



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

WIRTSCHAFT.  
WACHSTUM.  
WOHLSTAND.

# Das Internetprotokoll Version 6 (IPv6) – Chancen und Herausforderungen für den Wirtschaftsstandort Deutschland

Thesen für die Diskussion auf dem Workshop des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie am 26. Januar 2012 in Berlin



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung Internetprotokoll Version 6 (IPv6)</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Themenbereiche des Workshops</b> .....	<b>5</b>
2.1 Technik und Unterstützung .....	5
2.2 Wirtschaft und Anwendungen .....	6
2.3 Datenschutz und Sicherheit .....	7
<b>3. Ausblick</b> .....	<b>8</b>

# 1. Einführung Internetprotokoll Version 6 (IPv6)

Nach seiner stürmischen Entwicklung während der letzten Jahre steht das Internet heute vor seinen nächsten Evolutionsschritten. Neue Anwendungsfelder, wie das Internet der Dinge, das Internet der Dienste, oder Smart Home und Smart Metering enthalten enorme Potenziale für Wirtschaft und Verbraucher, erfordern aber für ihre Verwirklichung bestimmte technische Voraussetzungen, insbesondere eine quasi unbegrenzte Anzahl von IP-Adressen. Das gegenwärtig eingesetzte Internetprotokoll Version 4 (IPv4) genügt dieser Anforderung nicht, sind doch dort die originär vorhandenen Adressvorräte – mit Blick auf die neuen Anwendungsfelder – nur sehr begrenzt. Mit der Einführung des Nachfolgeprotokolls IPv6 kann diese Problematik gelöst werden, indem für jede Anwendung und jedes Gerät im Internet eine Internetadresse eindeutig zuzuordnen ist. Gleichzeitig wird es damit möglich, das dem Internet ursprünglich zugedachte Ende-zu-Ende-Paradigma wiederherzustellen.

Während die USA und viele Länder in Asien bereits mit der Umstellung auf den neuen Internetstandard IPv6 begonnen haben, ist Deutschland hier noch nicht so weit vorangeschritten. Dies hat auch der im Juni

2011 durchgeführte IPv6-Tag gezeigt, an dem die Verfügbarkeit und Stabilität des neuen Internetprotokolls demonstriert werden sollte. Als Fazit dieser Veranstaltung kann gelten: Stabile, technische Lösungen sind zwar verfügbar, jedoch stehen offenbar die Unternehmen in Deutschland dem Thema IPv6 noch zurückhaltend gegenüber. Die insgesamt noch unüberschaubare Lage in Deutschland kann auf vielfältige Einflussfaktoren und unterschiedliche Interessenlagen der mit dem Internet und seinen Anwendungen befassten Akteure zurückgeführt werden. Der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie am 26. Januar 2012 veranstaltete Workshop „Das Internetprotokoll Version 6 (IPv6) – Chancen und Herausforderungen für den Wirtschaftsstandort Deutschland“ soll hier einen Beitrag für mehr Transparenz, zum aktuellen Stand und zu den Hemmnissen der Umstellung auf das Übertragungsprotokoll IPv6 leisten und mögliche Handlungsoptionen skizzieren.

## 2. Themenbereiche des Workshops

Vor der eingangs dargestellten Problematik sollen die folgenden thematischen Schwerpunkte des IPv6-Workshops dargestellt und inhaltlich diskutiert werden:

- Technik und Unterstützung,
- Wirtschaft und Anwendungen sowie
- Datenschutz und Sicherheit.

Bei der Erläuterung werden gängige, aber auch widersprüchliche Sichtweisen bezüglich IPv6 dargestellt. Dies soll dem Einstieg in die Thematik und zur Erleichterung der Vorbereitung der Beteiligten dienen. Am Ende jedes Abschnitts finden sich Fragen zu den jeweiligen Inhalten, die in den Arbeitsgruppen des Workshops diskutiert werden sollen. Als Einstieg könnten die folgenden Fragen verstanden werden

- 
- 1. Welche Motivationen gibt es für den Umstieg auf IPv6?
  - 2. Welcher Nutzen entsteht durch die rechtzeitige Einführung von IPv6?
  - 3. Was geschieht, wenn nicht oder später auf IPv6 umgestellt wird?
- 

Diese können sowohl im Allgemeinen betrachtet und beantwortet werden, als auch unter den thematischen Schwerpunkten der folgenden Abschnitte.

