnummern“ von den im Internet zusammengeschlossenen Rechnern, werden angesichts explodierender Nutzerzahlen knapp. Wirtschaft, Wissenschaft und Bundesregierung, arbeiten gemeinsam an einer erfolgreichen Einführung des neuen Protokolls in Deutschland und Europa.“

Der deutsche IPv6 Rat hat im Zuge des 3. IT-Gipfels den Auftrag übernommen, die Entwicklung eines gemeinsamen Fahrplans (Nationaler IPv6-Aktionsplan) zur flächendeckenden Einführung des neuen Internetprotokolls Version 6 (IPv6) für Wirtschaft, Wissenschaft und die verschiedenen Institutionen der öffentlichen Verwaltung zu koordinieren. Dieses hier vorliegende Dokument beschreibt Ziele, Handlungsbedarf und Chancen, federführenden Akteure und konkrete Maßnahmen.

# 1. Was ist IPv6?

Das zentrale Element des Internets ist das "Internet-Protokoll" (IP), das für den Transport der Datenpakete und die Adressierung der ans Internet angeschlossenen Komponenten sorgt. Übertragen auf die Postzustellung, würde ein solches Protokoll die Transportwege auswählen und zugleich festlegen, wie Postleitzahlen und Heimadressen angegeben und bei der Zustellung einer Briefsendung benutzt werden.

Der Adressierung von Internetgeräten kommt eine besondere Bedeutung zu. Jeder Router, Server, Host und jedes andere Internetgerät (dazu zählen auch Mobiltelefone, Sensoren, RFID-Geräte und zukünftig auch heute nicht geläufige „Endgeräte“, wie z.B. Chipkarten, Haushaltselektronik oder Kfz-Nummernschilder aus dem „Internet der Dinge“) benötigt eine IP-Adresse, um mit anderen Internetgeräten kommunizieren zu können. Die Eindeutigkeit dieser Adresse ist die Voraussetzung für eine globale (Inter-)Konnektivität.

Schon Anfang der 90-er Jahre erkannte die IETF, dass der 32-bit Adressraum, den IPv4 zur Verfügung stellt, mit dem beständigen Wachstum des Internets nicht Schritt halten kann. Als Resultat herrscht heute Adressenknappheit. Vom ursprünglichen Adressvolumen mit ca. vier Milliarden verfügbarer IP-Adressen und ca. 16 Millionen Class-C-Äquivalenten in der aktuellen Version IPv4 sind heute gerade einmal 15 Prozent noch nicht durch die Internetregistries vergeben worden. Experten der Internet Community und des RIPE (Offizielles Statement vom 26. Oktober 2007) gehen davon aus, dass dieser Adressraum bis spätestens 2011 durch die Registries vergeben worden ist.

Hauptsächlich die Adressknappheit, aber auch Probleme, die sich im Zuge der großräumigen Verwendung von IPv4 gezeigt hatten, führten zur Entstehung des neuen Protokolls IPv6 für das Internet der neuen Generation. Mit IPv6 wurde der Adressraum auf 128 bit erweitert.

Neben der langfristigen Lösung des Adressraumproblems bietet IPv6 gegenüber IPv4 zahlreiche neue Möglichkeiten und Anwendungen:

1. Verbesserte Dienstqualität ermöglicht interaktives, internetbasiertes Fernsehen (IPTV)
2. Auto-Konfiguration erleichtert das Netzwerk-Management und ermöglicht Plug&Play für eine breite Palette von Endgeräten
3. Sichere Kommunikation über direkte Ende-zu-Ende-Verbindungen ohne Beschränkung der Teilnehmerzahl
4. Größere Flexibilität durch erweiterte Mobilität der Teilnehmer und

Möglichkeit einer „Always-On“-Funktionalität über Netzwerkgrenzen hinweg

5. Unified Communications, d. h. die Zusammenführung aller Kommunikationsdienste mit integrierter Präsenzfunktion (Presence Information) zur Ermittlung der aktuellen Erreichbarkeit
6. Flexible Sensornetzwerke, die sowohl zur Bewältigung von Krisensituationen aber auch im alltäglichen Bereich wie z.B. im Gebäudemanagement für intelligentes Energiemanagement zum Einsatz kommen
7. Fahrzeugkommunikation (Vehicle-to-X Communication), d. h. Kommunikation sowohl zwischen verschiedenen Fahrzeugen als auch zwischen Fahrzeugen und anderen Diensten zur effizienten und sicheren Steuerung des Verkehrsflusses

## **2. Warum ist die Umstellung auf IPv6 erforderlich?**

Weltweit nimmt die Durchdringung von IPv6 zu. Japan, China, Australien und USA führen das Internet der neuen Generation bereits großflächig ein. Große Diensteanbieter im Internet wie Google oder eBay stellen den Nutzern bereits IPv6-fähige Dienste zur Verfügung. Es gibt bereits Dienstangebote, die ausschließlich für Nutzer der Version 6 zugänglich sind.

