Domain Name Services

Lisa Golka (RUS)
Ulrike Dillmann, Juergen Georgi (BelWue-Koordination)

NAMESERVER Das Domain Name System und die Verwaltung einer Internet-Domain in Deutschland

2. Auflage

Vorwort

Das Ziel des vorliegenden Dokuments ist es, eine Anleitung fuer die Teilnahme im Domain Name System (DNS) und zum Betrieb eines Nameservers zu geben.
Dieses Handbuch bietet keine Einfuehrung in Verteilte Directory Systeme und verzichtet auf einer Bewertung dieser sowie auf einem Vergleich zwischen DNS und X.500.

Es wurde weitgehend versucht, keine Spezialkenntnisse des Domain Name Systems vorauszusetzen. Ein ergaenzendes Studium der einschlaegigen RFCs ist in jedem Fall vorteilhaft.

Das Handbuch ist in zwei Teile geteilt:

Der theoretische Teil (Kapitel 1--3) befasst sich hauptsaechlich mit der Methode, weltweit eindeutige und sinnvolle Namen fuer Netzknoten zu vergeben. Die Verfahrensweise, um die Zuordnung dieser Namen zu Internet Adressen zu erreichen, ist ebenfalls beschrieben.

Der praktische Teil (Kapitel 4--7) enthaelt Details und Hinweise, wie man einen BIND-Nameserver richtig konfiguriert und betreibt. Dies ist besonders wichtig, weil eine ordnungsgemaesse Verwaltung einer Domain Voraussetzung fuer eine reibungslose Teilnahme am Internet ist.

Das Papier basiert auf den Erfahrungen mit der Einfuehrung und dem Betrieb von Domain Nameservern am Rechenzentrum der Universitaet Stuttgart (RUS), sowie den Universitaeten des Landesforschungsnetzes BelWue (Baden-Wuerttembergs extended LAN).
Geschrieben wurde es im wesentlichen von Lisa Golka unter Mitwirkung

von Ulrike Dillmann und Juergen Georgi.
Anregungen und Beitraege hat Michael Hebgen (Uni Heidelberg) geliefert.
Weitere Anregungen sind von Ingo Kleinschroth (Uni Stuttgart),
Matthias Melcher (Uni Heidelberg) und Juergen Rauschenbach (DFN Verein) gekommen.
Wertvolle Bemerkungen haben Jochen Bruening (Uni Konstanz) und
Detlef Schmidt (TU Braunschweig) beigetragen.

Fuer Korrekturen sei R. Horn und K.-D. Mayer-Spohn gedankt; bei den
LaTeX - Problemen halfen B. Burr und F. Keim.

Fuer weitere Anregungen und Verbesserungsvorschlaege sind wir dankbar,
da die Qualitaet einer solchen Anleitung von den eingeflossenen
Erfahrungen vieler Personen abhaengt. Verwenden Sie hierfuer bitte
eine E-Mail an dns-handbuch@belwue.dbp.de.

Das Handbuch kann per anonymous ftp vom Infoserver
rusmv1.rus.uni-stuttgart.de (129.69.1.12) im Verzeichnis
info/netze/belwue/handbuecher (dns.ps oder dns.hp) geholt werden;
eine Hardcopy koennen Sie (notfalls) ueber obige Mailadresse erhalten
und in beschraenkter Auflage vom DFN-Verein (Herrn J. Rauschenbach,
Pariserstr. 44, 1000 Berlin).

Stuttgart, den 12. August 1991

Peter Merdian
BelWue-Koordination

Kapitel 1

Das Domain Name System (DNS)

1.1 Einfuehrung

Mit zunehmender Ausbreitung der Computer-Netzwerke hat auch die
Anzahl der vernetzten Rechner und anderer Objekte der Datenkommunikation rapide zugenommen. Die Vergabe und Verwaltung der Namen dieser Objekte wurde dadurch nicht nur komplexer, sondern gewann immer mehr an Bedeutung.

Die urspruenglich verwendete Methode einer zentral gewarteten Host-Datei zur Verwaltung von Rechnernamen wurde schnell unausfuehrbar.
Man erkannte, dass nur ein dezentralisierter Naming-Service mit lokal verwalteten Namen mit dem rapiden Zuwachs der vernetzten Rechner Schritt halten kann.
Schon im Jahre 1983 wurde der Grundstein dieses Dienstes durch die Definition des Domain Name Systems (DNS) gelegt.

Das DNS ist ein verteiltes Directory-System. Aufgabe eines Directory-Systems ist das Verwalten von Informationen ueber Objekte, in diesem Fall ueber Objekte der Datenkommunikation.

Als zentrale Komponente dieses Systems wird die hierarchische Strukturierung des Domainnamensraums betrachtet, welche die dezentralisierte Verwaltung der Informationen ermoeglicht.

Mit Nameservice wird ein Dienst bezeichnet, der von mehreren miteinander kommunizierenden Systemen erbracht wird unter Verwendung von verteilten DNS-konformen Daten.

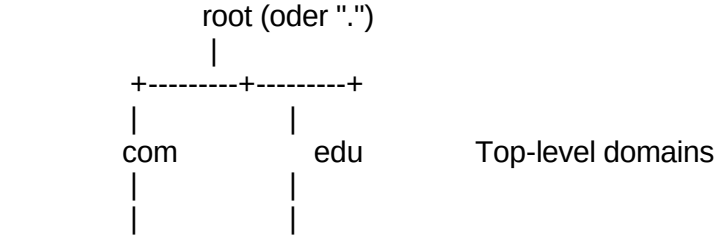
Obwohl das DNS unter dem Druck des schnell wachsenden Internet konzipiert wurde, ist es maechtig genug, um unterschiedliche Netzprotokolle zu unterstuetzen. Hier wird es jedoch als Teil des Internet betrachtet.

1.2 Die Grundidee des DNS

Ziel des DNS ist es, die dezentrale Verwaltung von Informationen ueber Objekte der Datenkommunikation zu ermoeglichen. Diese dezentrale Verwaltung der Informationen, sowie die Eindeutigkeit der Objektnamen kann nur durch eine hierarchische Strukturierung des Namensraums erreicht werden; somit stellt diese die zentrale Komponente des DNS dar.

Eine Domain ist ein kompletter Ast dieser baumartigen Struktur. Es ist dann leicht, Aeste des Baumes einzelnen Administratoren zuzuordnen. Der Administrator kann, nach Bedarf, die Kontrolle ueber Teile seines Astes an eine andere Person delegieren usw. Man bezeichnet eine Domain abzueglich aller delegierten Aeste als Zone. Der Administrator einer Zone ist zur Verwaltung aller Namen in seinem Zonenbereich bevollmaechtigt.
Ein Beispiel: Der Administrator der Domain ucla.edu kann die Subdomain ai.ucla.edu an einen anderen vergeben, dadurch entstehen zwei Zonen fuer die Domain ucla.edu: die erste enthaelt ucla.edu mit allen Subdomains ausser ai.ucla.edu, die zweite besteht nur aus der Domain ai.ucla.edu.

Durch die Baumstruktur des Namensraumes ist die Eindeutigkeit der Knotennamen weltweit gewaehrleistet. Der Datenadministrator einer Domain muss dafuer sorgen, dass in seiner Domain die Namen eindeutig sind. Der Name sun1.twg.com und sun1.ucla.edu sind weltweit eindeutig.



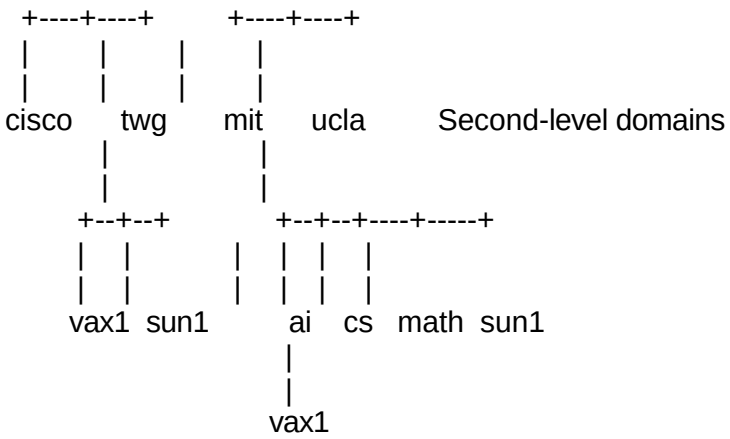


Abbildung 1.1: Beispiel fuer die Baumstruktur des Namensraums

Die Verwaltung dieser Informationen wird von einem verteilten Directory-Dienst (Nameserver) unterstuetzt.
Die haeufigste Verwendung des Systems, das in der Funktionalitaet einem Telefonbuch (englisch Directory) entspricht, ist die Zuordnung von Name zu Adresse.
Die Daten koennen sowohl Benutzern wie auch Applikationen durch spezielle Software (Resolver) zur Verfuegung gestellt werden.
Inzwischen aber wird das DNS nicht nur zur Verwaltung von Hostinformationen verwendet, sondern auch fuer sogenannte Mail-Exchange Informationen. Letztere ermoeglichen das Steuern von elektronischer Mail zu den fuer das Verteilen zustaendigen Rechnern (siehe hierzu Kapitel 5 mailrouting auf Seite 27).

Kapitel 2

Die Komponenten des DNS

Das DNS besteht aus drei Hauptkomponenten /RFC 1034/:

- Dem Domainnamensraum mit den entsprechenden Resource Records (RR)
  Die RR sind Datensaetze, die die Objekte des Namensraums beschreiben.

- Den Nameservern (NS)
  Diese sind Programme, die ueber Informationen eines Teils des Namensraums verfuegen. Wenn ein NS komplette Informationen ueber einen Teil des Namensraums besitzt, kann er als Authority fuer diesen Namensraum bezeichnet werden (im Gegensatz zum Caching-Only-Server, der ueber keine ``authoritative'' Informationen verfuegt, siehe 2.3 auf Seite 7).

- Den Resolvern
  Sie stellen die aufrufbare Schnittstelle fuer die Kommunikation zwischen einem Benutzerprozess und einem NS dar. Sie sind in der Lage, Informationen aus Nameservern zu extrahieren und dem aufrufenden

Prozess zur Verfuegung zu stellen.

