

# **Abschlussbericht**

**Berichtszeitraum 01.10.1999 - 31.3.2002**

Erstellt von:

Christian Schild  
Christian Müller-Böhm

**IPv6 im WiN - JOIN Referenzzentrum  
(Vertrag Nr. TK 602 - NT 117)**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Zentrum für Informationsverarbeitung

31. März 2002

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Übersicht über wesentliche Aktivitäten</b>	<b>3</b>
2.1	Unterhaltung von IPv6-Konnektivität . . . . .	3
2.1.1	6bone . . . . .	3
2.1.2	Kooperationen . . . . .	5
2.1.2.1	Task Force – Next Generation Network . . . . .	5
2.1.2.2	Kooperationsprojekt mit T-Nova . . . . .	6
2.1.2.3	6NET . . . . .	7
2.1.3	IPv6-DNS-Server . . . . .	7
2.1.4	6WiN . . . . .	8
2.1.5	Testlabor . . . . .	10
2.1.5.1	Laborvorbereitungen für das 6WiN . . . . .	10
2.1.5.2	Status des 6WiN . . . . .	11
2.1.5.3	Referenzinstallationen . . . . .	14
2.2	Internationale Aktivitäten . . . . .	16
2.2.1	Zuweisung der Produktionspräfixe von RIPE . . . . .	16
2.2.2	DNAME und A6 Resource Records . . . . .	17
2.3	Unterstützung des DFN-Vereins . . . . .	18
2.3.1	Beratungsaktivitäten . . . . .	18
2.3.2	Anschluss von DFN-Mitgliedern . . . . .	19
2.3.3	DFN-Betriebstagen . . . . .	20
2.4	Informationsbereitstellung . . . . .	20
2.4.1	Websserver . . . . .	20
2.4.2	FTP-Server . . . . .	20
2.4.3	Mailingliste . . . . .	22
2.4.4	Vorträge und Veröffentlichungen . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Beurteilung der Ergebnisse</b>	<b>23</b>
3.1	Motivation für die Einführung von IPv6 . . . . .	23
3.2	Integration von IPv6 . . . . .	24
3.3	Neue Kooperationen und IPv6-Netzaufbau . . . . .	25
<b>4</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>27</b>
<b>A</b>	<b>6bone Übersicht</b>	<b>29</b>
A.1	Internationale 6bone Backbone Peerings . . . . .	29
A.2	Nationale 6bone Backbone Peerings . . . . .	30
A.3	Internationale NLA-Präfix Zuweisungen . . . . .	30
A.4	Nationale NLA-Präfix Zuweisungen . . . . .	30

<b>B</b>	<b>IPv6 Domain Name Service</b>	<b>35</b>
B.1	Master Domain Name Service . . . . .	35
B.2	Master Reverse Domain Name Service . . . . .	35
B.3	Reverse DNS Delegationen . . . . .	35
B.4	Slave Domain Name Service . . . . .	38
B.5	Slave Reverse Domain Name Service . . . . .	38

# 1 Zusammenfassung

Im JOIN-Projekt konnte die Verbreitung von IPv6-Konnektivität weiter gefördert werden. Der zu Beginn des Projektes bereits vorhandene 6bone-Backbone-Knoten konnte genutzt werden, um zahlreiche Interessierte an das IPv6-Testnetz 6bone anzuschließen. Zum Projektende waren dies über 110 Kundenstandorte. In verschiedenen Kooperationsprojekten konnten daneben insbesondere im letzten Projektabschnitt nationale und internationale IPv6-Netze aufgebaut werden. Intern im DFN-Netz wurde das 6WiN gestartet und vielfach mit externen Netzen (6bone, 6NET, IPv6-Showcase) verknüpft. Nachdem den Kunden anfänglich im Rahmen des 6bone IPv6-Testadressen zur Nutzung zugeteilt wurden, konnten – sobald der DFN ein offizielles Präfix von RIPE bekommen hatte – auch Produktionspräfixe an die DFN-Mitgliedseinrichtungen zugewiesen werden. Einhergehend hierzu konnte die Delegation von reversen IPv6-Adressen in den Nameservice des DFN integriert werden. Die Anzahl der delegierten reversen Zonen und der Zonen für die der JOIN-Nameserver als Slaveserver zur Verfügung stand, hat sich im Laufe des Projektes auf ca. 120 in etwa vervielfacht.

Das JOIN-Team hat über die gesamte Projektlaufzeit die aktuellen Weiterentwicklungen und den Fortschritt von IPv6 begleitet. Auf diversen Diskussionslisten und Entwicklungsforen haben die JOIN-Mitarbeiter mitgearbeitet. Dabei wurde zum Beispiel zum unklaren Status bei den Nameservice Resource Records oder bei der unzureichenden globalen Richtlinie zur Adressvergabe über die Konsequenzen aufgeklärt und auf den Diskussionslisten, aber auch auf relevanten Treffen wie RIPE-NCC-Meeting und IPv6-Forum, wurde an Lösungen mitgewirkt.

Den Mitgliedseinrichtungen des DFN wurde bei vielfältiger Fragestellung bezüglich IPv6 Auskunft gegeben und praktisch geholfen. Die häufigsten Themen hierbei waren Integration von IPv6 in den Nameservice, Konfiguration und Aufbau des lokalen IPv6-Netzes, Anschluss des eigenen Netzes an das globale IPv6-Netzwerk, Routing-Problematiken mit IPv6 und Integration von IPv6 in bestehende Applikationen. Aber auch Fragen rund um das Design und das Konzept von IPv6 und die Neuerungen von IPv6 gegenüber IPv4 standen wiederholt an. Um die Probleme der Kunden nachzuvollziehen, musste wiederholt das JOIN-Labor mit dessen Referenzinstallationen von Routern, Betriebssystemen und Applikationen eingesetzt werden. Im Labor wurden zudem Testszenarien und -konfigurationen ausprobiert, um den Kunden die besten Lösungen, zum Beispiel bei Konfigurationsbeispielen für alle Arten der IPv6-Konnektivität auf verschiedenen Plattformen, bei der Integration von IPv6 in Betriebssysteme und bei der Kompilierung und Konfiguration verschiedener Applikationen mit IPv6-Funktionalität empfehlen zu können. Mit Hilfe dieser vorsorgenden Tests konnten die Kundenanfragen schnell und effektiv beantwortet werden. Da für das Netzwerkmanagement während der kompletten Projektlaufzeit noch keine professionellen Tools verfügbar waren, wurden im Rahmen der Möglichkeiten eigene Hilfsmittel entwickelt, um den IPv6-Verkehr wenig-

stens minimal überwachen zu können. Diese Tools wurden zum Teil in den JOIN-Webserver integriert und so den Kunden als Informationsquelle zur Verfügung gestellt. Auf fünf Betriebstagen des DFN wurden Vorträge über IPv6 gehalten. Im von JOIN-Team organisierten IPv6-Foren wurde zu verschiedenen aktuellen Themen zu IPv6 informiert.

Nachdem der DFN-Verein das Produktionspräfix von RIPE-NCC erhalten hatte, wurde für den DFN-Verein eine Studie zur Adressvergabe im DFN-Umfeld erstellt. In Absprache mit dem DFN wurde auf Basis dieser Studie auch das Produktionspräfix aufgeteilt. Den Mitgliedseinrichtungen des DFN wurden auf Anfrage NLA-Präfixe zugeteilt. Ebenso wurde der DFN bei der Integration von IPv6 in den DFN-Nameservice unterstützt. Im Zuge des Aufbaus des 6WiN wurde die Studie zur Adressvergabe um die Möglichkeiten der Interface-Adressierung im Backbone erweitert, die bei der späteren Konfiguration des 6WiN genutzt wurden. In Kooperationsprojekten (TF-TANT und TF-NGN) mit den europäischen Betreibern der Forschungsnetze, aber auch mit einigen fortschrittlichen kommerziellen Netzbetreibern, wurden Erfahrungen ausgetauscht.

Alle wichtigen Fakten und Erkenntnisse zu IPv6 wurden auf dem JOIN-Webserver veröffentlicht. Dazu gehörten unter anderem der Status von IPv6-Implementationen, IPv6-Hardware und -Software sowie Links zu Seiten anderer Informationsanbieter. Ebenso wurde der Status des 6bone-Knotens ständig aktualisiert und alle Kunden, die über JOIN an das 6bone angeschlossen sind, sowie Informationen über diese Kunden waren auf den Webseiten zu finden. Es wurden alle Drafts und RFCs zur Standardisierung von IPv6 auf aktuellem Stand gehalten und alle neuen Dokumente ständig hinzugefügt und thematisch vorsortiert. Zur Überwachung der Netzwerkkonnektivität mit IPv6 und des IPv6-Datenverkehrs waren Webseiten und Webtools verfügbar. Um die Integration von IPv6 voranzutreiben, wurden zahlreiche IPv6-Veranstaltungen besucht, häufig mit eigenen Vorträgen der JOIN-Mitarbeiter. Eine komplette Liste der Vorträge des JOIN-Teams findet sich ebenfalls auf den Webseiten.

## 2 Übersicht über wesentliche Aktivitäten

### 2.1 Unterhaltung von IPv6-Konnektivität

#### 2.1.1 6bone

Die Arbeitsgruppe JOIN<sup>1</sup> verwaltet einen der größten Backbone-Knoten im IPv6-Testnetz *6bone*. Alle Interessenten, die an das 6bone angeschlossen werden wollen, erhalten über JOIN Zugang durch einen fest konfigurierten Tunnel. Dabei wird nicht nach DFN-Mitgliedschaft oder Nicht-Mitgliedschaft unterschieden. Bei Anfragen aus der Industrie wird lediglich Wert darauf gelegt, dass der Tunnel ausschließlich zu Testzwecken und nicht zum kommerziellen Nutzen verwendet wird.

In der täglichen Arbeit des JOIN-Projektes machte der Betrieb des 6bone Backbone-Knotens einen Anteil von 20-25 % aus. In dieser letzten Phase des Projektes hat sich außerdem die Arbeit am internationalen IPv6-Testnetz 6bone teilweise mit der am 6WiN, wo ein eigenes native IPv6-Testnetz in Betrieb genommen wurde (siehe Abschnitt 2.1.4), überschritten. Das JOIN-Team hat alle anfragende DFN-Kunden sofort mit einem Produktionspräfix des zukünftigen IPv6 Netzes (siehe Abschnitt 2.1.5.2) versorgt, anstatt nur mit einem Testpräfix des 6bones.

	Sep. '00		März '01		März '02
	Anzahl	Zuwachs/ Abgang	Anzahl	Zuwachs/ Abgang	Anzahl
Backbone-Peerings					
national	1	+2/-0	3	+1/-0	4
international	17	+4/-0	21	+5/-3	23
Kundentunnel					
national	70	+22/-1	91	+19/-7	103
international	4	+6/-1	9	+4/-0	13
Präfix Delegationen					
national	80		120		149
international	4		9		13

Tabelle 1: Anzahl von 6bone-Tunneln und Präfixdelegationen

In den letzten 12 Monaten sind vergleichsweise wenig Neukunden zum 6bone hinzugekommen. So wurden nur 33 neue Präfixe zugewiesen (im Zeitraum vorher 45) und von diesen Kunden wurden nur 23 mit einem Tunnel angeschlossen (im Zeitraum vorher 28). Die Tabellen im Anhang A.3 und A.4 zeigen eine Auflistung aller zugewiesener Präfixe zum Ende des Berichtszeitraums. Auf dem JOIN

<sup>1</sup>JOIN: Join Open InterNetworks

Informations-Server findet sich ständig eine aktuelle Liste<sup>2</sup>.

Der Rückgang der angeschlossenen 6bone-Kunden hat mehrere Gründe. Zum einen wurden seit Februar 2001 Präfixe sehr viel restriktiver (siehe vorhergehender Tätigkeitsbericht) vergeben, da nun zwingend der Betrieb eines Nameservers und ein gültiger Eintrag in der 6bone-Registry notwendig war. Um bereits im Vorfeld eventuelle Kunden zu informieren, wurde eine ausführlichere Webseite 'Teilnahme am 6bone'<sup>3</sup> eingerichtet und auch gut frequentiert. Zum anderen konnte vielen Antragstellern, die nur einen einfachen Zugang zum 6bone gesucht haben, anstelle eines 6bone-Tunnels alternative Anschlussmöglichkeiten (Tunnel-Broker, Freenet-Tunnel) empfohlen werden.

Die restriktivere Vergabepolitik hat aber den Arbeitsaufwand am 6bone letztlich nicht wie erhofft verringert, da die Anzahl der Anfragen selbst nicht wirklich zurückgegangen ist. Auch die abschlägigen Anfragen und Verweise auf Alternativen mussten bearbeitet werden. Zudem mussten die zusätzlich geforderten Bedingungen geprüft und mit den Kunden zusammen eingerichtet werden, denn die von ihnen allein erstellten 6bone-Registry-Einträge waren häufig fehlerhaft oder unvollständig. Die Kunden mussten auch bei der Einrichtung des für die 6bone-Teilnahme notwendigen Nameservers und die Konfiguration der reversen Zone beratend unterstützt werden.