Deutschland ist die größte Internet-Nation in Europa und zählt zu den ersten fünf Ländern weltweit. Die Internetpopulation beläuft sich auf ca. 53 Millionen Anwender. Dies entspricht einer durchschnittlichen Verbreitung von 65 %. Das bedeutet, dass all diese Anwender handlungsfähig bleiben wollen und müssen. Das können sie nur, in dem sie zu IPv6-Nutzern werden, weil die im vorangegangenen Abschnitt skizzierten Einsatzgebiete wie Fahrzeugkommunikation oder Sensornetzwerke einen starken Anstieg des Adressbedarfs mit sich bringen.

## **3. Chancen und Handlungsbedarf**

IPv6 ist die zentrale Basistechnologie bei der Entwicklung des „Internet der nächsten Generation“ und bildet insbesondere das Fundament für die Entstehung des sogenannten „Internet der Dinge“. Die Bereitstellung von nahezu unbegrenzten Internet-Adressen, welche fundamental für Einsatzszenarien beispielsweise aus dem THESEUS-Programm der Bundesregierung sind, muss abgesichert sein. Ansonsten besteht die

Gefahr, dass die erarbeiteten Forschungsergebnisse und innovative Anwendungen in Deutschland nicht rechtzeitig flächendeckend genutzt werden können und sich die Wettbewerbsposition für die deutsche Industrie bei der Erbringung von weltweiten Dienstleistungen dauerhaft verschlechtert.

Deutschland ist weltweit die führende Exportnation. Ein an Bedeutung zunehmender Markt für den deutschen Export ist der asiatische Raum, insbesondere China. Nirgendwo sonst in der Welt ist das Internet der neuen Generation flächendeckend bereits so weit verbreitet wie dort. Wird der Übergang auf IPv6 in Deutschland ignoriert oder dem zögernden Markt überlassen wie bisher, droht unweigerlich eine Abkopplung von der derzeitigen Entwicklung rund um IPv6 in Asien. Das hätte unmittelbare Auswirkungen auf den Wirtschafts- und Exportstandort Deutschland. Die deutsche Industrie muss sich daher darauf vorbereiten, dem zukünftigen Bedarf an IPv6-basierten Diensten, Anwendungen und Geräten zu entsprechen und sich so einen Wettbewerbsvorteil auf dem Weltmarkt zu sichern.

Die Einführung von IPv6 eröffnet Deutschland als Vorreiter in Europa neue Handlungsfelder. Deutschland sollte die Chance nutzen, den Übergang auf IPv6 als Beginn einer neuen Internet- bzw. Netzwerkgeneration zu begreifen. Zum Thema IPv6 eine klare Position zu beziehen, führt zu mehr Transparenz und Planungssicherheit bei allen beteiligten Interessengruppen. Darüber hinaus ist es aber auch erforderlich, unsere Interessen weltweit - ausgehend von deutschen Standards und Projekten - aktiv zu verdeutlichen und mit Einführung von IPv6 insbesondere folgende Ziele zu verfolgen:

- Neue Technologien fördern und einsetzen
- Handlungsfähigkeit im Internet bewahren und verbessern
- IT-Sicherheit stärken
- Krisenkommunikation verbessern
- Standardisierung fördern
- Datenschutz sicherstellen
- Internet der Zukunft federführend gestalten

## **4. Akteure**

Folgende Akteure bzw. Rollen sind bei der Einführung von IPv6 einzu-beziehen, wobei in der Praxis eine einzelne Institution mitunter mehrere der folgenden Rollen gleichzeitig einnehmen kann:

- Internetorganisationen, die gemeinsame IPv6-Ressourcen und -Dienste managen, d.h. IPv6-Adressen zuweisen und verwalten, DNS-Server betreiben und weiterhin die notwendigen Standards und Spezifikationen entwickeln (ICANN , RIRs und IETF).
- Netzbetreiber, die ihren Kunden IPv6-Konnektivität und IPv6-basierte Dienste anbieten sollen. Dabei sind alle Netze, die das bisherige Internetprotokoll nutzen, in die Weiterentwicklung mit einzubeziehen. Das Spektrum reicht von Breitbandnetzen bis zu aktuellen Mobilfunknetzen und lokalen Funknetzwerken.
- Anbieter von Hardware und Betriebssystemen, die ihre Produkte IPv6-fähig machen müssen. Viele Anbieter von Netzwerk-Equipment inkl. der Netzwerk-Software beginnen ihre Produkte bereits auf IPv6 aufzurüsten. Die Netzwerk-Geräte wie Router, Switches oder Modems verstehen zunehmend sowohl das aktuelle als auch das neue Internet-Protokoll. Die aktuellen Betriebssysteme sind bereits in der Lage, IPv6 zu verarbeiten, auch wenn die Konfiguration in den Netzwerken der Endanwender heute noch in einigen Fällen Probleme aufwirft.
- Anbieter von Inhalten und Diensten wie Websites, Instant Messaging, E-Mail, Voice over IP oder dem immer wichtiger werdenden Hosting ganzer Software-Anwendungen (Software as a Service), die permanent erreichbar bleiben müssen, indem sie IPv6 auf ihren Servern ermöglichen.
- Anbieter von Anwendungssoftware wie z.B. Business Software, Smartcards, P2P-Software, Transportsysteme, Sensornetze, die sicherstellen müssen, dass ihre Lösungen IPv6-kompatibel sind und in zunehmendem Maße Produkte entwickeln und Dienste anbieten müssen, die die genannten Vorteile von IPv6 nutzen.
- Forschungs- und Lehreinrichtungen, die für die Entwicklung von ausreichend IPv6-Kenntnissen bei Absolventen sorgen müssen und als „Early Adopters“ gemeinsam mit Soft- und Hardware-Anbietern innovative Dienste in Ihren IPv6-Pilotnetzwerken entwickeln und betreiben.
- Öffentliche Verwaltung in Bund, Ländern und Kommunen: Bund, Länder und Kommunen haben eine wichtige Rolle bei der Nachfrage IPv6-fähiger Dienstleistungen und Produkte am Markt. Momentan strukturiert die öffentliche Verwaltung deutschlandweit ihre Infrastrukturen neu und macht sie IPv6-fähig. Damit ist die öffentliche Verwaltung bereits jetzt ein Treiber des Themas.

# 5. Maßnahmen

## Zeitplan

In Einklang mit den Vorschlägen der Europäischen Kommission, an deren Formulierung der Deutsche IPv6-Rat entscheidend mitgewirkt hat, sollte sich Deutschland das Ziel setzen, IPv6 bis 2010 auf breiter Basis einzusetzen. Konkret sollten bis dahin mindestens 25 Prozent der deutschen Internetanwender in der Lage sein, sich mit dem IPv6-Internet zu verbinden und auf die wichtigsten Inhalte und Dienste zugreifen zu können, ohne einen signifikanten Unterschied im Vergleich zu IPv4 festzustellen.

Insbesondere wird in diesem Zusammenhang auf den 3-Phasen Internet Transition Plan der Network Working Group des IETF hingewiesen, der einen Abschluss der allgemeinen Umstellungsarbeiten auf IPv6 für die Zeit nach 2012 prognostiziert hat. Phase 1 dieses Plans soll bis 2010 abgeschlossen sein und empfiehlt ISPs, bis zu diesem Zeitpunkt ein IPv6-Angebot für Endkunden einzurichten. Organisationen wird die Umstellung der öffentlichen Router auf IPv6 nahegelegt, wobei die interne Nutzung von IPv6 noch auf freiwilliger Basis erfolgt. Phase 2 sieht bis 2012 die zwingende Erfüllung dieser Maßnahmen seitens ISPs und Organisationen vor. Lediglich die interne Nutzung von IPv6 bleibt freiwillig. Die eigentliche Umstellung soll danach bis 2012 erfolgt sein, während in der daran anschließenden Phase 3 zusätzlich noch auf eine mögliche Rückkompatibilität zu IPv4-basierten Angeboten und Diensten verwiesen wird.