2.1 Der Domainnamensraum und die Resource Records

Das Domain Name System (DNS) ermoeglicht die hierarchische Strukturierung eines Namensraums.
Der Namensraum wird als Baum mit unterschiedlicher ``Tiefe'' dargestellt; die Blaetter und Knoten des Baums werden als ``Label'' bezeichnet. Der volle Domainnamen eines Objekts des Raums besteht aus der Verkettung aller Label auf dem Pfad vom Objekt zu der Wurzel des Baums. Die einzelnen Label werden dabei durch Punkte getrennt. Z.B. lautet der volle Namen des Rechners rusvx1 rusvx1.rus.uni-stuttgart.de. (siehe Abbildung 3.1 auf Seite 14).

Label sind Zeichenketten mit einer Laenge von 0--63 ASCII-Zeichen.
Sie muessen mit einem alphabetischen Zeichen anfangen. (Diese Vorschrift wurde bereits gelockert; Label duerfen mit numerischen Zeichen beginnen, aber nicht nur aus numerischen Zeichen bestehen, um moegliche Konflikte mit IP-Adressen zu vermeiden. /RFC1123/,/RFC1101/)
Der Label mit der Laenge 0 ist fuer die Wurzel des Baums (root) reserviert, d.h. der komplette Name eines Objekts muss mit einem Punkt abgeschlossen werden. Solche Namen werden als absolute Domainnamen bezeichnet.
Die gesamte Laenge eines Namens sollte 255-n nicht ueberschreiten (n ist die Anzahl der Label des vollen Domainnamens).

Domains sind administrative Gebilde, die eine dezentralisierte Verwaltung von Namen erlauben. Die Struktur einer Domain sollte so gestaltet werden, dass sie moeglichst die Struktur der kontrollierenden Organisation reflektiert: die Namen werden mit unterschiedlicher ``Tiefe'' gewaehlt, abhaengig von der Groesse und Komplexitaet einer Organisation. Beispielsweise kann eine Universitaet ihren Namensraum so unterteilen, dass dieser der Strukturierung der Universitaet in Fakultaeten bzw. Instituten entspricht.

Eine administrative Entscheidung /RFC 920/ hat die Top-Level Domains festgelegt:
Es sind ISO-Laender-Codes (z.B. DE fuer Deutschland) und die folgenden organisatorischen Kategorien:

MIL > US-Militaer
GOV > US-Regierung
EDU > Bildungswesen
COM > Kommerzielle Einrichtungen
NET > Netzwerk- und Netzwerk-Management-Organisationen
ORG > Andere ``non-profit'' Organisationen
ARPA > Wird nicht mehr als Teil von Rechnernamen verwendet.
INT > Internationale Organisationen. Wurde spaeter eingefuehrt; wird kaum verwendet.

Die Daten, die ein Objekt im DNS beschreiben, werden als ein Satz von Resource Records (RR) dargestellt.
Es gibt mehrere RR-Typen, die unterschiedliche Informationen ueber ein Objekt enthalten.
So wird z.B. im RR vom Typ A die Zuordnung Objektname - Adresse festgehalten. RR des Typs HINFO enthalten hostspezifische Informationen wie Hardware und Betriebssystem.

Hier nun die Datenfelder eines RR:
(Eine ausfuehrliche Beschreibung der RR-Formate findet man in /RFC 1033-35/ und den Domain-Administrators Guides verschiedener Software-Hersteller.)

[] []

name > Der Domainname des Objekts zu dem der RR gehoert.
class > Protokollgruppe (IN = Internet, CH = Chaosnet, HS = Hesiod).
type > RR-Typ.
ttl > time to live (in Sekunden); Zeit wie lang dieser RR gueltig ist und gecached werden darf.
rdata > Daten, die das Objekt beschreiben, zu dem dieses RR gehoert. Die Datenformate sind abhaengig vom RR-Typ (s.u.).

Hier einige RR-Typen, die haeufigsten in der NS-Konfiguration verwendet werden: (alle anderen RR-Typen, insbesondere WKS, MB, MG, MINFO und MR Resource Records werden in der Regel nicht verwendet.}

RR	Funktionalitaet	RDATA-Feld
A	Die Adresse eines Hosts	32-bit IP-Adresse
CNAME	Definition eines Aliasnamen zu einem Canonical Name	Domainname (Canonical Name)
HINFO	Host-Info wie Typ und Betriebssystem	CPU und Betriebssystem CPU und Betriebssystem
MX	Mail-Exchange	16-bit preference, Name des Mailhost
NS	Ein authoritativer Nameserver	Hostname
PTR	Zeiger (pointer) zu einem Domainnamen	Domainname
SOA	Definiert ``Start Of Authority'' fuer eine Zone	mehrere Felder (NS-Name, Fehler-Mailbox, Serial-Nr. der Zonendaten, mehrere Timer)

Beispiele:

```
rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.  86400  IN  A      129.69.1.2
rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.         IN  HINFO  VAX8810 VMS-5.1
2.1.69.129.in-addr.arpa.      86400  IN  PTR    rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.
ibmvm.rus.uni-stuttgart.de.          IN  CNAME  rusvm1.rus.uni-stuttgart.de.
```

2.2 Die IN-ADDR.APRA-Domains

Das Auffinden der Adresse eines Knotens im Internet-Namensraum geschieht durch eine gezielte Durchsuchung des hierarchischen Namensbaums und ist verhaeltnismaessig leicht.
Umgekehrt ist das Auffinden des Namens eines Knotens, dessen Adresse bekannt ist, im Prinzip nicht moeglich, ohne dass der ganze Baum durchsucht wird.

Um Letzteres zu erleichtern, wurde eine Domain eingefuehrt, welche Adressen als Teil eines Namens benutzt, der wiederum zu dem Domainnamen des gesuchten Rechner zeigt. Die Domain, mit der das ``Adresse zum Namen''-Mapping verwirklicht wird, heisst IN-ADDR.ARPA. Namen in dieser Domain dienen als eine Art invertiertes Register, das die Zuordnung der Adresse zum Namen ermoeglicht. Diese Namen werden so dargestellt:

.IN-ADDR.ARPA

wobei eine IP-Adresse repraesentiert, in der die Reihenfolge der Bytes umgedreht wurde. Solche Namen werden als Zeiger nach gueltigen Namen des Internet-Namensraums verwendet. Letzteres wird mit Hilfe der sogenannten Pointer(PTR)-RRs realisiert. Z.B. im folgenden RR zeigt der IN-ADDR.ARPA-Name eines Rechners mit der IP-Adresse 129.69.1.31 zu seinem gueltigen Internet-Namen (canonical name):

```
31.1.69.129.IN-ADDR.ARPA.  IN PTR  rusvm1.rus.uni-stuttgart.de.
```

Im allgemeinen sind die NS fuer die obersten IN-ADDR.ARPA-Domains den Root-Servern bekannt.

2.3 Nameserver

Ein Nameserver ist ein Programm, das ueber Informationen eines Teils des Namensraums verfuegt und in der Lage ist, Fragen (Queries) ueber diese Informationen zu beantworten. (Das Format dieser Anfragen und der dazugehoerenden Antworten sind in /RFC 1035/ beschrieben.)

Es gibt verschiedene Kategorien von NS:

1. Root-Server:}

Sie sind die obersten Authorities. Sie verfuegen ueber komplette Informationen fuer alle Internet Top-Level Domains und sie sind in der Lage, den zustaendigen NS fuer eine beliebige Subdomain zu ermitteln. (Das Leben ist aber etwas komplizierter; mindestens bis August 1990 enthielten die Root- und Top-level Server nur Informationen ueber NS, die zustaendig fuer ``connected''-Netze waren, d.h. Informationen von Objekten in nicht ``connected''-Netzen waren/sind entweder gar nicht oder ueber Umwege erreichbar, siehe auch Kapitel 3.2 ``Die DE-Zone'' auf Seite 10.)

2. Top-level Domainserver:

Sie kennen alle NS fuer die Second-level Domains in ihrer Zone. (Siehe Seite 2 fuer die Definition einer Zone. Technisch wird eine Zone als ein zusammenhaengender Teil des Domainnamensraums betrachtet, welches durch eine Datei mit den RRs der Objekte der Zone realisiert wird. Diese Datei muss dann mit einem SOA-Record beginnen.)

3. Master-Server:

Sie sind immer ``authoritative'' fuer eine oder mehrere Zonen. Es gibt:

- Primary Nameserver und
- Secondary Nameserver

Die Primary-NS laden ihre Zonendaten von einer Datei, waehrend die Secondary-NS vom Primary-NS ihre Daten erhalten, welche (optional) in eigenen Backup-Dateien abgespeichert werden.
Jedesmal, wenn ein Secondary-NS bootet, laedt er seine Daten aus der Backup-Datei (falls vorhanden) und ueberprueft durch den Vergleich der Serial-Nr. des SOA-RRs des Primary mit seiner eigenen die Aktualitaet der Daten. Um die Probleme zu vermeiden, die mit Ausfall oder Ueberlastung eines Nameservers verbunden sind, ist erforderlich, dass jede Zone des Domainnamensraums neben dem zustaendigen Primary Nameserver einen oder besser mehrere Secondary Nameserver betreibt.

4. Caching-Server:

Alle Nameserver sind Caching-Server, d.h. sie speichern die aus anderen NS erworbenen Kenntnisse ueber den Domainnamensraum. Diese Daten bleiben solange erhalten, wie das ttl-Feld (time to live) in dem entsprechenden RR angibt /RFC 1034/.
Ein Caching-Only-Server ist ein Nameserver ohne Authority ueber eine Domain und somit ohne eigenen Daten. Er beantwortet Anfragen mit Informationen aus seinem Cache oder durch Fragen von ``authoritative'' Nameservern. Seine Antworten sind dann als ``non-authoritative'' bezeichnet. Caching-Server bieten somit einen Mechanismus zur Entlastung anderen zentralen NS an.

5. Forwarder-Server:

Sie sind NS mit voller Internet-Konnektivitaet, d.h.

sie koennen problemlos Informationen von den Root-Servern oder anderen Master-Servern holen. Sie werden von anderen Nameservern zur ``Erledigung" von Abfragen benutzt, die diese nicht beantworten koennen oder ``wollen". Dadurch kann der Forwarder in kurzer Zeit ein grosses Cache bilden, was die Antwortzeit in vielen Faellen erheblich verkuerzt. Ein Nameserver sollte einen Forwarder-Server benutzen, wenn die Verbindung zu den Root-Nameservern fehlt oder wenn eine ueberlastete USA-Leitung von zusaetzlichem NS-Verkehr entlastet werden soll.

6. Slave-Server:

Ein Slave-Server hat feste Vorgaben, welche anderen NS er fuer Queries, die er nicht selber beantworten kann, befragen darf. Diese sind in seiner Konfiguration als Forwarder eingetragen. Ein Slave wird niemals die Root-Server oder andere ihm uebergeordnete NS direkt fragen, sondern nur die als Forwarder spezifizierten NS. Ein Slave-Server kann durchaus Master-Server fuer eine oder mehrere Zonen sein.