Vor allem DFN-Kunden haben den 6bone-Tunnel abschalten lassen (siehe Tabelle 1) und ihr Präfix durch ein Produktionspräfix des DFN (2001:638::/35) ersetzt. Die drei abgeschalteten internationalen Verbindungen waren zum Zweck der Routen-Optimierung ebenfalls mit ihrem Produktionspräfix neu auf einem 6WiN-Router (siehe Abschnitt 2.1.5.1) geschaltet worden.

In den letzten zwölf Monaten des Projektes kam es vermehrt zu Anfragen von Privatpersonen, Softwarehäusern und Providern. Während den Privatpersonen bis auf sehr wenige Ausnahmen mit den oben erwähnten Alternativen zu einem Tunnel über JOIN geholfen werden konnte, wurde bei Firmen, die nicht aus dem Forschungs- und Entwicklungsbereich kamen, sehr viel genauer geprüft, ob ein Tunnel geschaltet werden durfte. Softwarefirmen wurde ein Tunnel eingerichtet, wenn sie ihn für Tests ihrer Softwareprodukte einsetzen wollten. Vielen Providern, die den Tunnel dazu nutzen wollten, um ihren Kunden – auch kostenlos – IPv6-Konnektivität anzubieten, wurde jedoch aus Wettbewerbsgründen kein Anschluss zum 6bone gewährt. Sie wurden im Rahmen des Kooperationsprojektes mit der Deutschen Telekom AG (siehe Abschnitt 2.1.2.2) an diese verwiesen.

---

<sup>2</sup><http://www.join.uni-muenster.de/6bone/6bone-join-nla.html>

<sup>3</sup><http://www.join.uni-muenster.de/6bone/6bone-teilnahme.html>

## 2.1.2 Kooperationen

### 2.1.2.1 Task Force – Next Generation Network

Terena und Dante unterstützen die Arbeitsgruppe TF-NGN<sup>4</sup>. Diese Gruppe beschäftigt sich mit dem Test und der Einführung von neuen Technologien im europäischen Kontext für den Netzwerkverbund GÉANT<sup>5</sup>. JOIN arbeitet an den IPv6-Projekten dieser Gruppe mit.

Die Arbeitsgruppe tagt regelmäßig alle 2-3 Monate, JOIN hat an allen Tagungen teilgenommen.

- 02.-03. April 2001 in Prag, Tschechien
- 18.-19. Juni 2001 in Tromsø, Norwegen
- 15.-16. Oktober in Athen, Griechenland
- 10.-11. Januar in Genf, Schweiz

Agenda und Minutes dieser Meetings finden sich im Web<sup>6</sup>. Mitte des Jahres 2002 war ein erstes Deliverable<sup>7</sup> abzugeben. Das JOIN-Team hat Teile seiner Aktivitäten darin aufgeführt.

Das QTPSIX-Netzwerk aus dem Vorgängerprojekt TF-TANT, das aus einem zentralen Telebit-Router in Amsterdam und Native- oder Tunnel-Verbindungen zu allen NRNs<sup>8</sup> bestand, wurde aufgelöst. Ursprünglich war geplant statt der Sterntopologie nun ein vermaschtes Netz oder eine Ringtopologie zwischen den NRNs aufzubauen. Dies wurde aber bereits im neuen 6NET-Projekt (siehe Abschnitt 2.1.2.3) realisiert und viele der TF-NGN-Mitglieder nahmen auch am 6NET-Projekt teil.

Da aber nicht alle TF-NGN-Mitglieder in beiden Projekten vertreten waren, wollte man für eigene vom 6NET unabhängige Tests ein eigenes Netzwerk aufbauen. Ein dazu benötigter Router wurde in Paris mit Verbindungen zu allen NRNs aufgebaut. Im Unterschied zum QTPSIX-Netzwerk sind alle NRN über einen IPv6-in-IPv4-Tunnel angebunden, und im Gegensatz zu einem einzigen 6bone-Testpräfix benutzt nun jeder sein eigenes Produktionspräfix.

---

<sup>4</sup>TF-NGN: **T**ask **F**orce – **N**ext **G**eneration **N**etwork

<sup>5</sup>GÉANT: **G**igabit **É**uropean **A**cademic **N**e**T**work

<sup>6</sup><http://www.dante.net/tf-ngn/meetings.html>

<sup>7</sup><http://www.dante.net/tf-ngn/D9.3.pdf>

<sup>8</sup>NRN: **N**ational **R**esearch **N**etwork

### 2.1.2.2 Kooperationsprojekt mit T-Nova

Das Zentrum für Informationsverarbeitung (ZIV) der Universität Münster hat im Oktober 2001 anlehnend an das JOIN-Projekt ein weiteres IPv6-Projekt in Kooperation mit der T-System Nova Berkom GmbH (T-Nova) begonnen. T-Nova ist eine Tochtergesellschaft der Deutschen Telekom AG und ist für die Erforschung und Integration von technologischen Neuentwicklungen im Netzwerk der Deutschen Telekom AG verantwortlich.

In diesem neuen Projekt *IPv6-Showcase* soll unter Beweis gestellt werden, dass IPv6 in einer produktiven Umgebung einsatzfähig ist. Davon soll eine deutliche Signalwirkung für den deutschen Raum ausgehen, um möglichst viele Internet Service Provider (ISP) und Kunden zu einer Einführung von IPv6 zu bewegen.

Dieses Ziel wird durch mehrere Teilaspekte im Projekt verwirklicht. Viele dieser Teilziele decken sich mit den Aufgabenbereichen des JOIN-Projektes und das neue Kooperationsprojekt wurde mit der Erwartung hoher Synergieeffekte gestartet.

Ein erster wichtiger Schritt ist dabei die Schaffung eines deutschlandweiten Backbones. Dies wird vom JOIN-Team durch den Aufbau des 6WiN (siehe Abschnitt 2.1.4) realisiert. Auf Seiten der Telekom AG wird ein ganz ähnliches Backbone an drei Standorten aufgebaut. Die beiden Netze sollen dann in Berlin und Münster verknüpft werden.

In einem nächsten Schritt sollen Kunden an dieses gemeinsame Backbone angeschlossen werden. Dies wurde von JOIN-Team bereits teilweise im Vorfeld realisiert (siehe Abschnitt 2.1.5.2). T-Nova versucht ihrerseits mit der Suche nach sogenannten 'friendly users' einen Kundenstamm für ihr IPv6-Netz zu gewinnen.

Um für Kunden diese IPv6-Netze auch attraktiv zu machen, sollen alle Basisdienste angeboten werden, die man im Internet benötigt. Dazu gehören Dienste wie WWW, DNS, FTP, Mail, aber auch spezielle Angebote, wie NTP, Multicast und IRC. Diese Dienste sind neben vielen anderen bereits jetzt mit IPv6-Support verfügbar und sollen im 6WiN eingerichtet werden. Sobald neue, weitere Dienste und Anwendungen auf IPv6 portiert wurden, werden auch diese integriert.

Während der Termin für das Projektende (September 2002) von vornherein festgelegt war, musste das Kooperationsprojekt zu Beginn mit großer Verzögerung starten. Ursprünglicher Starttermin war Mai 2001, der Vertrag konnte allerdings erst im November 2001 unterzeichnet werden. Diese und weitere Verzögerungen bei der Lieferung der für das 6WiN notwendigen Router hatten dazu geführt, dass das ursprünglich beabsichtigte Aufgabenpaket nicht wie geplant durchgeführt werden konnte, sondern zunächst verkleinert und dann zeitlich verzögert werden musste.

Ebenfalls negativ hat sich die unsichere Situation bei der Verlängerung des JOIN-Projektes – zunächst nur kostenneutrale Verlängerung um 6 Monate, dann unbestimmter Zeitpunkt für einen Neustart – ausgewirkt. Dadurch war keine angemessene Personalplanung möglich und auch potentielle neue Mitarbeiter konnten nicht für dieses Kooperationsprojekt eingestellt werden.

### 2.1.2.3 6NET

In der zweiten Hälfte des Jahres 2001 hat das JOIN-Team mit der Planung eines weiteren IPv6-Projektes begonnen. Auf den TF-NGN-Tagungen waren Vertreter der Cisco Systems AG an die NRNs herangetreten mit dem Wunsch nach einem europäischen Großprojekt, an dem die NRNs beteiligt werden sollten.

Nach mehrmonatiger Feinplanung hat die Europäische Kommission das Projekt im Rahmen des *Fifth Framework Programme* – ein europäisches Programm zur Förderung von Forschung und technologischer Entwicklung – bewilligt. So konnte zum Januar 2002 das Projekt mit Namen *6NET*<sup>9</sup> gestartet werden. Beteiligt sind 31 Partner aus Forschung und Industrie, darunter Firmen wie Cisco, IBM und Sony, Forschungsnetze aus elf Ländern sowie diverse Universitäten und Forschungseinrichtungen. Die Westfälische Wilhelms-Universität mit dem Zentrum für Informationsverarbeitung ist als Assistant Contractor des DFN einer der Teilnehmer.

Das 6NET-Projekt ist in mehrere Aufgabenbereiche eingeteilt. Das JOIN-Team nimmt in allen Bereichen teil, die mit den sonstigen Arbeiten des JOIN-Projektes harmonieren, in denen bisher bereits Erfahrungen gesammelt wurden und in denen ein weiterer Knowhow-Ausbau zu erwarten ist:

- Aufbau und Betrieb eines IPv6-Netzwerkes
- IPv4-IPv6 Koexistenz, Interoperabilität und Migration
- Basisnetzwerkdienste (Routing, DNS/DHCP, Security)
- IPv6 Management-Architektur und -Tools
- Veröffentlichung und Verbreitung von Ergebnissen

### 2.1.3 IPv6-DNS-Server

Der IPv6-fähige JOIN-Nameserver wird weiterhin rege genutzt. In den letzten zwölf Monaten des Projektes hat sich dabei nicht nur die Anzahl der Kunden erhöht, sondern es sind auch Domains mit dem Präfix 2001: und mit der neuen Root-Domain `ip6.arpa`, die die bisherige Zone `ip6.int` in Zukunft ablösen soll, hinzugekommen.

---

<sup>9</sup>6NET Projekt Homepage: <http://www.6net.org>

Seit Beginn des Jahres 2001 verteilt der DFN Produktionspräfixe aus seinem Präfixbereich `2001:638::/35` an anfragende Einrichtungen. Die Delegation von reversen Zonen aus diesem Adressbereich übernimmt der DFN unabhängig von JOIN selbst. Für diese reversen Zonen wird vom JOIN-Projekt auf Wunsch der Einrichtungen ein Slave-Service angeboten. Damit sind im Dienst des JOIN-Nameservers nun Zonen aus dem Bereich `8.3.6.0.1.0.0.2.ip6.int.` vorhanden. Da JOIN einen Nameserver mit Bind 9.2.0 betreibt, kann dieser Dienst – wenn erwünscht – auch über IPv6-Datenverkehr erfolgen.

Die IETF<sup>10</sup> hat im August 2001 beschlossen, dass A6- und DNAME-Records auf den Status 'experimentell' gesetzt werden sollen (zu den Gründen siehe Abschnitt 2.2.2). Verkettete A6/DNAME-Records werden schon längere Zeit im JOIN-Nameserver für die 6bone-Präfixe angeboten. JOIN wird diesen Dienst auch zukünftig anbieten, da er trotz der Statusänderung weiterhin von Kunden genutzt wird.

Ebenso wird JOIN weiterhin A6-Records anbieten, da nur damit die Methode des Renumbering erfolgversprechend zu sein scheint. In der eigenen Zone `ipv6.uni-muenster.de` werden weiterhin A6-Records zur Abfrage vorgehalten. Dabei wurde A6-Synthese aktiviert. Mit diesem Feature kann der Nameserver AAAA-Requests beantworten, selbst wenn nur A6-Records vorhanden sind; der AAAA-Record wird in diesem Fall vom Nameserver selbst zusammengebaut.

Neu ist auch die Nutzung der Root-Domain `ip6.arpa`. Diese kann bisher jedoch nur für Produktionsadressen aus dem `2001::`-Bereich benutzt werden (siehe Abschnitt 2.2.2). Für 6bone-Adressen (`3ffe::/16`) besteht noch keine Root-Delegation. Im JOIN-Nameserver konnten die Delegationen daher noch nicht von `.ip6.int` auf `.ip6.arpa` umgestellt werden. Anders ist dies bei den vom DFN delegierten Produktionsadressen. Von denen hat allerdings bisher lediglich einer der Kunden, der den Slaveservice auf dem JOIN-Nameserver nutzt, seine Zone umgestellt.

#### 2.1.4 6WiN

Während die Software- und Router-Entwicklung große Fortschritte in Sachen IPv6 gemacht hat, fehlte es immer noch an echten IPv6-Netz-Strukturen. Zwar gibt es das 6bone, dies ist aber ausschließlich aus punktförmigen IPv6-Inseln zusammengesetzt, die immer noch das vorhandene IPv4-Netz benutzen und über IPv6-in-IPv4-Tunnel kommunizieren.