### 2.1 Technik und Unterstützung

Mit der vor mehr als 20 Jahren begonnenen Entwicklung von IPv6 wurde der Versuch unternommen, die erkannten Schwächen des bisherigen Übertragungsprotokolls IPv4 zu beseitigen. Gleichzeitig wurde damit in Kauf genommen, dass IPv4 und IPv6 nicht direkt miteinander kompatibel sind. Dies bedeutet, dass bei der Entwicklung von IPv6 von vornherein Funktionen zur Migration dieses Internetstandards implementiert werden mussten und die Nutzer des jeweiligen Standards nicht miteinander kommunizieren können – auch wenn sie sich in unterschiedlichen Netzen befinden. Um dieses zu vermeiden, wurde technisch die Möglichkeit für einen in weiten Bereichen parallelen Einsatz von IPv4 und IPv6 sowie für die Umsetzung zwischen beiden Protokolltypen geschaffen.

Das Übertragungsprotokoll IPv6 bietet eine Reihe von Funktionen, die einerseits den praktischen Betrieb im Netz unterstützen und andererseits auch neue Anwendungen des Internets fördern. So kann beispielsweise die Autokonfiguration im Zusammenspiel mit der Neuorganisation von Netzen und der Bereitstellung von Dienstqualität (Quality of Service, QoS) den Betrieb von Netzen vereinfachen. Durch Werkzeuge, wie beispielsweise QoS, integrierte Sicherheitsmechanismen, Adressierungsverfahren (z. B. Unicast und Multicast) und eine Erweiterung des IPv6-Protokoll-Headers, werden neue Anwendungen im weltweiten Netz möglich. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang auch die Möglichkeiten von Mobile IP sowie die Wiedereinführung des Ende-zu-Ende-Paradigmas, die eine durchgängige Kommunikation ohne zusätzliche Elemente in der Infrastruktur zwischen Endsystemen erlauben.

Es kann davon ausgegangen werden, dass IPv4 und IPv6 über einen längeren Zeitraum parallel betrieben werden. Einzelne Teile des Netzes können je nach Anforderung Schritt für Schritt migriert werden. Zudem hat eine strukturierte und schrittweise Implementierung von IPv6 den Vorteil, Erfahrungen mit der neuen Technologie zu sammeln, Fehlkonfigurationen zu vermeiden und die Sicherheit innerhalb der Netze zu erhöhen.

Ein Parallelbetrieb von IPv4 und IPv6 könnte aber nicht unproblematisch sein. So könnte die Migration zu IPv6 von einzelnen Interessengruppen weiter aufgeschoben werden und die Netzkonfiguration mittelfristig komplexer bleiben, als es bei einer konsequenten Einführung von IPv6 der Fall wäre. Das parallele Angebot von IPv4- und IPv6-Funktionalitäten kann gerade in kleineren Systemen (z. B. Sensoren) die Leistungsfähigkeit der Netzwerke überfordern und würde den Aufwand für Entwicklung, Wartung und Konfiguration erhöhen. Dementsprechend spricht einiges für die Einführung von Netzbereichen, in denen nur IPv6 allein verwendet wird. Diese Netzwerke können dann bei Bedarf über Protokollumsetzung oder andere Technologien mit der IPv4-Welt gekoppelt werden.