Das vorliegende Handbuch handelt von der Konfiguration der Master-Server; wenn im folgenden von Primary NS, Secondary NS oder NS die Rede ist, ist ein Master-Server gemeint.

2.4 Name-Resolver

Resolver sind Programme, die in der Lage sind, Informationen aus Nameservern abzufragen. Sie stellen eine aufrufbare Schnittstelle zum NS-Dienst dar. Der Resolver befindet sich auf dem gleichen Rechner wie das Programm, welches seine Dienste benoetigt, muss aber meist Nameserver fragen, die sich auf entfernten Rechnern befinden. Resolver koennen eigenstaendige Programme oder sie koennen an die Applikation angebunden sein. Sie ersetzen den Applikationen daher den Zugriff auf die Hostdateien.

Es gibt prinzipiell zwei Abfragestrategien im DNS: Man kann die NS Top-down fragen bis die gesuchte Antwort gefunden ist, oder man kann einen Nameserver beauftragen, diese Aufgabe zu erledigen. Resolver verwenden eben diese zwei Methoden um Nameresolution zu erreichen. Dafuer brauchen sie die IP-Adresse von mindestens einem NS, der in der Lage ist, auch nicht-lokale Fragen zu beantworten.

Der Resolver kann nun seine Frage stellen mit gleichzeitigem Verlangen von ``recursion" oder ``no recursion". Im ersten Fall muss der gefragte NS andere NS kontaktieren, bis er die Frage des Resolvers vollstaendig beantwortet hat. Dann schickt er die Antwort an den Resolver zurueck. Im zweiten Fall gibt der gefragte NS eine Liste von Nameservern zurueck, die diese Fragen beantworten koennten. Der Resolver ist dann fuer die weitere Namensresolution verantwortlich.

Die ueblichen Resolver Implementierungen reflektieren die oben geschilderten Abfragestrategien. Es gibt sogenannte ``Stub''-Resolver, die nur die rekursive Methode verwenden. Die ``Full''-Resolver koennen auf beide Methoden zurueckgreifen. Die rekursive Methode wird nur dann verwendet, wenn sowohl der Resolver wie auch der NS sich auf ihre Verwendung geeinigt haben. Resolver, die Teil einer Applikation sind, sind in der Regel ``Stub''-Resolver. Dies vereinfacht die Implementierung (alles erledigt der Nameserver).

In manchen Implementierungen ist noch eine wichtige Funktion des Resolvers vorhanden: Die erwobene Informationen werden durch Caching ttl-Sekunde lang aufgehoben, was die Netzwerk- und Nameserverbelastung erheblich reduzieren kann. Resolver, die nicht eigenstaendige Prozesse sind, sondern Teil einer Applikation, cachen die erworbene Kenntnisse nicht, sodass die Informationen bei Bedarf neu geholt werden muessen.

Bekannte interaktiv aufrufbare Resolver ohne Caching-Funktion sind die Programme nslookup und dig. (siehe Kapitel 6 fuer Beispiele und Beschreibung).

Kapitel 3

Das DNS in Deutschland

3.1 Die Top-level Domain DE

Die Internet-Domain DE (DE ist der ISO-Laender-Code fuer Deutschland.) wird vom Institut fuer Informatik der Universitaet Dortmund (siehe ``Kontaktadressen'' auf Seite 17) verwaltet. Die technischen Hauptaufgaben, die mit der Verwaltung dieser Domain verbunden sind, umfassen:

- Betreiben eines Primary Nameservers sowie Koordination des Secondary Name-server-Dienst fuer DE.

- Das Registrieren der Subdomainnamen (2nd Level Domainnamen) unterhalb DE. Registrieren bedeutet hier, dass die neue Subdomain zusammen mit ihren Master-Nameservern in die offiziellen Nameserver fuer {tt DE} eingetragen wird. Fuer die Auswahl der 2nd Level Domainnamen werden bestimmte Richtlinien eingehalten (siehe Abschnitt 3.3)

- technische Beratung fuer Domain Administratioren.end{itemize}

3.2 Die DE-Zone

Um die volle Funktionalitaet des DNS zu gewaehrleisten, muessen alle Second-level Domains bei dem Verwalter der entsprechende Top-level

Domain registriert sein. Fuer die amerikanischen und IN-ADDR.ARPA Domains ist DDN-NICindex{DDN-NIC} zustaendig. Fuer Deutschland der Verwalter der Domain DE. Diese sorgen dann dafuer, dass entsprechende Eintraege in die Top-level Domainserver gemacht werden.

Nun etwas Vorgeschichte:
Bis August 1990 durften bei DDN-NIC nur Domains registriert werden, wenn die IP-Adressen der Knoten dieser Domain aus den ``connected" -Netzen (``Connected" sind die Netze, die mit dem globalen Internet verbunden sind. Was sich genauer unter dem Term ``connected" verbirgt, ist im /RFC 1174/ ausfuehrlich erklaert.) entstammten.
Dies hat zu der unguenstigen Situation gefuehrt, dass fuer eine Top-Level Domain zwei verschiedene Datenmengen (Zonen) existieren koennen: Eine Zone enthaelt nur ``connected" Second-level Domains, waehrend die zweite alle enthaelt. Die erste Zone enthaelt ausserdem keine Pointer zu den NSn der zweiten Zone, weil diese, obwohl sie durchaus ``connected" sein koennten, Informationen ueber NS enthalten, die keinen Internet-Anschluss haben.

Wie aus dem /RFC1174/ zu entnehmen ist, hat sich inzwischen die politische Linie der IAB (Internet Activities Board) geaendert. Es scheint, dass im DNS kuenftig keine ``Diskriminierung" mehr anhand des Vorhandenseins des ``connected status" gemacht werden wird. Hier ein Auszug aus diesem RFC:

`The naming and routing should be completely decoupled. In particular, it should be possible to register both a name/domain, as well as address servers within the IN-ADDR Domain, independent of whether the client has ``connected" status or not. This should be implemented immediately by the IR (Internet Registry) at the DDN-NIC ...'

Diese Situation hat bis Juni 1991 den Nameservice in Deutschland gepraegt und dessen Betriebsfaehigkeit beeintraechtigt. Erst Ende Juni 1991 hat die Verwaltung der Domain DE von der oben erwaehnten politischen Aenderung Gebrauch gemacht und die zwei DE-Zonen zusammengefuehrt. D.h. fuer einen NS in Deutschland mit Internet Zugang sind keine ``dirty tricks" mehr notwendig, um die Adressen der Nameserver fuer DE zu erfahren: z.B. statisches Eintragen der DE-Nameserver im eigenen Zonen-File (siehe S. 16). Er erfaehrt sie (wie fuer jede andere Top-Level Domain) direkt von den Root-Nameservern. Somit hat die Zusammenfuehrung der Daten die Betriebsfaehigkeit des DNS in Deutschland stark unterstuetzt.

3.3 Die Second-level Domains unter DE

Die Namen fuer Second-level Domains werden in Zusammenarbeit mit dem Verwalter der Top-Level Domain bestimmt. Sie sind im allgemeinen derart gewaehlt, dass darunter die beantragende Organisation leicht zu identifizieren ist. Die Namen entsprechen weitgehend der Empfehlung des DFN-Vereins fuer dessen X.400 MHS-Namensgebung.

Beispielsweise gilt fuer die Universitaet Stuttgart:

Internet: uni-stuttgart.de
X.400(in RFC822 Notation): uni-stuttgart.dbp.de

Es gibt auch Ausnahmen: Die Universitaeten Braunschweig, Kaiserslautern und Saarbruecken wurden wegen der Ueberlaenge des Staedtenamens als tu-bs, uni-kl und uni-sb registriert. (Es gibt in U.S.A. durchaus bei einigen Mail-Forwardern die Beschraenkung, dass ``leafs'' (Labels) nicht laenger als 12 Character lang sein duerfen. /SCH91/).

In den meisten Faellen verwaltet das Rechenzentrum einer Organisation den Namensraum unterhalb der Second-level Domain und bestimmt, falls notwendig, dessen weitere Unterteilung (siehe unten).
Das Betreiben von richtig konfigurierten und zuverlaessigen Nameservern gehoert weiter zu seinen Aufgaben und ist Voraussetzung fuer die Registrierung seiner Second-level Domain beim Domainadministrator fuer DE.

3.4 Die weitere Aufteilung einer Second-level Domain

Der Verwalter einer Second-level Domain sollte ueberlegen, ob deren weitere Aufteilung in Third-level Domains sinnvoll ist. Dabei ist zu bedenken, dass jede eingefuehrte Subdomain eine eigenstaendige Domain ist und z.B. in der Boot-Datei des Master-Nameservers explizit eingetragen werden muss.

Der Vorteil von Subdomains ist, dass die Rechnernamen nur innerhalb der Third-level Domain eindeutig sein muessen und daher nicht mehr zentral verwaltet werden muessen, was bei grossen Organisationen eine Erleichterung des Verwaltungsaufwands sein koennte.
Die Wahl der Namen der Third-level Domains wird in Abstimmung mit dem Verwalter der uebergeordneten Domain getroffen.

Wie sollen die Namen ausgewaehlt werden, wenn man sich fuer die Einfuehrung von Third-level Domains entscheidet?