Um die Einführung von IPv6 wirklich voranzubringen, wurde der Bedarf nach native IPv6-Netzen, an denen ein realer Betrieb durchgeführt und getestet werden

---

<sup>10</sup>Internet Engeneering Task Force: <http://www.ietf.org>

kann, immer größer. Im Rahmen des Kooperationsprojektes mit der Deutschen Telekom AG (siehe Abschnitt 2.1.2.2) war es dem JOIN-Team möglich, ein deutschlandweites IPv6-Netz für den DFN zu planen und aufzubauen. Dieses neue, native und dedizierte IPv6-Netzwerk wird *6WiN* genannt. Es lehnt sich in seiner Struktur an das G-WiN<sup>11</sup> an. Von dessen zehn Level-1-Kernnetzstandorten wurden für den Anfang fünf ausgewählt. Berlin, Erlangen, Essen, Frankfurt und Hamburg sollen untereinander mit sechs separaten und von G-WiN unabhängigen 34-MBit-Leitungen verbunden werden (siehe Abbildung 1), auf denen ausschließlich IPv6-Datenverkehr fließen soll. Jeder 6WiN-Router erhält außerdem eine direkte Verbindung zum IPv4-Netz des G-WiNs. Die Anbindung von Universitäten und anderen DFN-Mitgliedern an dieses Netzwerk geschieht dann wiederum mit Hilfe der bewährten Tunnel-Technologie zum jeweils topologisch nächstgelegenen 6WiN-Standort.

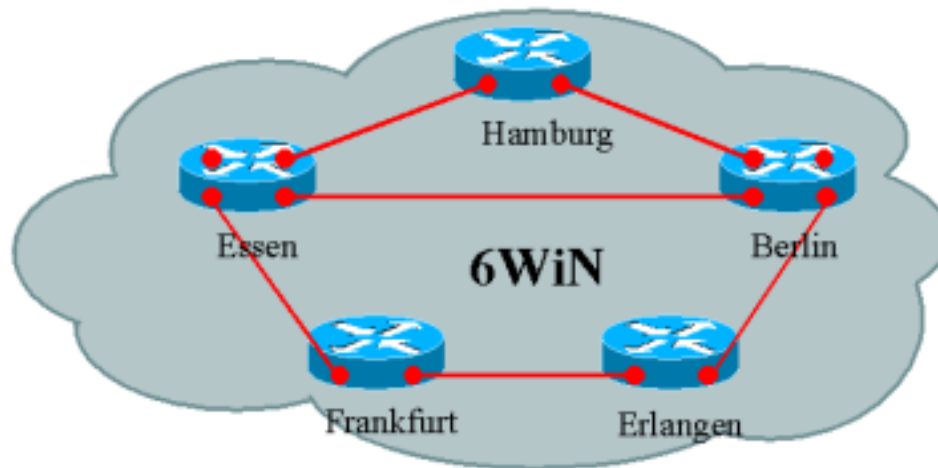


Abbildung 1: 6WiN Standorte und Verbindungen

Natürlich wäre es wünschenswert, wenn auch die DFN-Mitgliedseinrichtungen über eine native – also nicht getunnelte – IPv6-Leitung an das Kernnetz angeschlossen werden würden. Dies ist in der Regel vielen aufgrund der damit anfallenden Leitungskosten aber nicht möglich. Trotzdem besteht die Hoffnung, wenigstens einige Mitgliedseinrichtungen native anzuschließen. Dies sollte an allen 6WiN-Kernnetzstandorten (zum Beispiel in Erlangen) möglich sein. Zudem haben bereits einige Universitäten von sich aus Interesse bekundet. Zum Beispiel hat die TU-Braunschweig bereits erwogen, ihre Zugangsleitung zum DFN in IPv4 und IPv6 aufzuspalten. Die Universität Münster wird ebenfalls native angeschlossen

<sup>11</sup>G-WiN: Gigabit-Wissenschafts-Netz

werden. Dies ist für die beiden Kooperationsprojekte IPv6-Showcase und 6NET notwendig. Schließlich wird das 6bone außerhalb der Tunneltechnik erreichbar, was zur Entlastung des G-WiN-Anschlusses der Universität beiträgt.

Das 6WiN soll in naher Zukunft national und international native an andere vergleichbare IPv6-Netze angeschlossen werden. Geplant sind Übergänge in Frankfurt zum europäischen 6NET und über das DeCIXv6 zu anderen deutschen IPv6-Netzwerkbetreibern sowie in Berlin und Münster zum IPv6-Testnetz der Deutschen Telekom AG, worüber wiederum das europäische Euro6IX-Netzwerk<sup>12</sup> erreichbar sein wird. Der 6bone-Knoten in Münster agiert weiterhin als IPv6-Backbone für alle IPv6-Netze, die nicht über diesen großräumigen native IPv6-Netzwerkverbund erreichbar sind.

### **2.1.5 Testlabor**

JOIN verfügt über ein Testlabor mit zahlreichen Routern und Hosts, an denen IPv6-Tests durchgeführt werden können. In den letzten Monaten sind keine größeren Testaufbauten im Labor gemacht worden, lediglich Erweiterungen und Umbauten, die vorbereitend für den Aufbau des 6WiN notwendig waren.

#### **2.1.5.1 Laborvorbereitungen für das 6WiN**

Bereits im letzten Tätigkeitsbericht wurde von der Aufteilung von 6bone- und DFN-Produktionspräfix auf zwei separate Router berichtet. Dies hat sich als sehr wertvoll für die Planung und den Betrieb des zukünftigen 6WiN erwiesen, da das 6WiN so im Labor nachgestellt und testweise erprobt werden konnte.

Einer der beiden Router (ein Cisco 4500) hat dabei frühzeitig produktive Aufgaben übernommen und agiert von Beginn an als erster und einziger 6WiN-Router. Solange das reale 6WiN noch nicht aufgebaut und betriebsbereit ist, simuliert dieser Router das komplette 6WiN. Anstatt die Mitgliedseinrichtungen über einen IPv6-in-IPv4-Tunnel an ihren topologisch nächstgelegenen 6WiN-Backbone-Standort anzuschließen, enden vorläufig alle Tunnelenden auf diesem zentralen Router. Nachdem die Feinplanung für die Struktur des 6WiN geklärt war, wurde schnell klar, dass zusätzlich die Kommunikation mit einem internen Routing-Protokoll getestet werden musste.

---

<sup>12</sup>Euro6IX Homepage: <http://www.euro6ix.net>

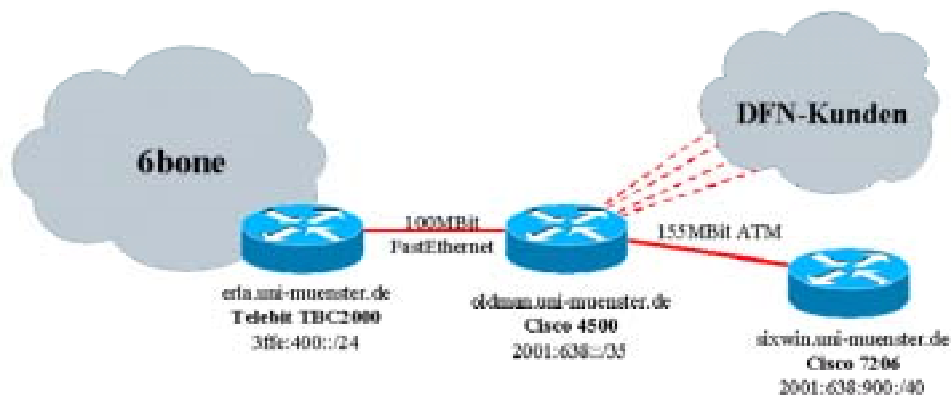


Abbildung 2: Übersicht des provisorischen 6WiN im JOIN-Labor

Zu diesem Zweck wurde ein weiterer Router (Cisco 7206) an das Testnetz angeschlossen, der fortan einen weiteren 6WiN-Kernnetzstandort simuliert hat (siehe Abbildung 2). Zwischen den beiden Cisco-Routern konnten dann – in Vorbereitung auf den späteren Betrieb des 6WiN – die Routing-Protokolle mit statischem Routing, BGP und IBGP getestet werden. Zum Testzeitpunkt standen weitere wünschenswerte Routing-Protokolle wie ISISv6 und OSPFv3 noch nicht im Cisco-IOS zur Verfügung. Es konnte jedoch mit IBGP erfolgreich internes Routing zwischen den beiden Cisco Routern aufgesetzt werden.

Mit dem dritten Router (Telebit), der immer noch als 6bone-Backbone-Knoten agiert und so die Verbindung nach außen darstellt, konnten Tests zum Routing an ein externes Netz über eine native Verbindung gemacht werden.

### 2.1.5.2 Status des 6WiN

Der Aufbau des 6WiN sollte ursprünglich bereits im Jahr 2001 stattfinden. Durch erhebliche Verzögerungen – zunächst durch den späten Projektabschluss mit der Deutschen Telekom AG im November 2001 statt im Mai, dann durch Lieferverzögerungen der notwendigen Komponenten für das 6WiN bis zum März 2002 statt November 2001 – ist das 6WiN leider immer noch nicht betriebsbereit. Erst im Februar 2002 waren vier der fünf Standorte aufgebaut und es konnte mit Konfiguration und Tests der Router begonnen werden.

Es war von vornherein geplant, am 6WiN zunächst die oben genannten internen Routing-Protokolle zu testen, um zum einen alle möglichen Konfigurationsbeispiele anbieten zu können und um zum anderen die beste Lösung für den späteren stabilen Betrieb auszuwählen. Nachdem nun vier Geräte im Einsatz waren, konnten Details getestet werden, die mit nur zwei Routern nicht machbar waren.

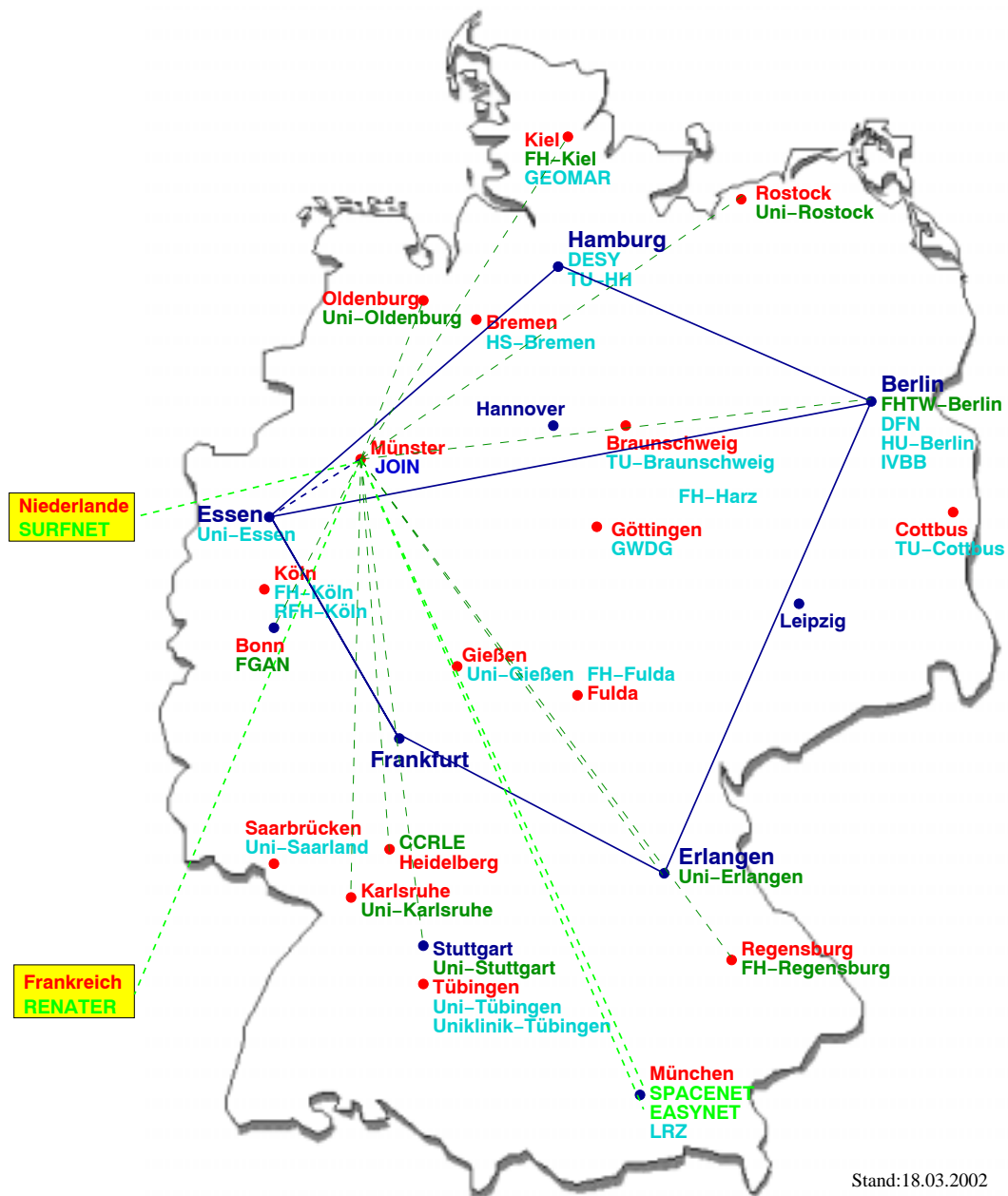


Abbildung 3: Aktueller Status des 6WiN

Bisher sind noch keine DFN-Mitgliedereinrichtungen an das 6WiN angeschlossen, sondern alle Tunnel enden nach wie vor im JOIN-Labor. Dies war primär deswegen notwendig, da insbesondere von denjenigen Nutzern, die bereits mit ihrem Produktionspräfix angeschlossen waren, ein möglichst stabiler Betrieb erwartet wurde.