## Fragen:

- 
- 1. Wie sieht eine mögliche Vorgehensweise zur Einführung von IPv6 aus?  
... in Produkten, die über IP-basierte Netze kommunizieren?  
... in Firmennetzwerken?
  - 2. Welche Beispiele gibt es für die Einführung von IPv6?
  - 3. Welche Faktoren treiben oder hemmen den Übergang zu IPv6?
  - 4. Wie ist der Status der Einführung von IPv6 in Deutschland und im Vergleich dazu in Europa?
- 

## 2.2 Wirtschaft und Anwendungen

Für viele Unternehmen scheint gegenwärtig eine Umstellung auf IPv6 noch nicht zu den Prioritäten zu zählen, da die Problematik eines begrenzten Adressvorrats bei IPv4 durch Erweiterungsmechanismen, wie Network Address Translation (NAT), vorübergehend gelöst werden kann. Auch eröffnen Übersetzungsmechanismen und ein Parallelbetrieb von IPv4 und IPv6 die Möglichkeit, neue Produkte und Anwendungen auch unter dem alten IPv4-Standard anzubieten. Andererseits dürfte die dynamische Entwicklung des Internets den Übergang auf das Übertragungsprotokoll IPv6 weiter vorantreiben. Insgesamt stellt sich die aktuelle Lage in Deutschland jedoch als heterogen dar: Die Relevanz einer Umstellung wird von der Wirtschaft zwar gesehen, aber dennoch erscheint sie nicht als zwingend erforderlich und ist damit nicht greifbar. Vor allem Kosten-/Nutzensgesichtspunkte könnten hier eine Rolle spielen.

Bei der Motivation zur Einführung von IPv6 kann in folgende Interessengruppen unterschieden werden, auch bezüglich Kosten und Nutzen einer Umstellung auf IPv6:

- **Infrastruktur-/Zugangsanbieter:** Die Gruppe wird aufgrund der Adressknappheit immer komplexere Netzkonfigurationen nutzen, was den Aufwand bei Bereitstellung, Konfiguration und Fehlerbeseitigung ständig erhöht. IPv6 bietet mittelfristig wirtschaftliche Anreize zum Betrieb eines einfacheren und sicheren Netzes. Diese Interessengruppe weiß um die Relevanz von IPv6, sieht aber auch das wirtschaftliche Risiko einer Umstellung ohne entsprechende Nachfrage.
- **TK-Infrastrukturausstatter:** Diese Gruppe muss ihre bestehenden Produkte für die Nutzung von IPv6 vorbereiten, um sie den Kunden weiter anbieten zu können. Insbesondere durch die Unterstüt-

zung von Kunden bei der Einführung von IPv6, in Form von Dienstleistungen oder innovativen Produkten, können sie sich im Wettbewerb unterscheiden.

- **Endgerätehersteller:** Auch Hard- und Softwarehersteller im Bereich der Endsysteme (auch Sensoren, Steuerungen, Machine-to-Machine-Communication) müssen ihre Produkte für IPv6 fit machen. Für diese Gruppe ergeben sich Möglichkeiten, ganz neue Produkte zu realisieren (im Bereich Internet der Dinge, Internet der Dienste) und so neue Märkte zu erschließen.
- **Diensteanbieter für Internetanwendungen, wie z. B. für das Internet der Dinge/Internet der Dienste und RFID-Anwendungen:** Diese Gruppe ist weitgehend auf die Einführung von IPv6 angewiesen und könnte mit neuen Produkten und Anwendungen vom IPv6-Standard profitieren.
- **Endnutzer:** Hier ist es gerade für die sogenannten „Innovatoren“ essentiell, dass IPv6 eingeführt wird, da die neuen Dienste und Anwendungen (z. B. Car-to-Car-Communication) nur über IPv6 für eine große Anzahl von Anwender verfügbar gemacht werden können. Darüber hinaus kann IPv6 für Unternehmen zum jetzigen Zeitpunkt relevant sein, die auf Märkten kommunizieren müssen, auf denen der IPv6-Standard bereits eingeführt wurde.

Neue Internettechnologien können die Umstellung auf IPv6 unterstützen und würden damit das Angebot von neuen Diensten, Anwendungen und mobilen Endsystemen sowie den Übergang auf IPv6-fähige Netze beschleunigen. Dies würde den Endnutzer dazu veranlassen IPv6-basierte Produkte und Dienstleistungen verstärkt nachzufragen. Internetanwendungen, die durch die Verfügbarkeit von IPv6 („IPv6 als Enabler“) vorangebracht werden könnten, wären beispielsweise Sensornetzwerke, Smart Home, Smart Metering sowie Multimedia-Kommunikation und mobile Kommunikation.