Fuer Hochschuleinrichtungen existiert folgende, nicht unstrittiger, Vorschlag des DFN-Vereins:

f(oder i).xx-yyy.de

wobei xx den Typ der Hochschuleinrichtung (z.B. uni, tu, fh usw.), yyy den zugehoerigen Staedtenamen bezeichnet. f ist eine Fakultaetsbezeichnung, die moeglichst in nicht-abgekuerzter Form eingesetzt werden soll. i ist ein Institutsname, der miest in abgekuerzter Form erscheint. (Ein Institutsname wird dann verwendet, wenn das Institut

keiner Fakultaet zugehoert.) Nach dieser Konvention besteht ein Internet-Rechnername dann aus 4 Label:

r.f(oder i).xx-yyy.de

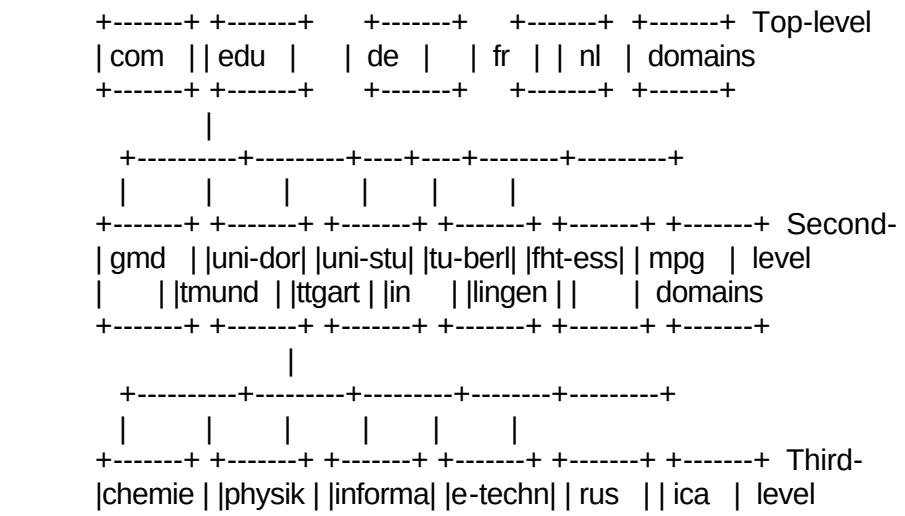
wobei r der Rechnername ist; Beispiel: theoch.chemie.uni-stuttgart.de oder dfuws1.rus.uni-stuttgart.de.

Hier die Gruende, die fuer obiges Schema der Namensgebung sprechen:

- X.400 und Internet Mail-Adressen koennen annaehernd gleich gestaltet werden.
- Die Domainnamen, obwohl ziemlich lang, sind verstaendlich und aussprechbar und mindestens fuer deutschsprechende leicht zu merken.
- Wuerde der Institutsnamen als 3. Label verwendet werden, koennten bei groesseren Hochschuleinrichtungen leicht ueber 100 Subdomains entstehen. Ausserdem sind die Institutsnamen haeufig sehr lang, und die Abkuerzungen oft nicht eindeutig und verwirrend.

Gegen das Schema spricht:

- Die Fakultaetsnamen sind oft sehr lang und fuer nicht deutschsprechende schwer zu merken (Beispiel: Verfahrenstechnik)
- Es gibt Software, die mit Domainnamen von einer Gesamtlaenge groesser als 32 Zeichen Schwierigkeiten hat.(DEC ULTRIX 4.X sendmail)
- Es ist sicher nicht moeglich, ein solches Schema fuer verschiedene unabhaengige Organisationen konsequent einzusetzen. Ein Blick auf die schon verwendeten Namen beweist dies. Die Spezifikation des DNS selbst bietet keinerlei Vorschlaege und Unterstuetzung bezueglich einer zentralisierten und somit einheitlichen Namensgebung.
  Im Gegensatz dazu steht das ``Gebot'' der dezentralen Domainverwaltung, welches nicht nur die Durchsetzung solcher Ideen erschwert, sondern die Legitimitaet der oben erwaehnten Versuche selbst fraglich macht.



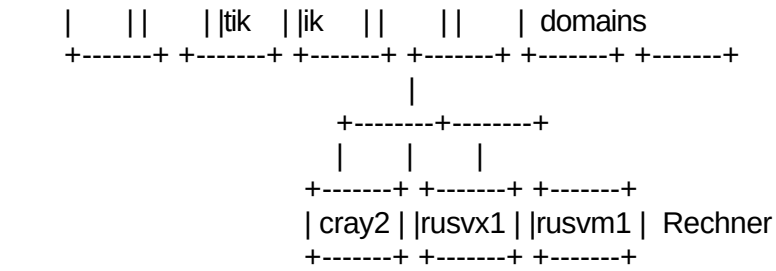


Abbildung 3.1: Die Struktur des Namensraums DE (Ausschnitt)

3.5 Die Strukturierung der IN-ADDR.ARPA-Domains

Meist geht es um IN-ADDR.ARPA-Domains fuer Netze der Klassen B oder C, d.h. Domains der Form:

x.y.z.in-addr.arpa, oder
y.z.in-addr.arpa

Der Verwalter solcher Domains muss diese bei DDN-NIC in den USA registrieren lassen. Voraussetzung dafuer ist, wie ja auch fuer die Second-level Domains, die Angabe von zwei zuverlaessigen Nameservern fuer jede Domain sowie einer Kontaktperson (siehe ``Domain Registration Template'').
Das Vorhandensein des ``connected'' Status des Netzes ist nicht mehr erforderlich. Es ist prinzipiell moeglich, diesen Namensraum analog zu einer Second-level Domain in Subdomains aufzuteilen; hier entsprechen die Subdomains Subnetzen, wie z.B. 1.69.129.in-addr.arpa.
Dies wuerde bedeuten, dass fuer Netze der Klasse B mit 8-Bit-Subnetzmaske bis zu 254 neue Subdomains entstuenden, was den Verwaltungsaufwand erhoehen wuerde. Nur wenn organisatorische Einheiten innerhalb einer Organisation bereit sind, die eigenen Subnetze voellig unabhaengig von den zentralen Verwaltern (Rechenzentrum) zu verwalten und in der Lage sind, zuverlaessige Nameserver zu betreiben, werden sie ermutigt, den IN-ADDR.ARPA-Dienst fuer die eigenen Subnetze zu uebernehmen und die entsprechenden IN-ADDR.ARPA-Subdomains zu kreieren.

3.6 Informationen ueber andere Namensraeume

Da das DNS ein verteiltes Informationssystem ist, muss ein Nameserver in der Lage sein festzustellen, wo die Antwort fuer eine NS-Abfrage zu finden ist. Der NS benoetigt deshalb Informationen ueber die Struktur des gesamten Namensraums, bzw. er muss wissen, welcher NS ueber die gesuchte Informationen verfuegt. Die Root-Server sind in der Lage, anderen Nameservern die zustaendigen Authorities fuer eine Internet Domain mitzuteilen und diese muessen dem lokalen NS bekannt

sein. Durch den Anschluss ans Internet ist der Zugang zu den Root-NS fuer viele Organisationen unproblematisch. Fuer Nameserver ohne Internet-Zugang empfiehlt sich die Angabe von einem bis zwei ``forwarder''. Letztere muessen aber unbedingt Internet-Zugang haben.

Bis vor Kurzem (Juni 1991) gab es noch ein zusaetzliches Problem bezueglich des Zugangs zur Informationen aus dem deutschen Namensraum. Dieses Problem wurde durch die Existenz von zwei Zonen fuer DE hervorgebracht (siehe ``Die DE-Zone'' auf Seite 10).

Von den Root-Servern konnte man nur Informationen ueber die amerikanische DE-Zone abfragen, weil sie keine Verweise zu den deutschen DE-Nameservern enthielten. Dadurch war das Aufloesen von Domainnamen einer Organisation nicht immer erfolgreich, sondern davon abhaengig, ob diese Organisation Zugang zum Internet hatte und somit ``connected'' war. Man hatte dann das Problem durch statisches Eintragen der deutschen DE-Nameserver in die NS-Dateien fuer die eigene Zone geloest.

Hier nun die Adressen der offiziellen, von den Root-Nameservern verbreiteten Nameserver fuer DE, Stand Anfang Okt. 1991. Diese aendern sich leider oft und ohne Vorwarnung, deshalb ist diese Liste mit Vorsicht zu geniessen.

Primary
deins.Informatik.Uni-Dortmund.DE 192.35.64.34

Secondary
iraun1.IRA.UKA.de 129.13.10.90
Sun01a.DESY.DE 131.169.200.2
sunic.sunet.SE 130.237.216.2
192.36.125.2
ns.UU.net 137.39.1.3
ADM.BRL.mil 192.5.25.4
192.5.21.30
mcsun.EU.net 192.16.202.1

Zur Ueberpruefung der aktuellen NS fuer DE bzw. der root-NS siehe Kapitel 6.1.3.

3.7 Kontaktadressen

Domain Registrierung:

Deutsche Second-level Domains:
Ruediger Volk
Universitaet Dortmund
Informatik, IRB
Postfach 500 500
4600 Dortmund 50
Tel.: 0231/755-4760 Fax: 0231/755-2386

de-domain@unido.informatik.uni-dortmund.de oder
de-domain@Germany.EU.net oder
de-domain@unido.uucp oder
de-domain@unipo.bitnet

IN-ADDR.ARPA Government Systems, Inc.
Attn: Network Information Center
14200 Park Meadow Drive
Suite 200
Chantilly, VA 22021
Tel.: +1-800-365-3642 u. +1-703-802-4535
Fax: +1-703-802-8376
hostmaster@nic.ddn.mil oder
registrar@nic.ddn.mil

Anmeldungsformulare koennen auch per anonymous ftp bezogen werden:
Fuer DE-Subdomains von deins.Informatik.Uni-Dortmund.DE
(Datei IP/formulare/domain}), fuer IN-ADDR.ARPA-Domains von
nic.ddn.mil (Datei netinfo/in-addr-template.txt).

Beratung:

Ruediger Volk rv@informatik.uni-dortmund.de
Tel. 0231/755-4760

multicolumn{2}{l} {Fuer} das Landesforschungsnetz Baden-Wuerttemberg,
BelWue:

Juergen Georgi georgi@belwue.dbp.de
Tel. 0711/685-5739
Lisa Golka golka@rus.uni-stuttgart.dbp.de
Tel. 0711/685-5983

Kapitel 4

Die Konfiguration eines BIND-Nameservers

Hier eine Zusammenfassung einiger Richtlinien, wie ein(e) Domain-
administrator(in) einen BSD-BIND Nameserver als Primary und/oder
Secondary fuer eine oder mehrere (Sub)-domains konfigurieren kann.
Die Bedeutung der Daten der verschiedenen RR, die fuer die Konfigu-
ration des Nameservers notwendig sind, wird als bekannt vorausgesetzt.
Man kann Naeheres in mehreren Handbuechern oder RFCs nachlesen.
Die Beispiele beziehen sich auf die Konfiguration eines Nameservers
als Primary fuer eine Second-Level Domain (uni-stuttgart.de) und die
IN-ADDR.ARPA-Domain, die der Netz-Nummer fuer die Universitaet
Stuttgart entspricht.

4.1 Die Konfigurationsdateien

Der Nameserver benutzt mehrere Dateien, um seine Dateien zu laden (Die Namen dieser Dateien sind frei waehlbar; hier werden diejenigen Namen benutzt, die in entsprechenden Handbuechern als "default-Namen"verwendet werden.) Hier ein Ueberblick:

Dateien

NS-Typ	named.boot	named.hosts	named.rev	named.ca	named.local
primary	+	+	+	+	+
secondary	+	*	*	+	+
caching-only	+			+	+
slave-only	+			+	+

Legende: + Datei muss vorhanden sein;
* kann auch weggelassen werden.