Bereits im Laborbetrieb war diese Erwartungshaltung eher hinderlich, da während aller durchgeführten Tests dieser produktionsnahe Betrieb nicht gefährdet werden durfte. Auch im 6WiN sollen die Kunden erst aufgeschaltet werden, wenn das Routing fehlerfrei und stabil implementiert ist. Der 6WiN-Ring ist also noch immer im Testbetrieb und ohne Konnektivität nach außen.

Es sind allerdings schon eine Vielzahl von DFN-Mitgliedseinrichtungen an dem 6WiN-simulierenden Router im Labor angeschlossen (siehe auch Abbildung3):

- Universität Münster
- FHTW Berlin
- Universitae Europe Ltd CCRLE
- FGAN e. V.
- Fachhochschule Regensburg
- Fachhochschule Kiel
- Universität Erlangen
- Universität Stuttgart
- Universität Karlsruhe
- Universität Oldenburg
- Universität Rostock
- Kommunikationsnetz Franken e.V.

Für DFN-Mitglieder ist es möglich IPv6-Präfixe vom DFN zu beziehen, die notwendigen Informationen werden vom DFN zur Verfügung gestellt<sup>13</sup>.

Zusätzlich zu den Tunneln zu DFN-Mitgliedseinrichtungen existieren auf dem Router auch noch einige Tunnel zu anderen IPv6-Netzen mit ihrem eigenen Produktionspräfix aus dem 2001::/16-Bereich:

- Spacenet
- Easynet
- Renater (Frankreich)
- Surfnet (Niederlande)

Es gab einige Anfragen anderer IPv6-Netze, einen externen Tunnel zu ihnen zu schalten. Dafür konnten sich nur die obigen vier qualifizieren, denn nur sie hatten ein direktes Peering zum DFN, das nötig ist, um die Anzahl der IPv4-Hops möglichst klein zu halten. Dies ist dem JOIN-Team vor allem in Hinblick auf die zukünftige Integration des 6WiN in das Betriebsnetz des DFN wichtig.

---

<sup>13</sup><http://www.dfn.de/service/ipv6/vergabe.html>

### 2.1.5.3 Referenzinstallationen

Um DFN-Mitgliedseinrichtungen angemessenen Support liefern zu können, wurden diverse Referenzinstallationen, sowohl für Router- und Rechnerbetriebssysteme, als auch für Anwendungssoftware vorgenommen. Die meisten Erprobungen auf dieser Liste wurden für den späteren 6WiN-Einsatz vorbereitet. Dazu musste das JOIN-Labor umkonfiguriert und umgebaut werden.

#### Router

Im Rahmen der Vorbereitungen für das 6WiN wurden hauptsächlich Funktionalitäten auf den Cisco 4500 und Cisco 7206 Routern getestet und erfolgreich zum Einsatz gebracht.

Eingesetzte IOS-Version (IOS 12.2(2)T, IOS 12.2(2)T2 und IOS 12.2(4)T1):

- c4500-is-mz.122-0.5.T
- c7200-is-mz.122-0.5.T
- c7200-is-mz.20010714
- c7200-is-mz.20011207
- c7200-jk8s-mz.122-4.T1.bin

Überprüfte Funktionalität:

- IPv6-in-IPv4 Tunnel
- native IPv6 + IPv4
- native IPv6-only
- native IPv6-over-ATM
- native IPv6-over-GE
- BGP4+ mit IPv6
- IBGP mit IPv6
- statisches Routing mit IPv6
- IPv6-Präfix Filtering
- SSH-Zugang mit/ohne IPv6

## Betriebssysteme

Folgende Betriebssysteme wurden installiert und mit IPv6 eingerichtet:

- Linux-Distribution Mandrake 8.0 mit Kernel Version 2.4.1
- Linux-Distribution Mandrake 8.1 mit Kernel Version 2.4.8
- Linux Kernel Versionen 2.4.12 und 2.4.17 mit/ohne USAGI-Patches
- Windows 2000
- Windows XP

IPv6-Support ist in allen heute gängigen Betriebssystemen vorhanden. Dabei ist häufig nur von der Aktualität der Betriebssystem-Version abhängig wie gut oder wie schlecht IPv6 integriert wurde. So ist Windows XP mit integriertem (wenn auch undokumentiertem) IPv6-Support jederzeit einem Windows 2000 oder NT4 vorzuziehen, die extra gepatcht werden mussten. Bei Linux verhält es sich umgekehrt, hier hat der Kernel zwar ebenfalls integrierte IPv6-Funktionalität, die für den Basisbetrieb ausreicht, um jedoch neueste Features von IPv6 (z. B. IP-Sec, Mobile-IPv6, ISATAP) nutzen zu können, benötigt man Patches, die in der USAGI-Gruppe<sup>14</sup> entwickelt werden. Den wohl am weitesten entwickelten IPv6-Support gibt es in den BSD-Varianten, da hier mit langjähriger Erfahrung japanischen Gruppen (KAME<sup>15</sup>, WIDE<sup>16</sup>) mit der Integration beschäftigt sind.

## Applikationen

Folgende Applikationen wurden in Bezug auf IPv6-Fähigkeit überprüft und einige davon in Einsatz gebracht:

- ProFTPD-1.2.0 bis -1.2.5rc1 (FTP-Server)
- WuFTPd 2.7.0 (FTP-Server, in Betrieb)
- rsync-2.5.2 und rsync-2.5.3 (Mirror-Programm, in Betrieb)
- BIND-9.1.2 und BIND-9.2.0 (Nameserver, in Betrieb)
- Apache 1.3.19+IPv6-Patches (Webserver, in Betrieb)
- Apache 2.0beta (Webserver)
- sylphead-0.x (Mail-Client)
- openssh-2.9.x bis -3.1p1 (Secure Remote Access, in Betrieb)
- ethereal-0.8.15 bis -0.9.0 (Netzwerkanalyseprogramm, in Betrieb)
- Microsoft Internet Explorer 6.0 (Webbrowser, in Betrieb)
- Mozilla 0.9.x (Webbrowser, in Betrieb)

Viele dieser getesteten Applikationen sind für den täglichen Betrieb im JOIN-Projekt notwendig, wie zum Beispiel für Web-, Name- und FTP-Server. Einige dieser Programme wurden getestet und eingesetzt, weil der IPv6-Support bereits integraler Bestandteil des Paketes geworden ist. Sylphead scheint dabei ein recht vielversprechender Mailclient zu sein. Der Support in openssh ist bereits so gut, das in der

---

<sup>14</sup>USAGI-Homepage: <http://www.linux-ipv6.org>

<sup>15</sup>KAME-Homepage: <http://www.kame.net>

<sup>16</sup>WIDE Homepage: <http://www.v6.wide.ad.jp>

Gruppe fast nur noch IPv6 zum Verbindungsaufbau mit anderen Rechnern benutzt wird. Ethereal ist in Ermangelung von professionellen Netzwerkanalyseprogrammen ein ebenfalls sehr guter Ersatz und wird häufig zur Beobachtung von IPv6-Datenverkehr eingesetzt. Als Browser kommen fast nur noch – je nach Betriebssystem – der Internet-Explorer 6.0 von Microsoft (unter Windows) und Mozilla (unter Linux) zum Einsatz. Da der Netscape-Browser 6.0 auf Mozilla-Code aufbaut, ist dieser unter Linux übrigens auch IPv6-fähig.

## 2.2 Internationale Aktivitäten

### 2.2.1 Zuweisung der Produktionspräfixe von RIPE

Die Regional Internet Registry (RIR) RIPE<sup>17</sup> in Amsterdam teilt seit 1999 offiziell IPv6-Adresspräfixe an Kunden zu. Dabei verfährt RIPE nach seinen eigenen Vergaberichtlinien, die im RIPE-Dokument ripe-196<sup>18</sup> festgelegt ist. Dieses Dokument ist für eine geregelte Vergabe von IPv6-Präfixen unzureichend. Bereits in der Vergangenheit kam großer Unmut bei allen RIPE-Kunden bezüglich dieser Policy auf.

Im Zuge der globalen Einführung von IPv6 ist das Verlangen nach einem brauchbaren Vergabeverfahren sehr groß geworden. Zusätzlich zu den bisherigen Unzulänglichkeiten der Vergaberichtlinien hat sich hier gezeigt, dass die in ripe-196 definierten Anforderungen, ein IPv6-Präfix zugeteilt zu bekommen, zu restriktiv und zu unklar sind, und die Einführung von IPv6 weiter verzögern und behindern. Es gab zwar entschärfte Kriterien die zu Beginn während einer sogenannten Bootstrap-Phase galten, jedoch war Ende 2001 die erste Bootstrap-Phase definitionsgemäß – nachdem mehr als 100 Präfixe weltweit zugeteilt worden waren – vorbei.

Dies hat wiederum zu monatelangen Diskussionen und dem Ruf nach neuen Vergaberichtlinien geführt. Trotzdem wurde erst in den letzten Tagen des Jahres 2001 ein Draft für eine neue Vergaberichtlinie<sup>19</sup> veröffentlicht. Der neue Draft war in vielen Punkten – wie zum Beispiel in der den Kundenbedürfnissen angepassten Präfixlänge – deutlich besser geeignet als der alte. Jedoch war die Frage nach den Startkriterien vielen Kunden noch immer zu strikt. Insbesondere war in der neuen Vergaberichtlinie festgelegt, dass vom Antragsteller mindestens 776 /48-Präfixe zugeteilt werden müssen, um überhaupt ein (/32-)Präfix zu bekommen. Dies wäre vor allem für die kleineren NRNs unmöglich und selbst im Falle des DFN wäre es fraglich ob so viele /48-Präfix zugeteilt werden würden. Zudem war in dem Richtlinien-Dokument der Begriff 'Zuteilung von /48-Präfixen' vollkommen undefiniert und warf weitere Fragen auf.

---

<sup>17</sup>RIPE: **R**éseaux **IP** Européens

<sup>18</sup>ripe-196: <http://www.ripe.net/ripe/docs/ripe-196.html>

<sup>19</sup><http://www.ripe.net/ripenc/mem-services/registration/ipv6/global-ipv6-assign-2001-12-22.html>

Erschwerend kam hinzu, dass man bei dieser neuen Vergaberichtlinie alles richtig machen wollte und eigentlich richtigerweise auch die anderen beiden RIRs (ARIN<sup>20</sup> und APNIC<sup>21</sup>) mit in den Entscheidungsprozess einbezog. Die Anforderungen der unterschiedlichen Regionen sind zum Teil recht gegensätzlich zu denen der Europäer. Während zum Beispiel in Europa die Netzbetreiber zahlreicher und meist kleiner als in Amerika sind, und das 776-Minimum-Kriterium nicht erfüllen können, erhoffen sich die Amerikaner mit diesem Kriterium die unzähligen Multihomed-Endsites von der Prefixvergabe und vom globalen Routing fern zuhalten.

So ist dieser neue Richtlinien-Draft zwar veröffentlicht, wird aber weiterhin diskutiert, und die offizielle Vergabe von IPv6-Adressen wird weiterhin hinausgezögert. Allgemein geht der Trend dahin, diese Policy leicht verändert (mit der neuen Grenze 200 statt 776) zunächst einmal zu akzeptieren, sie aber trotzdem nur als weitere Interims-Policy zu betrachten und auf eine bessere, spätere Vergaberichtlinie zu hoffen.

### 2.2.2 DNAME und A6 Ressource Records

Als weiteres Hindernis für den schnellen Start von IPv6 wurde die kontrovers geführte Diskussion um die Nutzung der Nameservice Records erkannt. Bereits im Jahr 2000 wurden im RFC2874 die neuen Nameservice Resource Records (RR) für DNAME und A6 als Proposed Standard veröffentlicht. Jedoch wurde deutlich, dass das Verfahren des sogenannten *chainings* von Records zu erheblichen Performance-Problemen führen könnte. DNAME wurde aus diesem Grund allgemein missbilligt.

Es blieb die Diskussion, ob zukünftig weiterhin die weit verbreiteten und bewährten AAAA-Records oder die neuen A6-Records verwendet werden sollten. Obwohl A6 relevant für die Einführung von Renumbering-Mechanismen im Nameservice sein könnte, und AAAA-Records noch einige Nachteile besitzen – wie zum Beispiel das Nibble-Format – hat die IETF im August 2001 AAAA befürwortet. Der Status des RFC2874 soll von 'Proposed' auf 'Experimental' geändert werden.