Aufgrund der komplexen Situation in verschiedenen Netzen und Infrastrukturen können allgemeine Aussagen über den Aufwand von Migrationsprojekten und Kosten für den Betrieb von IPv6 nur schwer getroffen werden. Insofern würde eine sorgfältige Bestandsaufnahme bestehender Infrastrukturen bzw. Kundenanforderungen an Dienste und Produkte bei der Planung der Einführung von IPv6 bei Netzen und Anwendungen helfen.

Bei der globalen Umstellung auf den neuen Protokollstandard IPv6 sollte vermieden werden, dass es zu Wettbewerbsverzerrungen zu Lasten deutscher Unternehmen und Verbraucher kommt, insbesondere, dass

- Nutzer keinen Zugang mehr zu dem unbegrenzten Adressfundus von IPv6 haben,
- deutsche Dienste- und Endgerätehersteller die Entwicklung verpassen und die in Deutschland entstehenden IPv6-Infrastrukturen zugunsten internationaler Anbieter nicht nutzen können und
- durch Hilfsmechanismen mit IPv4 die Umstellung weiter herausgezögert wird, wodurch sich die Geschäftsmodelle für IPv6 zu spät entwickeln.

#### Fragen:

- 
- 1. Welche Akteure haben den größten Bedarf an IPv6?
  - 2. Haben diese Akteure Risiken, wenn sie IPv6 nicht nutzen bzw. auf IPv6 nicht zugreifen können?
  - 3. Ist in einzelnen Nutzergruppen die Notwendigkeit einer Umstellung noch nicht ausreichend ersichtlich?
  - 4. Welche Dienste und Produkte können auf IPv6 ein Geschäftsmodell aufbauen und wo entstehen diese Angebote?
  - 5. Womit lassen sich die Einführungskosten von IPv6 rechtfertigen?
- 

### 2.3 Datenschutz und Sicherheit

Da es mit dem Übertragungsprotokoll IPv6 grundsätzlich möglich ist, jedem Endgerät eine statische IP-Adresse eindeutig zuzuordnen, steht der Datenschutz vor besonderen Herausforderungen. Daraus folgt, dass jeder Nutzer im Internet grundsätzlich identifiziert werden könnte. Diese Problematik wurde bei der Entwicklung von IPv6 berücksichtigt und die sogenannten Privacy Extensions wurden eingeführt. Damit kann die Identifizierung der einzelnen Endgeräte und deren Benutzer zwar vermieden werden. Allerdings verhindern die Privacy Extensions nur bei großen Nutzergruppen in einem Netzwerk die eindeutige Identifikation der Nutzer. In kleinen Netzstrukturen, wie sie in kleinen Unternehmen oder bei Privatan schlüssen üblich sind, kann eine eindeutige Identifikation der Nutzer nicht ausgeschlossen werden.

Im Hinblick auf die Sicherheit in IPv6-Netzen und bei IPv6-Anwendungen gelten weiterhin die grundlegenden Anforderungen an die Sicherheit der Informationstechnik und Telekommunikationsinfrastrukturen, die auch bei der Sicherheits-Konzeptionierung von IPv4-Netzen gültig sind. Dies umfasst z. B. die Definition von Sicherheitsrichtlinien, die Verwendung von Firewalls am Perimeter, die Verwendung von Proxies, Intrusion-Detection- und Prevention-Systemen sowie die Absicherung von Endgeräten, wie z. B. Computer und Smartphones.

Darüber hinaus können sich durch den Einsatz von IPv6 neue sicherheitsrelevante Aspekte ergeben, die es unter IPv4 nicht gegeben hat und die ein Risiko darstellen. Diese Aspekte umfassen z. B. automatische Tunnel (Teredo) ins Internet von Endsystemen im Unternehmensnetz, automatische IPv6-Aktivierung bei Endsystemen, neue Angriffsvektoren über IPv6 und der fehlende Reifegrad von IPv6-Produkten.