Abbildung 4.1: Benoetigte Konfigurationsdateien fuer einen BIND-Nameserver

4.1.1 named.boot

- Primary / Secondary Eintraege.

In der Boot-Datei muss fuer jede Domain, fuer die ein Nameserver Master ist, ein Primary oder Secondary Eintrag mit Angabe der Datei mit den Zonen-Daten vorhanden sein. (Beim Secondary Betrieb werden die Zonen-Daten automatisch vom Primary Nameserver geholt.) Fuer den Secondary Eintrag ist zusaetzlich die IP-Adresse eines Master-NS fuer notwendig. Die Syntax der Primary bzw. Secondary Eintraege lautet:

primary
secondary

Aehnliches gilt fuer die Inverse-Domains (IN-ADDR.ARPA-Domains):

primary
secondary

Z.B.:

primary 69.129.in-addr.arpa /etc/bind/named.rev

Zusaetzlich ist ein Eintrag der Form

primary 0.0.127.in-addr.arpa /etc/bind/named.local

notwendig, damit das lokale loopback-Interface fuer den localhost bekannt wird.

(Vorsicht by IBM: Dort wird als loopback-Netz 14.0.0 benutzt.)

- Forwarders-Eintrag:
Ein oder mehrere Forwarder sollen eingetragen werden, wenn der Nameserver keinen Zugang zu den root-Servern hat, bzw. sie nicht verwenden soll.

forwarders

Dadurch wird erreicht, dass Queries ueber Domains, fuer die der Nameserver weder Primary noch Secondary ist, an den Forwarder zwecks ``Erledigung'' geleitet werden. Es ist empfehlenswert, bevor man einen solchen Eintrag vornimmt, den betroffenen Systemverwalter darueber zu informieren. (Belastung des Netzes/Systems, entstehende Kosten usw.)

- Cache-Eintrag:
Muss vorhanden sein.

- Slave-Eintrag:
Ein Slave-Server benoetigt immer einen Forwarders-Eintrag.

4.1.2 named.ca

Diese Datei wird vom NS beim Booten/Neuladen gelesen und dient dazu, die Nameserver fuer die Root-Zone zu finden.
Sie soll die Namen und Adressen der Root-Nameserver enthalten.
(Bei den meisten NS-Implementierungen werden beim Starten des NS die hier eingetragenen Root-NS auf Gueltigkeit und Vollstaendigkeit ueberprueft.) Eine Liste der aktuellen Root-Nameserver kann per anonymous ftp von nic.ddn.mil (Datei netinfo/root-servers.txt) bezogen werden.
Die derzeitige Liste (Stand Mitte Sept. 1991) ist im Anhang A.2, S. 53 in den Beispielen fuer die NS-Konfiguration finden.

4.1.3 named.local

Die Datei dient der Zuordnung des Domainnamens fuer das loopback-Interface (localhost) zu seiner IP-Adressse. In der Regel bleibt diese Datei so, wie sie vom SW-Hersteller geliefert wurde; die einzige notwendige Aenderung ist das Eintragen des eigenen Servers als NS fuer die Domain 0.0.127.in-addr.arpa (siehe Anhang ref{konf-beispiel ``Beispiele fuer BIND-Konfigurationsdateien'' auf Seite 52

4.1.4 named.hosts

Diese Datei, auch Zonen-Datei genannt, enthaelt die Daten fuer alle Knoten in einer Zone.

Die Daten sind in RR-Formaten aufgefuehrt. Es sind A,HINFO und (selten) WKS Records. (Neben den A-RRs fuer alle Rechner der Zone sollte auch ein A-RR fuer den qualifizierten Domainnamen des loopback-Interfaces eingetragen werden. Hier sind auch die NS-Records fuer die Zone zu finden sowie, falls notwendig, Mailrouting Informationen (MX-Records).

An erster Stelle in der Datei soll ein SOA-Record fuer die entsprechende Domain mit einer Serialnummer > 0 stehen. Es ist sehr wichtig, nach jeder Aenderung der Zonendaten (in named.hosts bzw. in eventuell vorhandenen include-Dateien) die Serialnummer des SOA-Records zu erhoehen, damit andere NS, die als Secondary fuer diese Domain fungieren, die Aenderungen erfahren koennen. Die von Handbuechern empfohlen Punktnotation fuer die Serialnummer sollte besser nicht verwendet werden. BIND setzt solche Serialnummern in einigen Faellen falsch in Integerwerte um /BEER 91/; es kann sich dann eine Zahl ergeben, die kleiner ist als in der frueheren Datei. (BIND ersetzt den Punkt in der Serialnummer durch drei Nullen. Zum Beispiel wird aus 1.95 die Zahl 100095, waehrend 2.1 in 20001 umgewandelt wird. Da 20001 jedoch kleiner ist als 100095, findet kein Zonen-Update statt. Man darf also die Anzahl der Stellen hinter dem Punkt nie verringern.)
Man kann Zahlen bis ca. 4.3E +9 verwenden, da die Serialnummer durch einen 32-bit Integer ohne Vorzeichen dargestellt wird. Gute Erfahrungen haben wir mit dem Format jjjjmmddv (JahrMonatTagVersion, Beispiel 199107310) gemacht.

In den meisten Handbuechern und auch im /RFC 1033/ werden zu kleine Werte fuer die verschiedenen Timer empfohlen. Dies fuehrt zu einer unnoetigen Belastung des Netzes und insbesondere der (inter)nationalen Verbindungen. Hier ein Vorschlag:

Refresh: 21600 (6 Stunden)
Retry: 3600 (1 Stunde)
Expire: 604800 (7 Tage)
Default TTL (Minimum): 172800 (2 Tage)

Falls die Second-Level Domain in weitere ``richtige'' Subdomains unterteilt wurde, muss eine ``named.hosts''Datei analog zu dem obigen bestehen. (Richtige'' Subdomains sind Zonen: sie beginnen mit einem SOA-Record und enthalten NS-Records fuer die entsprechenden Nameserver)

Folgendes ist auf jeden Fall zu beachten:

- Um einen Zonen-Transfer fuer die Parent-Domain samt allen Subdomains zu erreichen, ist es notwendig, dass der Secondary-NS in seiner Boot-Datei Anweisungen folgender Form pro SOA-Record des Primary NS enthaelt:

secondary

Regel: Zu jeder primary/secondary-Anweisung muss genau ein

SOA-RR vorhanden sein und umgekehrt.

- Sehr wichtig ist auch das vollstaendige Auflisten aller Masterdomainserver (Primary und Secondary) fuer jede durch einen SOA-Record definierte Subdomain. Dies geschieht durch entsprechende NS-Records in den Zonendateien der Subdomains (siehe auch Abschnitt 4.1.6); z.B.:

```
rus.uni-stuttgart.de.
 IN SOA rusmv5.rus.uni-stuttgart.de. golka.rus.uni-stuttgart.de. (
            199108190  ; serial
            21600      ; refresh
            3600       ; retry
            604800     ; expire
            172800 )   ; minimum
           IN NS  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
           IN NS  rusmv5.rus.uni-stuttgart.de.
           IN NS  noc.belwue.de.
```

Nur so kann die im /RFC 1034/ verlangte Nameserverredundanz gewaehrleistet werden.

4.1.5 named.rev

Die Datei enthaelt die Daten fuer eine IN-ADDR.ARPA-Subdomain, welche die Zuordnung IP-Adresse zum Domainnamen ermoeglichen. Der Aufbau der Datei ist aehnlich wie bei named.hosts . Ein SOA-Record fuer jede Netznummer (nicht Subnetznummer) ist absolut notwendig:

```
69.129.in-addr.arpa. IN SOA  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de ...
```

Falls eine weitere Aufteilung dieser Domain notwendig sein sollte (in welchem Fall so etwas sinnvoll ist, wurde in Kapitel 3.5 auf Seite 15 diskutiert), muessen weitere Subdomains durch SOA-Records definiert werden und die entsprechende Zonen-Dateien vorhanden sein.

4.1.6 Das Delegieren von Subdomains und Glue Records

Wie kann man die Verwaltung einer Subdomain an eine andere Institution vergeben? Voraussetzung dafuer ist, dass diese Institution mindestens ueber einen zuverlaessigen Nameserver verfuegt. Als zweiter Nameserver koennte der NS dienen, der fuer die uebergeordnete Domain verantwortlich ist.

Man muss folgende Eintraege in der named.hosts-Datei des NS, der die Parent-Domain verwaltet, vornehmen:

```
 IN   NS
          IN   A   ; (``glue''record)
```

z.B.

```
luftfahrt.uni-stuttgart.de.  IN  NS  majestix.luftfahrt.uni-stuttgart.de.
luftfahrt.uni-stuttgart.de.  IN  NS  noc.belwue.de.
majestix.luftfahrt.uni-stuttgart.de. IN  A  129.69.57.2; (``glue" record)
```

Nur in der Zonendatei des delegierenden Nameservers sind ``Glue Records" notwendig, und zwar nur dann, wenn der Nameserver fuer die Subdomain zu der delegierten Zone gehoert. Der Grund dafuer ist, dass ohne ``Glue Records" es nicht moeglich ist, die Adresse des NS der delegierten Domain zu finden. Zum Beispiel wuerden wir mit einer Query nach der Adresse des Rechners xx.luftfahrt.uni-stuttgart.de nur den NS-Record fuer die Domain luftfahrt.uni-stuttgart.de (und keinen A-Record) von der rusmv8 erfahren. Es waere daher unmoeglich, diesen NS zu erreichen, um den gesuchten RR fuer xx.luftfahrt.uni-stuttgart.de zu erhalten. Fuer Nameserver, die nicht in der gleichen Domain sind, duerfen keine A-Records vorhanden sein. Hierfuer muss der zustaendige NS befragt werden. Ein A-Record (Glue Record) fuer die noc.belwue.de ist daher nicht notwendig.

Aehnliches gilt fuer die Abtrennung von IN-ADDR.ARPA-Domains:
z.B. braucht man fuer das Subnetz 129.69.57.0 :

```
57.69.129.in-addr.arpa.  IN  NS  majestix.luftfahrt.uni-stuttgart.de.
```

Es empfiehlt sich, den delegierenden Nameserver zusaetzlich als Secondary NS fuer jede seiner delegierten Subdomains einzurichten, z.B. fuer die IN-ADDR.ARPA-Domains aller (Sub)netze, die an andere NS abgegeben wurden. Dadurch ist der delegierende Nameserver fuer seine Subdomains weiterhin authoritativ, ohne jedoch dafuer direkt verantwortlich zu sein. Zudem kann die Funktionsfaehigkeit des Nameservices in den Subdomains vom Administrator des delegierenden Nameserver aus gut ueberwacht werden.(z.B. durch Ueberpruefung des Refresh-Verhaltens und durch Inspektion der Zonendaten.