Dies hat zunächst den Vorteil, dass schlussendlich für IPv6 der zu benutzende Standard festgelegt ist. Die bisher fehlende Uneinigkeit, zum Beispiel über den Nameservice bei IPv6, stellt keinen Hinderungsgrund für die Einführung von IPv6 mehr dar. Trotzdem bleiben mit dieser Entscheidung einige nachteilige Konsequenzen. Mit AAAA und dem Nibble-Format, in dem die AAAA-Records gespeichert werden, ist kein einfaches und dynamisches Renumbering mehr möglich. Renumbering ist notwendig für das hierarchische Routing von IPv6 und wird immer dann

---

<sup>20</sup> ARIN: American Registry for Internet Numbers

<sup>21</sup> APNIC: Asia Pacific Network Information Center

wichtig, wenn sich Hierarchiestrukturen ändern, zum Beispiel bei einem Provider-Wechsel. Ohne A6-Records ist der Administrator einer End-Site gezwungen, IPv6-Präfixänderungen von Hand in den Nameservice einzupflegen.

Zudem gibt es ein Problem mit der zu verwendenden Root-Domain. Bereits Anfang 2001 wurde beschlossen, dass IPv6-Records aus der Root-Domain `ip6.int` entfernt werden und in die Domain `ip6.arpa` migrieren sollen. Dies wäre ohne Probleme möglich gewesen, denn in `ip6.int` wurden bisher nur AAAA-Records verwendet und in `ip6.arpa` sollten die neuen A6-Records platziert werden. Ohne A6 finden sich nun auch AAAA-Records in `ip6.arpa`.

Dadurch ist die allgemeine Verwirrung nun extrem groß. Vielen Programmierern, Administratoren und Nutzern ist nicht klar, welche der beiden Domains benutzt werden soll. Es ist aufwändig, alle bereits vorhandenen Implementationen, die bisher ausschließlich auf `ip6.int` zugegriffen haben, auf die neue Domain umzustellen. Die meisten Resolver benutzen noch die alte Domain. Manche Distributionen, die bereits auf die neue Root-Domain umgestellt hatten, greifen nun wieder auf die alte zu, da in der neuen kaum Records vorhanden sind.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Domain `ip6.arpa` lange Zeit überhaupt nicht eingerichtet worden war. Nun, da sie endlich eingeführt worden ist, ist sie nicht identisch zum `ip6.int`-Baum. So fehlen in der neuen Zone alle 6bone-Präfixadressen, nur Produktionsadressen mit dem Präfix `2002::/16` sind delegiert. Selbst wenn die 6bone-Teilnehmer es wollten, könnten sie nicht auf die neue Domain migrieren. Zur Zeit herrschen an dieser Stelle also chaotische Zustände.

## **2.3 Unterstützung des DFN-Vereins**

### **2.3.1 Beratungsaktivitäten**

Der weitaus größte Teil der Beratungsaktivitäten fand im täglichen E-Mail-Verkehr statt, zunehmend aber auch in persönlichen und telefonischen Kontakten. Dabei wurde von den JOIN-Mitarbeitern im Schnitt pro Monat 100-120 E-Mails verfasst. Etwa 60-70% beschäftigten sich mit Konfigurationsproblemen und Tunnelschwierigkeiten rund um das 6bone und dem Aufbau von Tunneln sowie der Einrichtung eines IPv6-Nameservice. Da das JOIN-Team bei Beantwortung dieser Fragen häufig aktive Hilfe bei der Konfiguration gab, war die Beantwortung sehr zeitintensiv. Insbesondere in diesem letzten Projektabschnitt hat das 6bone viel Arbeitszeit gekostet. Weitere 20% der bearbeiteten E-Mails behandelten allgemeine IPv6-Beratung.

### 2.3.2 Anschluss von DFN-Mitgliedern

Der DFN vergibt an all seine interessierten Mitglieder seit Anfang 2001 IPv6-Präfixe aus dem DFN-eigenen Bereich 2001:638::/35. Bisher sind folgende Präfixe zugeteilt worden:

2001:0638:0100::/48	Landesrechenzentrum München
2001:0638:0200::/48	Universität des Saarlandes
2001:0638:0201::/48	Universitae Europe Ltd CCRLE
2001:0638:0202::/48	Universität Stuttgart
2001:0638:0203::/48	Universitätsklinik Tübingen
2001:0638:0204::/48	Universität Karlsruhe
2001:0638:0205::/48	Universität Tübingen
2001:0638:0300::/48	Universität Giessen
2001:0638:0301::/48	Fachhochschule Fulda
2001:0638:0400::/48	Rheinische Fachhochschule Köln
2001:0638:0401::/48	Forschungsgesellschaft für Ang. Naturwissenschaften e.V.
2001:0638:0402::/48	Fachhochschule Köln
2001:0638:0500::/48	Universität Münster
2001:0638:0501::/48	Universität Essen
2001:0638:0600::/48	Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH
2001:0638:0601::/48	Fachhochschule Harz
2001:0638:0602::/48	Technische Universität Braunschweig
2001:0638:0700::/48	DESY Hamburg
2001:0638:0701::/48	GEOMAR Forschungszentrum Kiel
2001:0638:0702::/48	Technische Universität Hamburg-Harburg
2001:0638:0703::/48	Hochschule Bremen
2001:0638:0704::/48	Fachhochschule Kiel
2001:0638:0705::/48	Universität Oldenburg
2001:0638:0800::/48	DFN Geschäftsstelle Berlin
2001:0638:0801::/48	Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
2001:0638:0802::/48	Humboldt-Universität Berlin
2001:0638:0803::/48	Informationsverbund Berlin-Bonn des Bundes
2001:0638:0804::/48	Universität Rostock
2001:0638:0900::/48	Technische Universität Cottbus
2001:0638:0A00::/48	Universität Erlangen
2001:0638:0A01::/48	Fachhochschule Regensburg
2001:0638:0A02::/48	Kommunikationsnetz Franken e.V.

Die Verwaltung und die Zuweisung der Adressen liegt in der Verantwortung der DFN-Hostmaster. JOIN übernimmt abschließend jeweils den Anschluss der Kunden an das IPv6-Netz. Bisher sind von den 32 zugewiesenen Adressen zwölf Kunden angebunden (siehe Abschnitt 2.1.5.2).

### 2.3.3 DFN-Betriebstagungen

In den letzten zwölf Projektmonaten fanden zwei DFN-Betriebstagungen am 22./23. November 2001 und am 27./28. März 2002 statt.

Auf beiden Veranstaltungen gab es ein IPv6-Forum, das von den JOIN-Mitarbeitern geplant und durchgeführt wurde. Neben jeweils zwei eigenen Vorträgen des JOIN-Teams wurden auch externe Dozenten für weitere Vorträge beteiligt:

35. DFN-Betriebstagung (22./23. November 2001):

- “IPv6 Showcase” (Olaf Bonness, T-Nova Systems Berkorn GmbH)
- “IPv6 at Foundry” (Marshall Eisenberg, Foundry Networks)

36. DFN-Betriebstagung (27./28. März 2002):

- “IPv6 Tunnelbroker” (Uwe Tönjes, Universität Leipzig)
- “Opportunities around the Migration towards IPv6: Solution from 6WIND” (Pierre Langlois, 6Wind)

Die Vorträge die von JOIN-Mitarbeitern auf den Betriebstagungen gehalten wurden, sind in Kapitel 2.4.4 aufgelistet.

## 2.4 Informationsbereitstellung

### 2.4.1 Webserver

JOIN betreibt einen IPv6-fähigen Webserver, auf dem Informationen zu IPv6 bereitgestellt werden. Die Seiten unterliegen ständiger Aktualisierung und Erneuerung. Die am häufigsten erneuerten Seiten sind hierbei die IPv6-Dokumente<sup>22</sup> und die Liste der 6bone-Kunden<sup>23</sup>. Erscheinen neue IPv6-Drafts oder IPv6-RFCs, so werden diese umgehend in die Dokumentenliste aufgenommen und angepasst, die JOIN-NLA-Liste, auf der alle 6bone-Kunden aufgelistet sind, wird dynamisch mit jedem neu angeschlossenen 6bone-Kunden aktualisiert.

### 2.4.2 FTP-Server

JOIN sammelt bereits seit einiger Zeit IPv6-relevante Anwendungen und Informationen auf einem FTP-Server, auch um Funktionsfähigkeit unter IPv6 zu demonstrieren. Dieser Dienst – der unter Linux läuft – ist einer von vielen, die bereits zuverlässig mit IPv6 arbeiten. Die Universität Münster hat dafür ein eigenes PC-System zur Verfügung gestellt. Der Zugriff auf den Server über IPv6 kann mit

---

<sup>22</sup><http://www.join.uni-muenster.de/info/dokumente.html>

<sup>23</sup><http://www.join.uni-muenster.de/6bone/6bone-join-nla.html>

IPv6-fähigen Clients (zum Beispiel ncftp, lftp, tftp) oder via rsync erfolgen. Der Server ist aber auch mit IPv4 zu erreichen, um einen Vergleich der Nutzung zwischen IPv4 und IPv6 zu erhalten.

Die Plattenkapazität dieses Servers musste dem Bedarf folgend schnell von 100 GB auf 230 GB erweitert werden. Weiterhin soll die Kapazität noch einmal aufgestockt werden, um die nachfolgende Liste, der für IPv6 relevanten Pakete, komplettieren zu können. Es ist geplant, den Server mit einem externen Hardware-RAID auszurüsten, um diesen Kapazitätsbedarf zu decken und um die Zugriffssicherheit zu erhöhen.

Mittlerweile stehen auf dem IPv6-Server Mirrors folgender Sites zu Verfügung:

- Linux Kernels ([www.kernel.org](http://www.kernel.org))
- Mandrake Distribution ([ftp.mandrake.com](ftp://ftp.mandrake.com))
- SuSE Distribution ([ftp.suse.com](ftp://ftp.suse.com))
- RedHat Distribution ([ftp.redhat.com](ftp://ftp.redhat.com))
- Debian Distribution ([ftp.debian.org](ftp://ftp.debian.org)) (neu)
- NetBSD Distribution ([ftp.netbsd.org](ftp://ftp.netbsd.org)) (neu)
- Bieringer IPv6 Stuff ([www.bieringer.de/linux/IPv6](http://www.bieringer.de/linux/IPv6))
- Kame Projekt FTP-Server ([ftp.kame.net](ftp://ftp.kame.net))
- USAGI Projekt FTP-Server ([ftp.linux-ipv6.org](ftp://ftp.linux-ipv6.org))
- Drafts und RFCs ([ftp.ietf.org](ftp://ftp.ietf.org))
- Mozilla ([ftp.mozilla.org](ftp://ftp.mozilla.org)) (neu)
- FreeS/WAN ([ftp.freeswan.org](ftp://ftp.freeswan.org)) (neu)
- Zebra ([ftp.zebra.org](ftp://ftp.zebra.org)) (neu)
- MRT ([ftp.merit.edu](ftp://ftp.merit.edu)) (neu)

Neben IPv6-relevanten Paketen sollen je nach Bedarf oder Nachfrage auch noch weitere nicht-IPv6-relevante Pakete angeboten werden. Damit sollen auch Pakete, die nicht zwingend IPv6 zum Thema haben, sonst aber nur auf IPv4-Servern verfügbar sind, über das IPv6-Netz erreichbar gemacht werden.

Der Server ist über eine IPv6-Adresse ([ftp.ipv6.uni-muenster.de](ftp://ftp.ipv6.uni-muenster.de)), aber auch mit einem IPv4/IPv6-Namen erreichbar. Wird [ftp.join.uni-muenster.de](ftp://ftp.join.uni-muenster.de) benutzt, so wird, je nachdem ob der Client IPv6 fähig ist oder nicht, automatisch IPv4- oder IPv6-Datenverkehr verwendet. Der FTP-Server ist über das globale 6bone und im lokalen DFN-IPv6-Netzwerk erreichbar.

Ende des Jahres 2001 hat der FTP-Server einen schnelleren Zugang zum Internet erhalten (100 MBit Full Duplex statt bisher 10 MBit Half Duplex). Seitdem hat sich der Upload des Server von etwa 700 GB/Monat auf etwa 1,7 TB/Monat erhöht.

Es war jedoch mit bisherigen Mitteln nicht feststellbar, wie viele dieser Zugriffe über IPv6 erfolgen, da nur die aufgelösten Namen gespeichert werden, die keine Rückschlüsse auf das benutzte Protokoll zulassen.

### **2.4.3 Mailingliste**

JOIN moderiert eine Mailingliste zum Thema IPv6. In den letzten zwölf Monaten des Projektes haben sich 44 neue Teilnehmer auf der Liste angemeldet und 13 haben sich ausgetragen. Aufgrund von veralteten und falschen Adressen mussten 31 Einträge entfernt werden. Damit verfügt die Mailingliste momentan über 242 Teilnehmer. Die Mailingliste wird neben Ankündigungen zu IPv6-relevanten Themen auch für Diskussionen und Fragen genutzt.

Es ist ebenfalls eine neue Mailingliste '6win@atlan.uni-muenster.de' eingerichtet worden, über die ausschließlich DFN-Kunden über Ereignisse am 6WiN informiert werden sollen. Allerdings ist die Liste bisher noch nicht veröffentlicht worden und wird daher noch nicht genutzt.