## Übergangsphase (Dual Stack)

IPv6 ist nicht kompatibel mit IPv4. IPv6- und IPv4-Geräte können nur über entsprechende Protokollübersetzungs-Gateways miteinander kommunizieren. Bei dieser Methode handelt es sich jedoch nicht um eine generelle, zukunftsichere Lösung, die eine transparente Interoperabilität ermöglicht. Die Migration sollte vielmehr über den sogenannten Dual-Stack-Mode erfolgen. Damit kann IPv6 parallel zu IPv4 auf demselben Gerät und im selben physischen Netzwerk betrieben werden. In einer Übergangsphase von 10 bis 20 Jahren oder noch mehr werden so IPv4 und IPv6 auf denselben Geräten koexistieren und über dieselben physikalischen Netzwerkverbindungen übertragen. Zusätzlich ermöglichen alternative Standards und Technologien (im technischen Sinne bezeichnet als „tunnelling“), IPv6-Datenpakete über herkömmliche IPv4-Adressierung und IPv4-basierte Routingverfahren zu übertragen (und umgekehrt). Damit ist die technische Grundlage für eine sanfte bzw. schrittweise Einführung von IPv6 geschaffen worden.



## **Maßnahmenpakete**

Um das Ziel, IPv6 auch in Deutschland bis 2010 auf breiter Basis einzusetzen, zu erreichen und die oben genannten Chancen für Deutschland zu nutzen, sollten sich Wirtschaft, Politik, öffentliche Verwaltung, Nutzer, Forschung und Wissenschaft gemeinsam auf einen Maßnahmenkatalog verständigen.

### **Politik und öffentliche Verwaltung**

1. Awarenessbildung und Öffentlichkeitsarbeit - Mit IPv6 das Internet der neuen Generation gestalten. Das Thema sollte von hochrangigen Vertretern der Politik und der öffentlichen Verwaltung über die Presse in die Öffentlichkeit getragen werden.
2. Die Verwendung von IPv6 sollte bei allen öffentlichen Internetangeboten und eGovernment-Diensten verbindlich werden. In einem ersten Schritt wird für alle neu erstellten Inhalte und Dienste der öffentlichen Verwaltung (Bund, Länder und Kommunen) die Nutzung von IPv6 in den Ausschreibungen gefordert.
3. Bestehende Internetangebote und Dienste werden im Rahmen von anfallenden Anpassungs- und Wartungsprojekten schrittweise auf IPv6 umgestellt.
4. Im Rahmen der Innovationszyklen ist darauf zu achten, dass beschaffte Hard- und Software IPv6-fähig sind. Bei neu aufgesetzten Projekten ist die IPv6-Fähigkeit als technische Anforderung zu definieren. Beispielsweise sollten geförderte Infrastrukturprojekte (Breitband-Ausbau) an die Bereitstellung von IPv6 für Endverbraucher geknüpft werden.
5. Insbesondere die deutschen Top-Internetseiten von Regierung und Verwaltung (gemessen an Zugriffen) sollten zügig IPv6-fähig werden.
6. IT-Sicherheit sowie Datenschutzaspekte sind zu gewährleisten.

Akteure: Öffentliche Verwaltung, Netzbetreiber, Anbieter von Hardware und Betriebssystemen, ggf. Anbieter von Anwendungssoftware

### **Bildung und Forschung**

1. In öffentlich- oder EU-finanzierten Forschungsprojekten soll IPv6-Technologie eingesetzt werden, um die großen Potenziale des neuen Protokolls schnellstmöglich erkennbar zu machen und auszunutzen.
2. Jede Bildungs- und Wissenschaftseinrichtung soll bestehende Internetangebote und Dienste schrittweise im Rahmen von anfallenden Anpassungs- und Wartungsprojekten auf IPv6 umstellen.

3. Im Rahmen der Innovationszyklen ist darauf zu achten, dass zukünftig beschaffte Hard- und Software IPv6-fähig sind.
4. Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollen sich zu Multiplikatoren und Vorreiter für neue Dienstformen auf Basis der IPv6-Technologie entwickeln.
5. Durch Anpassung und Erweiterung der Curricula soll der Know-How-Aufbau in den Bildungseinrichtungen gefördert werden.
6. Forschungsfördermaßnahmen für anwendungsnahe Forschungsprojekte im Rahmen der Weiterentwicklung und Umsetzung der IPv6-Technologie.