4.1.7 Einige Tips und Warnungen

Hier einige Punkte, die man bei der Konfiguation und Betrieb eines BIND-Nameservers beruecksichtigen sollte:

Zonen-Transfer

Unsere Erfahrungen mit dem Secondary-Mechanismus:
Die ganze Angelegenheit scheint uns softwareabhaengig zu sein.
Es gab Faelle, allerdings mit BIND < 4.8, bei denen der Secondary NS bei einem missglueckten Zonen-Transfer Dateien mit der Laenge Null angelegt hat. Nach dem Reboot hat er die leeren Dateien ohne zu protestieren gelesen, was zu folgendem Ergebnis fuehrte: Er meinte, es gaebe keine Daten fuer die betroffene Subdomain und beantwortete

jede Query mit der Meldung ``no information''.
Also Vorsicht: Ab und zu sollte man die Dateien kontrollieren.
Sind sie fehlerhaft, sollte man sie loeschen und anschliessend den Nameserverprozess stoppen und wieder neu starten, um einen Zonen-Transfer zu erzwingen. Falls es wieder zu einem fehlerhaften Transfer kommt, sollte man sich mit dem Administrator der fremden Domain in Verbindung setzen, um abzuklaeren, ob nicht dort der Fehler zu finden sei.

Forwarder

Nicht bei allen Nameservern ist eine forwarder-Anweisung moeglich; z.B. nicht mit IBM AIX-PS/2 /HEB90/.

secondary-Eintraege

Die Angabe eine Backup-Datei ist manchmal nicht moeglich; dies trifft bei IBM AIX-PS/2 zu /HEB91/.

named.ca

In diese Datei gehoeren nur Eintraege ueber die aktuellen Root-Nameserver. Sie ist nicht zur Initialisierung des Cache mit zonenfremden Resource Records vorgesehen. Auf die Aktualitaet dieser Datei sollte geachtet werden.

Serialnummer

Falls die Serialnummer eines SOA-Records zu gross oder auch negativ wird: Geben Sie der Serialnummer wieder auf einen gueltigen Wert und setzen Sie sich mit allen Administratoren der Secondary Nameserver fuer die zugehoerige Domain in Verbindung. Diese muessen die entsprechenden Backup-Dateien loeschen, den Nameserverprozess stoppen und wieder neu starten. Es sollte danach ein Zonen-Transfer stattfinden.

Absolute Domainnamen

Gewoehnen Sie sich daran, alle Domainnamen mit einem Punkt abzuschliessen (absolute Domainnamen). Da weiss man, was man hat.

IN-ADDR.ARPA-Domains

Sie muessen bei DDN-NIC (Anschrift siehe Kontaktadressen auf S.17) angemeldet werden. Die Anmeldung geschieht nicht automatisch mit dem Antrag auf eine Netznummer.

Gross-/Kleinschreibung der Domainnamen

Das DNS unterscheidet nicht zwischen Gross- und Kleinschreibung bei den Domainnamen. Das heisst, die Namen TU-Berlin.de und tu-berlin.DE sind gleich. Die Gross- bzw. Kleinschreibung wird trotzdem in der

Regel beibehalten. Man kann daher durch eine mixed-case Schreibweise die Lesbarkeit langer Domainnamen erhoehen.

Include-Dateien

Es sei erwaehnt, dass manche Nameserver Include-Anweisungen in den Konfigurationsdateien nicht erkennen. Andere wieder erwarten, dass diese Dateien Zonen-Dateien sind (d.h. mit einem SOA-Record beginnen), und bringen eine Fehlermeldung, wenn dies nicht der Fall ist.

Aus diesem Grund wurde im vorliegenden Dokument von der Verwendung der Include-Anweisung in den NS-Konfigurations-Dateien Abstand genommen.

Origin-Anweisung

Diese Anweisung in einer Zonendatei dient dazu, die ``origin'', d.h. die angehaengte Domain in einem nicht-absoluten Domainnamen zu aendern. Z.B. kann die Datei named.rev fuer die Domain 69.129.in-addr.arpa wie folgt strukturiert werden:

```
$origin 1.69.129.in-addr.arpa.      ; abschliessenden Punkt beachten
1       IN  PTR  rusvx1.rus.uni-stuttgart.de.
2       IN  PTR  rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.
; ...
$origin 11.69.129.in-addr.arpa.     ; abschliessenden Punkt beachten
30      IN  PTR  rusc2.rus.uni-stuttgart.de.
; ...
$origin 45.69.129.in-addr.arpa.     ; abschliessenden Punkt beachten
1       IN  PTR  sirmel.physik.uni-stuttgart.de.
; ...
```

Wir raten allerdings vom Gebrauch dieser Anweisung ab, da hierdurch die Uebersicht besonders bei grossen Domains leicht verloren geht.

4.2 Resolver

Damit ein Rechner Zugang zum Nameserver-Dienst hat, muss er entweder lokal einen Nameserver betreiben, oder Anfragen an einen Nameserver auf einem entfernten Rechner stellen koennen. Letzteres bewirkt bei UNIX-Rechnern ein Eintrag in der Datei /etc/resolv.conf index{resolv.conf . Achtung: Die Zugriffsberechtigung fuer diese Datei muss das Lesen fuer jedermann (z.B. UNIX permission mode 644) erlauben.

Beispiel:

```
nameserver 129.143.2.1
nameserver 129.69.1.9
nameserver 129.69.1.8
domain belwue.de
```

Ein nameserver-Eintrag spezifiziert die Adresse eines Rechners, der als Default-Nameserver von Resolvern in Anspruch genommen werden kann. Es empfiehlt sich, mehrere Nameserver-Eintraege (z.B. ein Primary NS fuer die eigene Second-Level Domain und dessen Secondary Nameserver.) zu machen (max. 3) fuer den Fall, dass ein Nameserver nicht erreichbar sein sollte. Der domain-Eintrag gibt eine Default-Domain an. Sie wird von Resolvern an Anfragen mit Namen angehaengt, die nicht mit einem Punkt abgeschlossen sind.

Damit auf einem Rechner mit Nameserver-Zugang Applikations-Programme wie ping, ftp, telnet, sendmail etc. automatisch von den Nameserver-diensten Gebrauch machen koennen, muessen manchmal zusaetzliche Einstellungen/Modifikationen des Betriebssystems oder der betreffenden Applikationen vorgenommen werden. Im folgenden werden einige Moeglich= keiten skizziert, die jedoch stark von den Eigenheiten des verwendeten Betriebsystems abhaengen.

1. Konfigurierbare Resolver-Schnittstellen. Die Abbildung Rechnername/IP-Adresse und umgekehrt wird von UNIX-Systemroutinen (die wichtigsten Routinen hierfuer sind gethostbyname(3) und gethostbyaddr(3N) ausgefuehrt, deren Funktionsweise auf manchen Rechnertypen einstellbar ist: Der Systemverwalter kann waehlen, ob die gesuchte Information aus der Datei /etc/hosts, oder aus den NIS-Maps (NIS bedeutet ``Network Information Service'' (ehemals ``Yellow Pages'') und bezeichnet das Konzept einer verteilten Datenbank mit Host- und Password-Informationen fuer den Einsatz in lokalen Netzen.) oder ueber Nameserver-Abfrage ermittelt werden soll und in welcher Reihenfolge dies erfolgt. (Bei DEC Ultrix und Silicon Graphics IRIX 3.3 ist die beschriebene freie Konfigurierbarkeit vorgesehen, SUN implementiert ein starreres Konzept: Zuerst werden die NIS-Maps konsultiert, anschliessend /etc/hosts. Bei der NIS-Konfiguration kann jedoch spezifiziert werden, dass zusaetzlich DNS-Abfragen gemacht werden, wenn im NIS die gesuchte Information nicht gefunden wird. Ein auf BIND 4.8.3. basierendes Patch der Shared Library Resolver-Routinen fuer SunOS 4.1 ermoeglicht die Konfigurierung der Resolverschnittstelle auch ohne Rueckgriff auf NIS. Quelle: Anonymous FTP Server next.ucns.uga.edu (File pub/sunfixes/resolv+.tar).)

2. Austausch bzw. Neucompilierung von Netzwerk-Applikationsprogrammen. Hierbei werden lediglich die Applikationen durch solche ersetzt, welche zur Nameserver-Abfrage faehig sind. In manchen UNIX-Varianten gehoeren die DNS-faehigen Versionen der Programme schon zum Lieferumfang - SUNs SunOS z.B. beinhaltet sendmail.mx, eine sendmail-Version, welche MX-Records auswerten kann. Bei einer Neucompilierung muss neben den Quellen eine Bibliothek mit modifizierten Resolver-Routinenindex{Resolver-Routinen (z.B./usr/lib/libresolv.a) zur Verfuegung stehen.

3. Modifikation der relevanten System-Bibliotheken. Hierbei werden in der System-Bibliothek /usr/lib/libc.a oben genannten Routinen zur

Adress- und Namensaufloesung durch die entsprechenden Resolver-Routinen ersetzt. Anschliessend muessen die betroffenen Applikationen neu compiliert bzw. gebunden werden. Bei Betriebssystemen mit ``shared libraries'' fuehrt die Modifikation der betroffenen Bibliothek (in der Regel /usr/lib/libc.so.*) auch ohne Neukompilierung von Programmen zu dem gewuenschten Effekt, da die Resolver-Routinen erst zur Laufzeit an die Applikationen gebunden werden.

Kapitel 5

Mailrouting und das DNS

Das Internet Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) stellt eine Ende-zu-Ende-Verbindung auf der Basis von TCP/IP zwischen sendendem umd empfangendem Mailsystem her. Eine solche Verbindung garantiert, dass die zu verschickende Nachricht solange auf dem Absender-Rechner verweilt, bis sie erfolgreich auf den Empfaenger-Rechner uebertragen werden kann.

Zur Adressierung der Empfaenger-Rechner werden DNS-konforme Domainnamen verwendet. Eine Mailadresse besteht generell aus einem lokalen Teil (Mailbox, User-ID) und einem Domain-Teil (Domainname des Rechners):

@

Zum Beispiel:

postmaster@noc.belwue.de

Die Aufgabe eines Mailsystems ist es, anhand der syntaktischen Analyse einer Zieladresse zu entscheiden, auf welche Weise die dazugehoerige Nachricht zu verschicken ist. Hier kann man grob zwischen drei Faellen unterscheiden:

- ist identisch mit dem Domainnamen des sendenden Rechners. Die Nachricht wird lokal ausgeliefert. Es wird das Netzwerk ueberhaupt nicht in Anspruch genommen.