### **2.4.4 Vorträge und Veröffentlichungen**

Folgende Vorträge wurden gehalten:

- Christian Schild, "IPv6 Grundlagen und Transition" auf der IT-Manager Tagung GMD/Fraunhofer Gesellschaft am 18.-20. Juni 2001 in St. Augustin
- Christian Schild, "IPv6 in the DFN" auf der IBC Telecoms conference 'IPv6, An enhanced Protocol For Today's Internet' am 26.-28. Juni 2001 in London
- Christian Müller-Böhm, "IPv6 im JOIN - Statusbericht" auf der 35. DFN-Betriebstagung am 22.-23. November 2001 in Berlin
- Christian Müller-Böhm, "IPv6 in Windows XP - Plug&Play" auf der 35. DFN-Betriebstagung am 22.-23. November 2001 in Berlin
- Christian Schild, "6WiN - Ein natives IPv6 Backbone" auf der 35. DFN-Betriebstagung am 22.-23. November 2001 in Berlin
- Christian Müller-Böhm, "JOIN-Projekt - IPv6 im WiN" auf der 36. DFN-Betriebstagung am 27.-28. März 2002 in Berlin
- Christian Müller-Böhm, "IPv6 in der Europäischen Union" auf der 36. DFN-Betriebstagung am 27.-28. März 2002 in Berlin
- Christian Schild, "Status des 6WiN" auf der 36. DFN-Betriebstagung am 27.-28. März 2002 in Berlin

### **3 Beurteilung der Ergebnisse**

Die Arbeit des JOIN-Teams hatte in jeder Projektphase unterschiedliche Schwerpunkte. Diese lassen sich grob in drei Abschnitte einteilen. Während es zu Projektbeginn primär darum ging, alle beteiligten Gruppen von der Notwendigkeit von IPv6, dessen Fähigkeiten und dessen Einsatzfähigkeit zu überzeugen, wurde im Mittelteil des Projekts mehr Wert auf die tatsächliche Integration von IPv6 in alle für den Betrieb des Internets notwendigen Komponenten gelegt. Zum Projektende ging es dann darum, echten IPv6-Betrieb unter Beweis zu stellen und vor allem reale Netzwerke zu schaffen, die über einen reinen Testbetrieb hinausgehen.

#### **3.1 Motivation für die Einführung von IPv6**

Im Jahr 1999 zu Beginn des Projektes war IPv6 bereits in seinen Grundlagen festgelegt. Die grundlegenden Standards waren als RFC vorhanden und einige Basisimplementationen – allen voran im Unix-Betriebssystem BSD – waren verfügbar. Trotzdem war keineswegs klar, ob IPv6 die endgültige Lösung des Adressraumproblems und damit der offizielle Nachfolger von IPv4 werden sollte oder nicht. Es gab noch Zweifler, ob man auf dem richtigen Weg war. Bis auf wenige Aktivisten war niemand wirklich bereit, seine Energie, insbesondere seine Zeit und seine Investitionen, zum Übergang zu IPv6 zu verwenden. Man sprach damals vom Henne-Ei-Problem bei IPv6. Große Firmen investierten einfach nicht in IPv6, solange keine Nachfrage vorhanden war. Der Kreis der ernsthaften Nutzer war damals klein, es gab nur ein recht überschaubares Test-6bone und nur wenige setzten produktive IPv6-Adressen ein oder verlangten danach. Durch dieses Verhalten der potentiellen Nutzer wurde natürlich kein Bedarf geweckt. Erschwerend kam hinzu, dass mit IPv4 die komplette Internet-Funktionalität vorhanden war.

In dieser Zeit hat sich das JOIN-Projekt hauptsächlich mit der Förderung von IPv6 durch Aufklärung und Motivation möglicher Nutzergruppen beschäftigt. Dies geschah auf vielerlei Wegen. Vorträge zu IPv6 in Forschung und Industrie sowie die Teilnahme an wichtigen IPv6-Meetings – wie zum Beispiel dem IPv6-Forum – haben dazu beigetragen, der Fachwelt die Notwendigkeiten und die Fähigkeiten von IPv6 nahe zu bringen. Mit Diskussionen auf diesen Treffen und in diversen Diskussionsforen waren die Bemühungen darauf gerichtet Hersteller davon zu überzeugen, IPv6 in ihre Produkte zu integrieren. Aber auch praktische Dinge haben zum Fortschritt von IPv6 beigetragen. Die Nutzung des 6bone-Knotens, der JOIN zur Verfügung stand, konnte ausgeweitet werden. Zahlreiche Kunden – DFN-Mitglieder, Software-Entwickler, Provider und Universitätsgruppen – konnten über JOIN an das IPv6-Testnetz angebunden werden. Sie lernten IPv6 kennen und äußerten danach ihr verstärktes Interesse daran. Der DFN selbst sorgte für eine Förderung, indem er als einer der ersten NRNs ein Produktionspräfix von RIPE erhielt, das fortan für DFN-Kunden statt des 6bone-Testpräfixes benutzt werden

sollte. Die Bemühungen des JOIN-Projektes, IPv6 einer breiten Öffentlichkeit nahe zu bringen, setzten sich über die komplette Projektlaufzeit fort.

### **3.2 Integration von IPv6**

Im der zweiten Projektphase lag der Schwerpunkt der Arbeiten mehr auf dem praktischen Einsatz von IPv6 und der Unterstützung von Kunden bei der Integration von IPv6.

Durch die globalen Anstrengungen IPv6 voranzutreiben, an denen das JOIN-Projekt beteiligt war, konnten nach einiger Zeit einige wichtige Entscheidungsträger – allen voran Cisco und Microsoft – von IPv6 überzeugt werden. Das Henne-Ei-Dilemma schien durchbrochen zu sein, und von zahlreichen Herstellern wurde IPv6 implementiert. Die Router-Hersteller begannen, IPv6 in ihre Produktlinien zu integrieren, Betriebssysteme wurden um mehr als nur Basis-Support von IPv6 erweitert, und Internet-Applikationen wurden – unter anderem durch die Entwicklung von Patches – IPv6-fähig gemacht. Besonders wichtig wurde die Anpassung der Applikationen, die schon im IPv4-Internet bedeutend waren, um so einen vergleichbaren Stellenwert von IPv6 gegenüber IPv4 zu erreichen. Bei einigen Applikationen, vor allem aus dem Unix-Bereich, konnten die Entwickler auch vom JOIN-Team dazu aufgefordert werden, IPv6-Funktionalität in ihre Software zu integrieren.

Das JOIN-Team hat in diesem Projektabschnitt vermehrt IPv6-Applikationen identifiziert, getestet und anfragenden Kunden zur Einführung empfohlen. In diesem Zusammenhang wurden auch Verbesserungsvorschläge zu Anpassungen an die Entwickler geliefert. Management-Tools zur Überwachung von IPv6-Datenverkehr wurden notwendig, allerdings noch nicht in zufriedenstellendem Umfang angeboten.

Viele der getesteten Programme wurden als Dienst angeboten. Von Beginn an gab es den IPv6-Webserver, IPv6-Mail-Server und den DNS-Dienst für IPv6-Adressen. Schnell kam mit BIND9 ein DNS-Server hinzu, der auch IPv6-Datenverkehr versenden konnte, später dann ein IPv6-FTP-Server. NTP- und News-Server wurden getestet, aber noch nicht zum produktiven Einsatz gebracht.

Anfragen zum Anschluss an das 6bone wurden immer zahlreicher. In dieser Phase kamen sie eher aus der Industrie als von Forschungseinrichtungen. Um die Entwicklung zu unterstützen, wurden natürlich auch diese Industriekunden an das 6bone angeschlossen.

### 3.3 Neue Kooperationen und IPv6-Netzaufbau

Zum Projektende zeigte sich einiger Erfolg: IPv6 war als Basisdienst an vielen Stellen eingeführt worden. Nahezu alle Betriebssysteme verfügten nun über vielfältige IPv6-Funktionalitäten, wichtige Router-Hersteller hatten IPv6 in ihre Router-Software integriert. Insbesondere Applikationen aus dem Unix-Bereich waren nun häufig schon von Haus aus mit IPv6-Support ausgestattet und mussten nicht mehr mit Patches aufbereitet werden. All dies führte dazu, dass IPv6 in vielen grundlegenden Bereichen zumindest als Rumpfbetrieb verfügbar war. Wenn man wollte, konnte man jetzt alle Funktionalitäten und Dienste, die im Internet wichtig waren, auch mit IPv6 betreiben.

Mit der Ausweitung des 6bone und seiner wachsenden Zahl von Endkunden zeigte sich allerdings deutlicher, dass das 6bone nur ein Testnetz war. Auch mit einer verbesserten Stabilität des Betriebes für alle 6bone-Teilnehmer konnten häufige Ausfallszeiten und generelle Routing-Probleme im 6bone nicht verhindert werden. Erschwerend kam hinzu, dass Inhaber von Produktionsadressen diese immer wieder mit 6bone-Adressen vermischten und dadurch beide Präfixe gleichzeitig geroutet wurden. Dies ließ auch das Netz mit Produktionsadressen unzuverlässig erscheinen.

JOIN hat frühzeitig darauf reagiert. Im eigenen Labor wurde das 6bone vom Produktionsbetrieb des DFN durch zwei Router physikalisch getrennt, und es wurden zwei unterschiedliche Vergaberichtlinien für die beiden Präfixe eingeführt. Auch die Anbindungsvoraussetzungen für Endkunden an das 6bone wurde verschärft. Obwohl die JOIN-Mitarbeiter auch auf Tagungen und in Arbeitsgruppen wiederholt auf die Gründe für die Unzuverlässigkeit des 6bone-Netzwerkes hingewiesen haben, konnte noch keine unmittelbare Verbesserung erzielt werden. Zudem wurde das 6bone immer noch durch die Klassifizierung als Testnetz nicht als echtes IPv6-Netzwerk anerkannt.

Das 6bone benutzte immer noch ausschließlich die IPv6-in-IPv4-Tunnel-Technologie auf dem darunterliegenden IPv4-Internet. Die Konfiguration von Hand in Absprache mit den jeweiligen Tunnelendpartnern und die Überwachung gestaltete sich bei zunehmender Ausweitung des 6bone-Netzes als immer schwieriger. Es wurde deshalb damit begonnen, ein eigenes, native IPv6-Netzwerk für den DFN zu entwickeln. Das Verlangen nach echten IPv6-Netzwerken äußerte sich auch bei anderen Gruppen, bei 6bone-Teilnehmern, bei einem Mitglied des Telekom-Vorstandes, in anderen Ländern und in der Europäischen Union. Insbesondere schien es notwendig zu werden, Betriebs- und Routing-Erfahrungen an echten IPv6-Netzen zu sammeln.

So ergaben sich schnell viele Möglichkeiten, nicht nur ein DFN-eigenes IPv6-Netz aufzubauen, sondern auch mit anderen dabei zu kooperieren. Das JOIN-Projekt

erfüllte hiermit die wichtige Aufgabe der Schaffung von IPv6-Konnektivität und Kooperationen mit Dritten. Mit Unterstützung der DFN-Geschäftsstelle gelang der Start und die Teilnahme an diversen Kooperationsprojekten – IPv6-Showcase, 6NET und TF-NGN –, die alle ähnliche Ziele hatten. Insbesondere hatten sich alle Projekte vorgenommen, native Verknüpfungen von IPv6-Netzen einzuführen. Sowohl im IPv6-Showcase als auch im 6NET sollte das eigene 6WiN-IPv6-Backbone mit nationalen und internationalen Verbindungen an andere IPv6-Netze vernetzt werden, um ein produktionsnahes Backbone zu schaffen. Leider konnte dies alles erst zum Projektende bewerkstelligt werden, die Arbeiten an IPv6-Showcase und 6NET konnten aber außerhalb des JOIN-Projektes weitergeführt werden.

## 4 Fazit und Ausblick

Die Integration von IPv6 in das Internet ist bei weitem noch nicht abgeschlossen, sondern beginnt gerade erst. In den letzten zwei Jahren ist lediglich ein Grundstock für dessen Einführung gelegt worden. Auch wenn es international sehr viele Aktivitäten gibt, von IPv4 zu IPv6 umzuschwenken. Die Migration steht erst am Anfang. Lediglich im asiatischen Raum und in wenigen Ländern in Europa gibt es Anstrengungen von IPv4 wegzukommen und IPv6 in das bestehende Umfeld zu integrieren. Auch im DFN-Verein gibt es interessierte und teilnehmende Einrichtungen. Der bei weitem größte Teil steht IPv6 aber immer noch recht abwartend gegenüber. Die Basisfunktionalität allein reicht nicht aus für den Durchbruch. Es fehlen immer noch wichtige Funktionen, zum Beispiel bei allen höheren Routing-Diensten oder beim Netzwerkmanagement.