Jedoch kann ein höheres Sicherheitsniveau in IPv6-Netzen im Vergleich zu IPv4 durch eine strukturierte Implementierung von IPv6 erreicht werden. Der Übergang auf den IPv6-Standard von den oft unstrukturierten, intransparenten und damit unsicheren Netzwerkstrukturen von IPv4 würde die Chance für mehr Sicherheit in der Internetkommunikation eröffnen.

#### Fragen:

- 
- 1. Welche Konflikte können durch den Einsatz von IPv6 mit dem Datenschutz entstehen?
  - 2. Welche Rolle kann IPv6 bei der Lösung von Datenschutzproblemen im Internet spielen?
  - 3. Welche zusätzlichen Anforderungen an die Sicherheit ergeben sich durch die Einführung von IPv6?
  - 4. Wie lässt sich durch die Einführung von IPv6 ein im Vergleich zu IPv4 höheres Sicherheitsniveau realisieren?
-

## 3. Ausblick

Ziel des Workshops „Das Internetprotokoll Version 6 (IPv6) – Chancen und Herausforderungen für den Wirtschaftsstandort Deutschland“ ist es, auf breiter Basis die Auswirkungen der Umstellung auf IPv6 in Deutschland zu diskutieren. Insbesondere soll dabei auf die künftigen Internet-Strukturen, den Wettbewerb in der IKT-Branche und in der Wirtschaft, die IT-Sicherheit und den Datenschutz sowie auf existierende Geschäftsmodelle und das Entstehen neuer Internetanwendungen eingegangen werden. Darüber hinaus wird der aktuelle Stand der IPv6-Umstellung in Deutschland in den Bereichen Wirtschaft, Verwaltung, Bildung und Forschung und Privatsektor kurz umrissen. Die Identifizierung der von der IPv6-Einführung betroffenen Akteure mit ihren unterschiedlichen Interessenlagen sowie die Ableitung von Handlungsoptionen, z. B. zur Unterstützung des Übergangs auf den IPv6-Standard durch die öffentliche Hand, sollen ebenfalls diskutiert werden.

Diesen Prämissen folgend soll der IPv6-Workshop zur Identifizierung und Klärung zentraler Fragestellungen beim Übergang auf den IPv6-Standard beitragen. Er soll insbesondere:

- einen Überblick über alle Aktivitäten – einschließlich des aktuellen Umstellungsstandes – im Bereich IPv6 in Deutschland geben,
- die Auswirkungen der IPv6-Umstellung auf die künftigen technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen für den IKT-Standort Deutschland ausloten,
- eine Plattform zum Austausch wichtiger Akteure im Bereich IPv6 in Deutschland bilden.

Daraus folgernd sollen Handlungserfordernisse für Wirtschaft und Politik abgeleitet werden. Der Workshop selbst ist in drei Blöcke unterteilt, wobei die Schwerpunkte dieses Dokuments den thematischen Spannungsbogen ziehen. Die Schwerpunkte sind:

- Technik und Unterstützung,
- Wirtschaft und Anwendungen sowie
- Datenschutz und Sicherheit.

Die Schwerpunkte werden im ersten Block des Workshops dargestellt und im zweiten Block in den einzelnen Arbeitsgruppen diskutiert. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppen werden dann im dritten Block dem Plenum präsentiert und fließen direkt in den Abschlussbericht mit Handlungsoptionen für die deutsche Wirtschaft und Politik ein, der im Ergebnis des Workshops erstellt und vom BMWi herausgegeben wird.



## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Wirtschaft  
und Technologie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
10115 Berlin  
www.bmwi.de

### **Redaktion**

BearingPoint GmbH

### **Stand**

Januar 2012

### **Druck**

BMWi

### **Gestaltung und Produktion**

PRpetuum GmbH, München



Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie herausgegeben. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