- ist ein Domainname eines Rechners, dessen IP-Adresse aus der eigenen Host-Tabelle entnommen werden kann. Danach wird eine Verbindung zum SMTP-Port des Zielrechners hergestellt.

- ist dem sendenden Rechner zunaechst unbekannt und das Mailsystem muss die IP-Adresse des Zielrechners ueber eine Nameserverabfrage aufloesen. Danach wird eine Verbindung zum SMTP-Port des Zielrechners hergestellt.

Im letzten Fall wird deutlich, wie stark erfolgreiches Mail-Routing

von einem zuverlaessig betriebenen DNS abhaengt. Ein Nameserver, der unvollstaendige bzw. falsche Informationen verbreitet oder erst gar nicht in Betrieb ist, kann die Ursache dafuer sein, wenn E-Mail nicht an der Zieladresse ankommt.

5.1 MX Records

Die Spezifikation des DNS definiert fuer besondere Zwecke des Mail-Routings Mail Exchanger (MX) Resource Records. (MB, MG, MINFO und MR Resource Records sind alternative Konzepte, die sich jedoch nicht durchgesetzt haben.)
Ein MX-Record spezifiziert einen Domainnamen und einen zugehoerigen Rechner - den Mail Exchanger -, der in der Lage ist, Mail an eine E-Mailadresse mit diesem Domainnamen auszuliefern. (Der Domain-Teil einer E-Mailadresse braucht kein Domainname eines existierenden Rechners zu sein. Siehe auch Abschnitt 5.2.1.).
Es koennen mehrere Mail Exchanger fuer den gleichen Domainnamen angegeben werden. Mailsysteme koennen so konfiguriert werden, dass sie einen Nameserver nach MX Eintraegen fuer den Domain-Teil einer gegebenden Zieladresse abfragen. (WKS Records werden von allen bekannten SMTP-Systemen bei der MX-Verarbeitung nicht beruecksichtigt.
Hierzu /RFC-974/ und /RFC-1123/.) Die Syntax von MX-Records lautet:

[] [] MX

Beispiel:

```
belwue.de.    IN      MX      50   noc.belwue.de.
      IN      MX     100   ncc.belwue.de.
*.belwue.de.  IN      MX      50   noc.belwue.de.
              IN      MX     100   ncc.belwue.de.
```

Die ersten beiden MX-Records definieren noc.belwue.de und ncc.belwue.de als Mail Exchanger fuer den Domainnamen belwue.de .
Eine an postmaster@belwue.de adressierte E-Mail wird an den Rechner noc.belwue.de geschickt, der dann fuer das weitere Ausliefern zustaendig ist. Der Term gibt die Reihenfolge an, die von einem Mailer befolgt werden muss, wenn mehrere Mail Exchanger fuer einen Domainnamen existieren. Mail Exchanger mit kleineren Praeferenzwerten muessen bei der Verbindungsaufnahme bevorzugt werden. Falls z.B. der Rechner noc.belwue.de nicht erreichbar sein sollte, wird die E-Mail an ncc.belwue.de geschickt, da dieser Rechner den naechst hoeheren Praeferenzwert aufweist. Sind mehrere Mail Exchanger mit gleichen Praeferenzwerten angegeben, kann ein Mailer den Mail Exchanger, der die E-Mail vorrangig geliefert bekommt, zufallsgesteuert auswaehlen - der Auswahlalgorithmus ist hierbei nicht mehr festgelegt. Ist fuer kein Mail Exchanger definiert, d.h. es gibt dazu keinen MX-Record, versuchen Mailsysteme, die Nachricht direkt an den mit bezeichneten Rechner auszuliefern, falls fuer diesen ein A-Record

definiert wurde. Diese Tatsache soll den/die Domainadministrator/in jedoch nicht veranlassen, MX-Records fuer Rechner zu unterschlagen, wenn A-Records definiert sind. Der geringere Arbeitsaufwand fuer die Pflege der DNS-Datenbasis wird durch eine hoehere Belastung des Nameservers erkauft, da bei fehlendem MX-Record die Aufloesung der Rechneradresse eine zusaetzliche DNS-Abfrage erfordert.

Der zweite Satz vom MX-Records im obigen Beispiel verwendet Namen mit Wildcards (*). In diesem Fall kann fuer die Menge von Domainnamen, die in hinteren Teil die Zeichenkette belwue.de aufweisen (z.B. nic.belwue.de), ein gemeinsamer Mail Exchanger spezifiziert werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Wildcard * auch fuer mehrere Labels Platzhalter sein kann (z.B. fuer den Rechner bingo.foo.belwue.de in der Subdomain foo von belwue.de). Desweiteren schliesst *.belwue.de nicht (!) den Namen belwue.de ein. Wildcards verlieren jedoch ihre Wirkung,

- wenn die gefrage Zieldomain zu einer delegierten Zone gehoert. Z.B. gilt das Muster *.belwue.de in einem MX RR nicht fuer den Domainnamen info.stgt.belwue.de , falls stgt.belwue.de eine delegierte Subdomain von belwue.de ist.

- wenn die gefragte Zieldomain oder ein Name zwischen der Wildcard Domain und der gefragten Zieldomain in einem Resource Record gleich welcher Art definiert wurde.

Der Algorithmus fuer die Erweiterung von Wildcards lautet somit:
(Der Algorithmus wurde von Piete.Brooks@cl.cam.ac.uk auf der sun-nets Mailing Liste veroeffentlicht. Weitere Einzelheiten zur Interpretation von Wildcard MX-Records sind in /RFC1034/ S. 25--26 zu finden.)

```
      IF     there is ANY sort of RR for the machine
THEN  IF     there is an non-wildcard MX for it
           THEN   use those in order
           ELIF   there is a A record (or records)
           THEN   use it (/them)
           ELSE   fail
           FI
      ELIF   there is a wildcard MX record
      THEN   use it
      ELSE   fail
      FI
```

Hierzu ein Beispiel:

```
*.belwue.de.      IN   MX      50   noc.belwue.de.
noc.belwue.de.    IN   A           129.143.2.1
                  IN   MX      50   noc.belwue.de.
foo.belwue.de.    IN   MX      50   bar.belwue.de.
bar.belwue.de.    IN   A           129.143.2.14
                  IN   MX      50   bar.belwue.de.
```

Der Mail Exchanger noc.belwue.de darf keine E-Mail fuer die Rechner foo.belwue.de oder bingo.foo.belwue.de abnehmen, auch nicht fuer den Fall, dass bar.belwue.de nicht betriebsbereit waere. Er akzeptiert darueberhinaus auch nicht E-Mail an die Adressen bar.belwue.de oder smurf.bar.belwue.de, da fuer den Namen bar.belwue.de ein A-Record existiert. Wird jedoch gewuenscht, dass alle E-Mail an Adressen innerhalb der Domain noc.belwue.de - mit Ausnahme von foo.belwue.de und bar.belwue.de -- von dem MXer noc.belwue.de in Empfang genommen wird, sind weitere MX Records notwendig:

```
*.belwue.de.      IN    MX      50   noc.belwue.de.
noc.belwue.de.    IN    A          129.143.2.1
                  IN    MX      50   noc.belwue.de.
foo.belwue.de.    IN    MX      50   bar.belwue.de.
*.foo.belwue.de.  IN    MX      50   noc.belwue.de.
bar.belwue.de.    IN    A          129.143.2.14
                  IN    MX      50   bar.belwue.de.
*.bar.belwue.de.  IN    MX      50   noc.belwue.de.
```

Das obige Beispiel zeigt, dass Wildcard MX-Records oft nicht die Wirkung zeigen, die man erwartet. Sie sollten nur mit grosser Vorsicht verwendet werden.

5.2 Anwendungsbeispiele

Wie oben schon erwaehnt, kann trotz fehlendem MX-Record fuer eine gegebene Zieladresse eine SMTP-Verbindung zustande kommen. Voraussetzung dafuer ist, dass fuer die Zieladresse im DNS ein A-Record definiert wurde, was bedeutet, dass sie einen IP-adressierbaren Rechner repraesentiert. Zusaetzlich muss der Zielrechner eine spontane SMTP-Verbindung akzeptieren koennen, d.h. ein staendig ``empfangsbereites'' Mailsystem betreiben. (Genauer gesagt muss das Mailsystem des Zielrechners einen ``Server''-Prozess betreiben, der staendig auf eintreffende SMTP-Verbindungen wartet und die zu uebertragenden Daten auch unmittelbar abnehmen kann - selbst bei mehreren simultan aufgebauten Verbindungen. Hierzu sind insbesondere die Mailsysteme von Personal Computern meist nicht in der Lage.)
In allen anderen Faellen werden MX-Records notwendig. Einige typische Beispiele fuer den Einsatz von MX-Records werden im folgenden vorgestellt.

5..2.1 ``Offizielle'' bzw. ``bereinigte'' Mailadressen

Haeufig werden in Organisationen Mailadressen der Mitarbeiter so gewaehlt, dass keine Rechnerinformationen darin vorkommen. (Im obigen Beispiel wird die Mailadresse postmaster@belwue.de verwendet, wobei der Domainname belwue.de kein Name eines Rechners ist.)

Hierzu muss ein Mail Exchanger bereitgestellt werden, der alle Nachrichten an ``bereinigte'' Mailadressen innerhalb der Organisation weiterverteilen kann. Ebenso kann dafuer gesorgt werden, dass alle aus der Organisation ausgehende Mail mit einer bereinigten Absenderadresse versehen wird. (Dies kann entweder durch das Mailsystem an jedem lokalen Rechner oder an einem zentralen ``Mailhost'' durchgefuehrt werden. Im letzteren Fall bietet sich die Integration von Mail Exchanger/Mailhost an.)
Offizielle Mailadressen erlauben die Definition von Adressierungsregeln, mit denen aus Vor- und Nachnamen von Benutzern zusammen mit dem Domainnamen der Organisation Mailadressen (z.B. donald.duck@disneyland.com) generiert werden koennen, die den Vorteil aufweisen, nach aussen hin auch dann gueltig zu bleiben, wenn der Benutzer seinen Rechner wechselt.