Die grundlegende Notwendigkeit zur Einführung von IPv6 bleibt jedoch bestehen. Das Adressraumproblem macht es heute mehr denn je notwendig, zügig zu IPv6 zu migrieren. Nach aktuellen Prognosen wird der IPv4-Adressraum in den Jahren 2005 bis 2007 erschöpft sein. Bis dahin sollte also zu IPv6 migriert worden sein. Von diesem Zeitpunkt an sollte man nach Möglichkeit in neuen Subnetzen nur noch IPv6 verwenden. Alle heutigen Strategien zielen zunächst auf einen IPv4/IPv6-Dualstack-Mechanismus, IPv6-Only-Netze sind nur spärlich vorhanden, und alle bisherigen Ansätze dazu sind kaum erforscht. Hier besteht noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Auch Aspekte, mit denen sich das JOIN-Projekt bereits beschäftigt hat, sind noch nicht zum Abschluss gekommen. Dazu gehören die umfassende Schaffung von native IPv6-Konnektivität, Angebote aller Art von Internet-Diensten über IPv6, aber auch Schulung, Ausbildung und Beratung Dritter. Mittlerweile ist es zwar nicht mehr notwendig, die Internet-Gemeinde von IPv6 zu überzeugen, gerade Schulung und Beratung bleiben aber im Vordergrund. Oft ist es für Kunden nicht einfach, IPv6 zu aktivieren. Es lässt sich zwar schnell eine Verbindung zum IPv6-Internet schaffen, doch dann müssen noch zu häufig Programme und Routing nachgepflegt werden. Eine Vereinfachung der IPv6-Integration für die transparentere Nutzung von IPv6-Diensten könnte hier jedoch Erleichterung schaffen.

In der Projektlaufzeit von zweieinhalb Jahren konnten im JOIN-Projekt viele dieser Aufgaben ausgeführt oder auf den richtigen Weg gebracht werden. Es erscheint ratsam, in einem Nachfolgeprojekt dieses erfolgreiche Konzept weiter zu verfolgen, denn IPv6-Netzaufbau, IPv6-Dienste-Angebot, Beratung und Schulung zu IPv6 sind weiterhin ebenso notwendig, wie die Klärung aller Fragen für eine einfache und vollständige Migration.

Im Hinblick auf die drohende totale Verknappung an IPv4-Adressen, scheint es notwendig, schnell und umfassend zu handeln. Gerade die Forschungs- und Ent-

wicklungseinrichtungen im DFN-Umfeld sollten Vorreiter sein und vorbildhaft neu verfügbare Technologien einsetzen. In diesem Zusammenhang hat die europäische Kommission einen Maßnahmenkatalog veröffentlicht<sup>24</sup>, der unter anderem auch die Bildungseinrichtungen dazu auffordert, IPv6-Knowhow zu erlangen und IPv6 verstärkt zum Einsatz zu bringen. Dies wird unter anderem mit der volkswirtschaftlichen Bedeutung begründet.

Der DFN-Vorstand sollte deshalb die Migrationsdiskussion in die Mitgliederversammlung tragen. Dabei sollte unter anderem beschlossen werden, dass sich zumindest die größeren Mitgliedseinrichtungen verpflichten, bis zum 01. 01. 2004 mit der Einführung von IPv6 zu beginnen. Dem Appell der EU sollten sich die Hochschulen nicht entziehen.

---

<sup>24</sup>[http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/cnc/2002/com2002\\_0096de01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/cnc/2002/com2002_0096de01.pdf)

## A 6bone Übersicht

### A.1 Internationale 6bone Backbone Peerings

Das Routing im 6bone Backbone wird bei allen Tunneln ausschließlich mit BGP4+ gefahren.

Institution	6bone registry handle	Land
3Com	6COM	USA
AT Net	ATNET-AT	Österreich
AT&T Labs Europe	ATT-LABS-EUROPE	Niederlande
Bay Networks	BAY	USA
Technical University Budapest	BME-FSZ	Ungarn
Caladan Communications Ltd	CALADAN	England
China Education and Research Network	CERNET	China
CICNet	CICNET	USA
CSELT	CSELT	Italien
Energy Science Network	ESNET	USA
Electronics and Telecommunications Research Network	ETRI	Korea
National Center for Informatics and networking	INFN-CNAF	Italien
Intouch NV Amsterdam Exchange	INTOUCH-NL	Niederlande
NEXTRA	NEXTRA	Slowenien
NLNET	NLNET	Niederlande
Nippon Telegraph and Telephone Company	NTT-ECL	Japan
Stealth Communication Inc.	STEALTH	USA
Slovak University of Technology	STUBA	Slowakei
SurfNet	SURFNET	Niederlande
Swiss national Research Network	SWITCH	Schweiz
Telebit communications	TELEBIT	Dänemark
Danish Computing Center for Research and Education	UNI-C	Dänemark
Norwegian Internet 2	UNINETT	Norwegen

## A.2 Nationale 6bone Backbone Peerings

Institution	6bone registry handle	Routing
Cybernet Internet-Dienstleistungen AG T-Nova Deutsche Telekom	CYBERNET	BGP4+
Inovationsgesellschaft mbH Jippii Deutschland GmbH	BERKOM IPF	BGP4+ BGP4+
Regio Net GmbH	REGIO	BGP4+

## A.3 Internationale NLA-Präfix Zuweisungen

6bone-Präfix	Zugeteilt an	Land	Routing
3ffe:400:1000::/48	Iskratel Telekommuncation Systems	Slowakei	static
3ffe:400:1010::/48	CAS	Tschechien	static
3ffe:400:1020::/48	ViaNova KEG	Österreich	static
3ffe:400:1040::/48	Lithuania Internet Activity	Litauen	BGP4+
3ffe:400:1050::/48	Hungarian IPv6-tunneling Gateway	Ungarn	static
3ffe:400:1060::/48	HOMNYP	Ungarn	static
3ffe:400:1070::/48	NETWAY Communications AG	Wien	static
3ffe:400:1080::/48	Iscanet Internet Services	Italien	static
3ffe:400:1090::/48	T-Net IPv6 project	Ungarn	BGP4+
3ffe:400:10b0::/48	SASA	Jugoslawien	static
3ffe:400:10c0::/48	nanolink.com	Bulgarien	static
3ffe:400:10d0::/48	SZRUMI	Ungarn	static
3ffe:400:10e0::/48	Verat D.O.O	Jugoslawien	static

## A.4 Nationale NLA-Präfix Zuweisungen

6bone-Präfix	Zugeteilt an	Routing
3ffe:400:10::/48	Universität Münster	static
3ffe:400:20::/48	Universität Karlsruhe	RIPng
3ffe:400:40::/48	Technische Universität Berlin	static
3ffe:400:50::/48	Universität Erlangen	IBGP4+
3ffe:400:60::/48	Universität Ulm	static
3ffe:400:70::/48	Universität Göttingen	static
3ffe:400:80::/48	Universität Köln	-
3ffe:400:90::/48	Technische Universität Braunschweig	static
3ffe:400:a0::/48	DFN Berlin	static
3ffe:400:c0::/48	Fachhochschule Ostfriesland	static
3ffe:400:e0::/48	LRZ München	RIPng
3ffe:400:f0::/48	Universität Essen	static
3ffe:400:100::/48	Bieringer	static
3ffe:400:110::/48	Service Network GmbH Göttingen	static

6bone-Präfix	Zugeteilt an	Routing
3ffe:400:130::/48	Forschungsgesellschaft FGAN/FFM Wachtberg	static
3ffe:400:140::/48	LH Systems	-
3ffe:400:150::/48	Multimediahaus GmbH Meinerzhagen	-
3ffe:400:160::/48	Wunsch GmbH Bonn	static
3ffe:400:170::/48	Fachhochschule Bremen	static
3ffe:400:180::/48	Fachhochschule Leipzig	static
3ffe:400:190::/48	GMD Fokus GmbH Berlin	static
3ffe:400:1a0::/48	ShE Ludwigshafen	-
3ffe:400:1b0::/48	RUS Stuttgart	-
3ffe:400:1e0::/48	Berufs- und Informationszentrum Worms	static
3ffe:400:1f0::/48	Planet GmbH Schwerin	static
3ffe:400:200::/48	Fachhochschule Rhein-Sieg Sankt Augustin	static
3ffe:400:210::/48	Ping Net GmbH Hannover	static
3ffe:400:220::/48	Gymnasium Göttingen	-
3ffe:400:230::/48	Fachhochschule Augsburg	static
3ffe:400:240::/48	OptiNet	-
3ffe:400:250::/48	Fachhochschule Furtwangen	static
3ffe:400:260::/48	DeTeCSM	-
3ffe:400:270::/48	Munich.Net ISP München	static
3ffe:400:280::/48	Universität Leipzig	IBGP4+
3ffe:400:290::/48	GeFoeKom e.V. Würzburg	static
3ffe:400:300::/48	Bornschein	-
3ffe:400:310::/48	Ditec	-
3ffe:400:320::/48	Kommunikationsnetz Franken	static
3ffe:400:330::/48	Fachhochschule Gelsenkirchen	static
3ffe:400:340::/48	Technische Universität Ilmenau	static
3ffe:400:350::/48	Siemens Istac	static
3ffe:400:360::/48	ABC Telemedia AG Regensburg	static
3ffe:400:370::/48	IABG mbH Ottobrunn	static
3ffe:400:390::/48	Fachhochschule Bingen	static
3ffe:400:3a0::/48	Transkom GmbH Kaiserslautern	-
3ffe:400:3b0::/48	Infraserv Gendorf Burgkirchen	BGP4+
3ffe:400:3c0::/48	Fachhochschule Offenburg	static
3ffe:400:3d0::/48	Fachhochschule für Technik Esslingen	static
3ffe:400:3d8::/48	Fachhochschule für Technik Esslingen 2	static
3ffe:400:3e0::/48	Nahenet ISP Bad Kreuznach	static
3ffe:400:3f0::/48	Schlund+Partner AG ISP Karlsruhe	static
3ffe:400:400::/48	AlphaPop	-
3ffe:400:410::/48	FSEI TU München	static

6bone-Präfix	Zugeteilt an	Routing
3ffe:400:420::/48	ABC-INFO	-
3ffe:400:430::/48	Fachhochschule Regensburg	static
3ffe:400:450::/48	Universität Bonn	static
3ffe:400:460::/48	Otto-Itze-Haus Aachen	static
3ffe:400:470::/48	Network Engineering GmbH Hockenheim	static
3ffe:400:480::/48	DResearch GmbH Berlin	static
3ffe:400:4a0::/48	DKFZ Heidelberg	-
3ffe:400:4c0::/48	PASSIONET	-
3ffe:400:4d0::/48	MSDD	-
3ffe:400:4e0::/48	SWH-BONN	-
3ffe:400:4f0::/48	plan b. GmbH	static
3ffe:400:500::/48	BCC	static
3ffe:400:510::/48	WALLEDCITY	static
3ffe:400:520::/48	CLI	-
3ffe:400:530::/48	BBZ Neuss	static
3ffe:400:540::/48	JOOS	static
3ffe:400:550::/48	TEUTONET	static
3ffe:400:560::/48	create media GmbH	static
3ffe:400:570::/48	IDLE-NET	static
3ffe:400:580::/48	WH-FURTWANGEN	static
3ffe:400:590::/48	MU-LUEBECK	static
3ffe:400:5a0::/48	Kästner Internetservices	static
3ffe:400:5b0::/48	BASTI	BGP4+
3ffe:400:5c0::/48	Animexx e.V.	static
3ffe:400:5d0::/48	KDRS	static
3ffe:400:5f0::/48	BYTEBOX	-
3ffe:400:600::/48	Section One	static
3ffe:400:610::/48	SO36-NET	static
3ffe:400:620::/48	BRC	-
3ffe:400:630::/48	COMPUTERMAN	static
3ffe:400:650::/48	E-PLUS	-
3ffe:400:660::/48	Cyberphoria	static
3ffe:400:670::/48	BBN GmbH	static
3ffe:400:680::/48	IPv6 Project Wohnheim Dietrichsdorf (Kiel)	static
3ffe:400:690::/48	IBM-AIX-SS	-
3ffe:400:6b0::/48	TelemaxX Telekommunikation GmbH	static
3ffe:400:6c0::/48	TASKIN	-
3ffe:400:6d0::/48	PACKETSTORM	static
3ffe:400:6e0::/48	Projekt Avalon	static