Akteure: Forschung und Lehre, Anbieter von Hardware und Betriebssystemen, ggf. Anbieter von Anwendungssoftware

## **Private Wirtschaft**

1. Von zentraler Bedeutung ist hier die Bereitschaft der Anbieter von Inhalten und Diensten sowie der Netzbetreiber, die notwendigen Anpassungen zum flächendeckenden Einsatz der IPv6-Technologie vorzunehmen.
2. Infrastrukturen für Endkunden müssen IPv6-fähig gemacht werden.
3. IPv6-fähige Hardware und Software muss ohne Zusatzkosten Standard sein.
4. Dienste und Inhalte der privatwirtschaftlichen Anbieter müssen über IPv6 umgestellt werden.
5. Insbesondere die Top-Internetseiten der privaten Wirtschaft (gemessen an Zugriffen) sollten zügig IPv6-fähig werden.
6. Der Themenbereich IT-Sicherheit bietet auf der Basis von IPv6 Potenzial für innovative Produktentwicklungen und -lösungen.

Akteure: Netzbetreiber, Anbieter von Inhalten und Diensten der Privatwirtschaft

## **6. Konkrete nächste Schritte**

1. Organisation und Ausrichtung des jährlich stattfindenden Deutschen IPv6 Gipfels (Hasso-Plattner-Institut, Deutscher IPv6 Rat) mit internationaler Beteiligung zur Herstellung von Öffentlichkeit und Awareness (2008 und 2009 bereits erfolgt).
2. Organisation und Ausrichtung des International IPv6 Application Contests (Deutscher IPv6 Rat) zur öffentlichen Auszeichnung herausragender und innovativer IPv6 Entwicklungen unter Beteiligung namhafter Sponsoren aus Forschung, Industrie und Wirt-

- schaft (2009 bereits erfolgt).
3. Öffentlichkeitsarbeit und Awarenessbildung durch Lancieren von geeigneten Presseveröffentlichungen in überregionalen Tageszeitungen, populärwissenschaftlichen Magazinen, Funk und Fernsehen.
  4. Öffentliche Vorstellung des vorliegenden IPv6-Aktionsplans für Deutschland zum 2. Deutschen IPv6 Gipfel am 14./15. Mai 2009 in Potsdam.
  5. Konsolidierung und Entwicklung konkreter, mit der Bundesregierung abgestimmter Handlungsempfehlungen (via AG2, Konvergenz der Medien - Zukunft der Dienste und Netze) in Form des IPv6-Aktionsplans für Deutschland für den 4. Nationalen IT-Gipfel 2009.
  6. Institutionalisierung eines direkten Dialogs zwischen öffentlicher Verwaltung und Forschungseinrichtungen, wie z. B. bereits zwischen Bundesministerium des Inneren und dem Hasso-Plattner-Institut.
  7. Unterstützung und Intensivierung IPv6-orientierter IT-Sicherheitsforschung durch geeignete Förderprogramme, z.B. durch BMBF oder DFG.
  8. Der Deutsche IPv6 Rat stellt eine öffentlich verfügbare Informations- und Wissenssammlung zum Thema IPv6 zusammen.
  9. Der Deutsche IPv6 Rat initiiert und fördert die Zusammenarbeit, den Austausch und die Kooperation mit der EU-Kommission in Fragen der IPv6 Technologie.

Der Deutsche IPv6 Rat sieht den „Nationalen IPv6-Aktionsplan“ als ein Dokument zur Unterstützung der flächendeckenden Einführung des neuen Internetprotokolls IPv6 in Deutschland. Es beschreibt die notwendigen Aktivitäten in den Bereichen Öffentlichkeitsarbeit, Wissensaustausch, Informations-Pool, Bildung, Forschung und Partnerkoordination. Die vorgeschlagenen konkreten Schritte werden kontinuierlich angepasst und entsprechend dem Stand der aktuellen Entwicklung erweitert. Der „Nationale IPv6-Aktionsplan“ wird aus diesem Grund ständig aktualisiert und ist in der aktuellen Version im Internet unter der URL [www.ipv6council.de/aktionsplan](http://www.ipv6council.de/aktionsplan) zu finden.

Deutscher IPv6 Rat  
Prof. Dr. Christoph Meinel (Chairman)  
Dr. Harald Sack (General Secretary)

**Kontaktadresse:**

Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik GmbH  
Prof.-Dr.-Helmert-Str. 2 - 3  
D-14482 Potsdam  
E-Mail: [info@ipv6council.de](mailto:info@ipv6council.de)