6bone-Präfix	Zugeteilt an	Routing
3ffe:400:700::/48	Studierende im Netz Ruhr Uni Bochum	static
3ffe:400:710::/48	ALP-DILLINGEN	static
3ffe:400:720::/48	ISB GmbH	static
3ffe:400:730::/48	SERVERCRAFT	-
3ffe:400:740::/48	BIODATA	-
3ffe:400:750::/48	ITNS	-
3ffe:400:760::/48	ISION	-
3ffe:400:770::/48	TEAW	static
3ffe:400:780::/48	TZI	static
3ffe:400:790::/48	Bürgernetz Bayreuth	static
3ffe:400:7a0::/48	Technologie-Zentrum Informatik Uni Bremen	static
3ffe:400:7c0::/48	PNEUMANN	-
3ffe:400:7d0::/48	STIFI	-
3ffe:400:7e0::/48	sysTime solutions AG	static
3ffe:400:7f0::/48	OPENUMS	-
3ffe:400:800::/48	CARMUNITY	-
3ffe:400:810::/48	Rosenkeller Jena	static
3ffe:400:820::/48	XMB-BERLIN	-
3ffe:400:830::/48	Bürgernetzverein Altmühltal e.V.	static
3ffe:400:840::/48	BN-PFAFFENWINKEL	-
3ffe:400:850::/48	azrael.net	static
3ffe:400:860::/48	NET-LAB	-
3ffe:400:870::/48	Felix Klein Gymnasium Göttingen	static
3ffe:400:880::/48	PUG-Wiesbaden	-
3ffe:400:890::/48	BSWS	static
3ffe:400:8a0::/48	7D-AG IPv6 Project	static
3ffe:400:8b0::/48	ABSOLUTLALLES	-
3ffe:400:8c0::/48	TENHAGEN-Netz	static
3ffe:400:8d0::/48	Cosmo-Project Usergroup, Germany	static
3ffe:400:8e0::/48	Wohnheim Duisburg	-
3ffe:400:8f0::/48	PCINFO24	static
3ffe:400:900::/48	gnumonks.org	static
3ffe:400:910::/48	Internet Management GmbH	static
3ffe:400:920::/48	Wohnheim Rostock	-
3ffe:400:930::/48	nordCom GmbH	static
3ffe:400:940::/48	Fachschaft Informatik, Universität Tübingen	static
3ffe:400:950::/48	MW-JABBER	static
3ffe:400:960::/48	WBG-MUEHLHEIM	-
3ffe:400:970::/48	Internet-Service Distel FH Darmstadt	static

6bone-Präfix	Zugeteilt an	Routing
3ffe:400:980::/48	NEPUSTIL	-
3ffe:400:990::/48	TAUNUSSTEIN	static
3ffe:400:9a0::/48	Fraunhofer FOKUS CC SATCOM	static
3ffe:400:9b0::/48	HOTWEB	-
3ffe:400:9c0::/48	AERASEC-KRAFFT	-
3ffe:400:9d0::/48	ESCAPE	static
3ffe:400:9e0::/48	INTTECH	-
3ffe:400:9f0::/48	GN.Tec Duisburg	static
3ffe:400:a00::/48	DOHMAINS	-
3ffe:400:a10::/48	UNI-DUISBURG-PRIV	-
3ffe:400:a20::/48	EDV-Schule Plattling	static
3ffe:400:a30::/48	KGT-Internetservice	static
3ffe:400:a40::/48	MEDIASEC	-
3ffe:400:a50::/48	DFG Forschergruppe Nexus Universität Stuttgart	static
3ffe:400:a60::/48	Toppoint Mailbox e.V.	static
3ffe:400:a70::/48	TOXXIN	static
3ffe:400:a80::/48	COMPLETEL	-
3ffe:400:a90::/48	TELTARIF	-
3ffe:410::32	Digital Equipment Corporation Karlsruhe	static

## B IPv6 Domain Name Service

### B.1 Master Domain Name Service

Domain Name	Service für
join.uni-muenster.de	Universität Münster
ipv6.uni-muenster.de	Universität Münster

### B.2 Master Reverse Domain Name Service

Reverse Domain Name	Service für
4.0.e.f.f.3.IP6.INT	JOIN
1.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	JOIN-Backbone
0.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Münster
0.0.5.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	Universität Münster

### B.3 Reverse DNS Delegationen

Reverse Domain Name	Delegiert an
0.2.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Karlsruhe
0.4.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Technische Universität Berlin
0.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Erlangen
0.6.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Ulm
0.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Göttingen
0.8.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Köln
0.9.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Technische Universität Braunschweig
0.a.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	DFN Berlin
0.d.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Berkom Berlin
0.0.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Bieringer
0.1.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Service Network GmbH Göttingen
0.3.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Forschungsgesellschaft FGAN/FFM Wachtberg
0.5.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Multimediahaus GmbH Meinerzhagen
0.6.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Wunsch GmbH Bonn
0.7.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Bremen
0.8.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Leipzig
0.9.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	GMD Fokus GmbH Berlin
0.e.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Berufs- und Informationszentrum Worms
0.f.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Planet GmbH Schwerin
0.0.2.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Rhein-Sieg Sankt Augustin
0.1.2.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Ping Net GmbH Hannover
0.3.2.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Augsburg
0.5.2.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Furtwangen
0.7.2.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Munich.Net ISP München

Reverse Domain Name	Delegiert an
0.8.2.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Leipzig
0.9.2.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	GeFoeKom e.V. Würzburg
0.2.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Kommunikationsnetz Franken
0.3.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Gelsenkirchen
0.5.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Siemens Istac
0.6.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	ABC Telemedia AG Regensburg
0.7.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	IABG mbH Ottobrunn
0.8.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	TOBIT Software GmbH Ahaus
0.9.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Bingen
0.a.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Transkom GmbH Kaiserslautern
0.b.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Infraserv Gendorf Burgkirchen
0.c.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Offenburg
0.d.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule für Technik Esslingen
0.e.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Nahenet ISP Bad Kreuznach
0.f.3.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Schlund+Partner AG ISP Karlsruhe
0.3.4.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Fachhochschule Regensburg
0.5.4.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Universität Bonn
0.7.4.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Scram-net e.V.Hockenheim
0.8.4.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Dresearch GmbH Berlin
0.b.4.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	BelWue Karlsruhe
0.f.4.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	plan b. GmbH
0.0.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	BCC
0.1.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	WALLEDCITY
0.3.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	BBC Neuss
0.4.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	JOOS
0.5.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	TEUTONET
0.7.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	SPORT-IDLER
0.8.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	WH-FURTWANGEN
0.9.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	MU-LUEBECK
0.a.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Kästner Internetservices
0.b.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Sevenval GmbH
0.c.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Animexx e.V.
0.d.5.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	KDRS
0.0.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	SQUENZ
0.1.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	SO36-NET
0.3.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	COMPUTERMAN
0.4.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	SB-NET
0.6.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Cyberphoria
0.7.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	BBN GmbH

Reverse Domain Name	Delegiert an
0.8.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	IPv6 Project Wohnheim Dietrichsdorf Kiel
0.b.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	TelemaxX Telekommunikation GmbH
0.c.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	TASKIN
0.d.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	PACKETSTORM
0.e.6.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Projekt Avalon
0.0.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Studierende im Netz Ruhr Uni Bochum
0.1.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	ALP-DILLINGEN
0.2.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	ISB GmbH
0.7.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	TEAW
0.8.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	TZI
0.9.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Bürgernetz Bayreuth
0.a.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Technologie-Zentrum Informatik Uni Bremen
0.b.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Cybernet AG
0.c.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	PNEUMANN
0.e.7.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	sysTime solutions AG
0.0.8.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	CARMUNITY
0.1.8.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Rosenkeller Jena
0.3.8.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Bürgernetzverein Altmühltal e.V.
0.5.8.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	azrael.net
0.1.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	Digital EARC

## B.4 Slave Domain Name Service

Domain Name	Master Server	Slave Service für
ipv6.uni-c.dk	130.225.243.40	UNI-C Dänemark
ipv6.uni-erlangen.de	131.188.2.40	Universität Erlangen
ipv6.uni-köln.de	134.95.100.209	Universität Köln
ipv6.wunsch.net	195.145.5.2	Wunsch GmbH Bonn
ipv6.fokus.gmd.de	193.175.133.82	GMD Fokus GmbH Berlin
ipv6.planet.de	194.59.16.20	Planet GmbH Schwerin
ipv6.rc23.cx	62.159.58.134	WALLED CITY
ipv6.bnbt.de	213.69.19.80	Bürgernetz Bayreuth
ipv6.tzi.de	134.102.218.73	TZ Informatik Uni Bremen
ipv6.rosenkeller.org	3ffe:400:810::1	Rosenkeller Jena
ipv6.uni-essen.de	132.252.150.128	Universität Essen
rev-ipv6.tenhagen.net	62.192.1.22	TENHAGEN
ipv6.fhtw-berlin.de	2001:638:801:1::1	FHTW Berlin
ipv6.escape.de	194.120.234.254	Escape e.V. Braunschweig
ipv6.tm.uka.de	141.3.71.12	Universität Karlsruhe
ipv6.tm.uni-karlsruhe.de	141.3.71.12	Universität Karlsruhe

## B.5 Slave Reverse Domain Name Service

Reverse Domain Name	Master Server	Slave Service für
0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	192.76.176.9	DFN
1.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	192.76.176.9	DFN
1.0.2.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	195.37.70.66	CCRLE Heidelberg
4.0.2.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	3ffe:400:20::11	Universität Karlsruhe
1.0.8.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	141.45.4.9	FHTW Braunschweig
0.0.a.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	131.188.3.116	Universität Erlangen
1.0.a.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.INT	194.95.108.11	Fachhochschule Regensburg
1.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.182.135.1	Telebit Dänemark
4.1.e.f.f.3.IP6.INT	130.225.243.40	UNI-C Dänemark
0.2.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	141.3.71.12	Universität Karlsruhe
0.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	131.188.2.40	Universität Erlangen
0.9.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	134.169.33.119	Technische Universität Braunschweig
0.a.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	192.76.176.9	DFN Berlin
0.d.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	141.39.66.114	Berkom Berlin
0.f.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	132.252.150.128	Universität Essen
0.0.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.226.187.51	Bieringer
0.1.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	193.159.217.2	Service Network GmbH Göttingen
0.3.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	128.7.2.5	Forschungsgesellschaft FGAN/FFM
0.6.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.145.5.2	Wunsch GmbH Bonn
0.9.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	193.175.133.82	GMD Fokus GmbH Berlin

Reverse Domain Name	Master Server	Slave Service für
0.e.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.95.191.71	BIZ Worms
0.f.1.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.59.16.20	BIZ Planet GmbH Schwerin
0.0.2.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.95.66.96	Fachhochschule Rhein-Sieg
0.3.2.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	141.82.31.150	Fachhochschule Augsburg
0.5.2.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	141.28.66.1	Fachhochschule Furtwangen
0.7.2.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	199.108.107.15	Munich.Net ISP München
0.8.2.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	3ffe:400:280::1	Universität Leipzig
0.3.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	193.175.175.156	Fachhochschule Gelsenkirchen
0.5.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.138.116.11	Siemens Istac
0.6.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.222.124.7	ABC Telemedia AG Regensburg
0.7.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.139.245.10	IABG mbH Ottobrunn
0.a.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.28.33.34	Transkom GmbH Kaiserslautern
0.b.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	193.98.93.75	Infraserv Gendorf Burgkirchen
0.c.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	141.79.65.118	Fachhochschule Offenburg
0.d.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	134.108.35.58	Fachhochschule Esslingen
0.e.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	62.208.73.170	Nahenet ISP Bad Kreuznach
0.f.3.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.227.35.123	Schlund+Partner AG ISP Karlsruhe
0.3.4.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.95.108.11	Fachhochschule Regensburg
0.5.4.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	131.220.4.211	Universität Bonn
0.8.4.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.90.255.66	Dresearch GmbH Berlin
0.f.4.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.227.14.25	plan b. GmbH
0.1.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	62.159.58.134	WALLEDCITY
0.3.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.27.219.198	BBC Neuss
0.4.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.222.239.248	JOOS
0.8.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	141.28.228.98	WH-FURTWANGEN
0.9.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	141.83.200.50	MU-LUEBECK
0.c.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.222.116.30	Animexx e.V.
0.e.5.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	216.216.47.189	Medikat GmbH
0.0.6.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.145.150.107	Squenz Internetdienstleistungen
0.1.6.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.84.245.60	SO36-NET
0.3.6.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.243.250.26	COMPUTERMAN
0.6.6.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	62.154.183.65	Cyberphoria
0.7.6.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	3ffe:400:670::2	BBN GmbH
0.1.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.95.207.51	ALP-DILLINGEN
0.7.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	3ffe:400:770::1	TEAW
0.8.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.27.111.105	TZI
0.9.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	213.69.19.80	Bürgernetz Bayreuth
0.a.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	134.102.218	TZI Uni Bremen
0.c.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.162.3.54	PNEUMANN

Reverse Domain Name	Master Server	Slave Service für
0.e.7.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.66.133.141	sysTime solutions AG
0.1.8.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	3ffe:400:810::1	Rosenkeller Jena
0.7.8.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	134.76.252.162	Felix Klein Gymnasium Göttingen
0.c.8.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	62.192.1.22	TENHAGEN
0.d.8.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	213.83.6.106	Cosmo-Project Usergroup Germany
0.f.8.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.46.113.53	PCINFO24
0.1.9.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	213.178.0.39	Internet Management GmbH
0.9.9.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	193.17.17.34	TAUNUSSTEIN
0.a.9.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	213.68.131.130	SATCOM-FOKUS
0.d.9.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	194.120.234.254	Escape e.V. Braunschweig
0.1.a.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	134.91.6.93	UNI-DUISBURG-PRIV
0.2.a.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	217.64.64.129	EDV-Schule Plattling
0.5.a.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	129.69.171.2	FG Nexus Universität Stuttgart
0.6.a.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	195.244.243.14	Toppoint Mailbox e.V.
0.7.a.0.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	217.172.180.99	TOXXIN
0.2.0.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	212.52.194.36	VIANOVA
0.9.0.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	193.225.158.39	T-NET Project
0.d.0.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	152.66.214.113	SZRUMI
0.e.0.1.0.0.4.0.e.f.f.3.IP6.INT	217.26.64.160	Verat D.O.O.