MX-Records koennen auch zum Schutz von Rechnern eingesetzt werden, fuer die aufgrund von Sicherheitrisiken im Nameserver keine Eintraege (A-Records, PTR-Records) gemacht werden, und deren IP-Adresse geheim gehalten werden muss. Ein solcher ``verborgener'' Rechner ist im Internet nur durch E-Mail erreichbar, nicht aber durch telnet oder ftp.

Die Adressierung erfolgt wie oben ueber eine vom Rechnernamen bereinigte Mailadresse, die auf einen Mail Exchanger zeigt.

5.2.2 Mail-Gateway-Routing

Im weltweiten Netzwerkverbund ist E-Mail zur Zeit die einzige Kommunikationsform, die auch ueber die Grenzen der verschiedenen existierenden Protokollwelten hinweg funktioniert. So kann man z.B. von einem SMTP-Host aus Nachrichten an BITNET-, X.400- oder UUCP-Adressen verschicken. Die Vermittlung zwischen den unterschiedlichen Mailprotokollen erledigen Mail-Gateways.
Die lange Zeit uebliche Praxis, Angaben zum Gateway-Routing in Mailadressen unterzubringen (Z.B. user%final-host@gateway-host oder hop1!hop2!hop3!user@gateway-host.), ueberfordert viele E-Mail-Benutzer und fuehrt zudem zu Zieladressen, die vom jeweiligen Standpunkt des Absenders abhaengig sind. Wesentlich eleganter ist es, die Routing-Information im DNS in Form von MX-Records abzulegen: Fuer eine Adresse in der fremden Protokollwelt existiert ein MX-Record, der auf ein Mail-Gateway zeigt, dass fuer die Konvertierung und Weiterleitung der Nachricht verantwortlich ist. Ein Benutzer muss nur noch wissen, in welcher Weise eine Mailadresse der fremden Protokollwelt in der RFC822-Notation notiert wird.

Beispiel:

```
*.uni-stuttgart.dbp.de.   IN      MX      10      noc.belwue.de
```

Hinter dem Namensraum uni-stuttgart.dbp.de stehen alle X.400-Adressen innerhalb der Universitaet Stuttgart (C=de, ADMD=dbp und PRMD=uni-

stuttgart). (Die Abbildung zwischen der O/R- und RFC822-Notation von X.400-Adressen spezifiziert /RFC987/.)
Der Mail Exchanger noc.belwue.de betreibt ein SMTP/X.400 Gateway, welches alle Nachrichten an diese Adressen zu den zugestaendigen X.400 MTAs weiterleitet. Leider laesst sich die Routing-Information zu Mail-Gateways nicht immer so einfach im DNS unterbringen. Insbesondere bei den flachen Namensraeumen von BITNET/EARN und UUCP sind Mailgateways
nicht ueber weltweit gueltige MX-Records ansprechbar. (Es ist im Prinzip moeglich, mit einem Wildcard MX-Record ein lokales SMTP/BITNET- oder SMTP/UUCP-Gateway zu spezifizieren. Dann aber muss gewaehrleistet sein, dass diese Information ausschliesslich von solchen Rechnern abfragbar ist, die sich im ``Einzugsbereich'' des Gateways befinden. Wir raten jedoch davon ab.)

5.2.3 Spezifikation eines ``Fallback''-Mailhosts

Wenn ein Rechner am Internet nicht in Betrieb ist, kann mit ihm keine SMPT-Verbindung aufgenommen werden. Eine Nachricht, die an solch einen Rechner adressiert ist, wird vom sendenden Rechner in der Regel ca. drei Tage in einer Warteschlage gehalten. Waehrend dieser Zeit wird periodisch versucht, die Mail an den Zielrechner auszuliefern. Gelingt dies nicht, erhaelt der Absender seine Nachricht zusammen mit einer Fehlermeldung zurueck. Mit einem MX-Record kann fuer einen nur sporadisch betriebenen Rechner ein Mailhost spezifiziert werden, der waehrend der Stillstandzeiten die Nachrichten stellvertretend in Empfang nimmt. Beispiel:

```
small-pc.belwue.de.      IN     MX     50   small-pc.belwue.de.
                         IN     MX     100  mailmaster.belwue.de.
```

Ist der Rechner small-pc.belwue.de nicht erreichbar, springt fuer ihn der Rechner mailmaster.belwue.de ein, und bewahrt die Nachrichten fuer small-pc solange auf, bis dieser empfangsbereit ist. Auf welche Weise small-pc von mailmaster die aufbewahrten Nachrichten empfaengt, kann von Fall zu Fall verschieden sein. (Z.B. koennte mailmaster eine besonders lange timeout-Zeit fuer die Weiterleitung der Mail verwenden, oder er koennte sie in einer lokalen Mailbox ablegen, auf small-pc bei gegebener Zeit ueber das ``Post Office Protocol'' /RFC 1081/ zugreifen kann.)
Einzelheiten darueber gehen ueber den Rahmen dieses Handbuchs hinaus.

Das Fallback-Konzept bietet sich auch zur Absicherung von Rechnern an, die in einer grosser Organisation zentrale Kommunikationsdienste wie z.B. Mailhost, Mailgateway uebernehmen:

```
noc.belwue.de.           IN     MX     50   noc.belwue.de.
                         IN     MX     100  ncc.belwue.de.
```

Der Rechner noc.belwue.de fungiert als Mailhost fuer eine Grosszahl

von Workstations auf dem Campus der Universitaet Stuttgart. Eine Mail an eine nicht-lokale, d.h. nicht in der selben Domain des Absenders liegende Adresse wird zuerst an den Mailhost geschickt, der sie entsprechend seiner Routingstrategien an den Zielrechner oder an ein Mail-gateway weiterleitet. Beim Ausfall des Mailhosts noc.belwue.de wuerde fuer eine grosse Zahl von Rechnern die Mail-Verbindung zur Aussenwelt unterbrochen werden. Fuer diesen Fall steht der Fallback-Mailhost ncc.belwue.de bereit, der in diesem Fall die Dienste von noc.belwue.de uebernehmen kann. Voraussetzung fuer den dynamischen Ersatz des Mailhosts ist die Faehigkeit des Mailsystems der lokalen Rechner, die IP-Adresse des Mailhosts ueber DNS-Abfragen aufzuloesen.

5.3 Fehlerquellen

Im folgenden werden einige Fehlerquellen bei der Verwendung von MX-Records aufgezeigt, die fuer das Mail-Routing Ueberraschungen hervorrufen koennen.

Alias-Namen in MX-Records.
Der Algorithmus zur Elimination von irrelevanten bzw. verbotenen Mail Exchangern /RFC974/ versagt, wenn in MX-Records Alias-Namen verwendet werden. (Alias-Namen duerfen prinzipiell nur in CNAME-Records auftreten.) Dies kann zu Mail-Loops fuehren. Um derartige Probleme von vornherein auszuschliessen, sollten Alias-Namen in MX-Records prinzipiell vermieden werden.

Verkettete MX Records.
Eine Anordnung von MX-Records der Form:

```
*.foo.de.          IN    MX    0    host-a.foo.de.
host-a.foo.de.     IN    MX    0    host-b.bar.de.
```

hat die Wirkung, dass alle Nachrichten fuer Rechner in der Domain foo.de ueber den Mail Exchanger host-a.foo.de weitergeleitet werden.
Der Rechner host-b.bar.de erhaelt nur Nachrichten, die an host-a.foo.de direkt adressiert sind, nicht jedoch Nachrichten, die an Rechner in der Domain foo.de adressiert sind.

Mail Exchanger mit Default-Mailhost.
Es ist zulaessig, dass ein Mail Exchanger mit einem Default-Mailhost kooperiert (Ein Default-Mailhost oder auch Mail-Relay ist ein besonderer Rechner, an den andere Rechner solche E-Mail schicken koennen, die sie selbst nicht ausliefern wollen oder koennen - z.B. weil ihr Mailsystem keine MX Information auswerten kann. Haeufig werden Rechner so konfiguriert, dass sie nur lokale Mail selbst ausliefern und nicht-lokale Mail dem Default-Mailhost ueberlassen.)

In diesem Fall ist das Mailsystem des Mail Exchangers so konfiguriert, dass es ausgehende Nachrichten an nicht-lokale Adressen - d.h. Adressen

ausserhalb der eigenen Domain - sofort an den Default-Mailhost weiterleitet, der fuer das weitere Routing zustaendig ist. Erhaelt jedoch ein Mail Exchanger eine Nachricht mit einer Zieladresse, die er laut MX-Record annehmen oder weiterleiten sollte, muss sein Mailsystem diese Adresse auch ``erkennen''. Ist dies nicht der Fall, wird die Zieladresse als nicht-lokal interpretiert und die Nachricht an den Default-Mailhost zurueckgeschickt. Auf diese Weise koennen Mailschleifen zwischen Mail Exchanger und Mailhost hervorgerufen werden. Es muss deshalb vor dem Eintrag des MX-Records in das DNS sichergestellt werden, dass das Mailsystem des Mail Exchangers alle in den MX-Records spezifizierten Domainnamen akzeptiert. (Fuer den SMTP-MTA sendmail kann dazu der Test-Modus (Aufruf sendmail -bt) herangezogen werden.)

Fuer den Zeitraum der Konfiguration und des Tests des Mailsystems eines Mail Exchangers sollte der statische Eintrag eines Default-Mailhosts ausser Kraft gesetzt werden. Es ist anzuraten, Mail Exchanger so ``intelligent'' wie moeglich zu machen, dass sie keinen Default-Mailhost benoetigen.

Kapitel 6

DNS-Information-Retrieval

Was tun bei ``Unwissenheit''? Alle Informationen, welche die Nameserver besitzen, koennen ueber interaktiv aufrufbare Resolver abgefragt werden (siehe Kapitel 2.4 auf Seite 9). Die Anwendungen NSLOOKUP und DIG sind solche Resolver. Mit ihnen kann der Nameserver ueber Namen, Aliasnamen, Adressen, Maschinentypen und Mail-Routing-Information abgefragt werden.

Dieses Kapitel beschreibt nicht den vollstaendigen Befehlsumfang der Implementierungen, dafuer gibt es jeweils eine interaktive Help-Funktion, bzw. zugehoerige Manual Pages. Es soll anhand von Beispielen der Umgang mit den Applikationen gezeigt werden und auf einige Besonderheiten eingegangen werden.

6.1 NSLOOKUP

6.1.1 Beschreibung

Folgender Aufruf ist eine schnelle, nicht-interaktive Methode um die IP-Adresse eines Rechners zu erfragen. Ist keine Server-Adresse spezifiziert, dann wird der Default-Name-server gefragt.
(Siehe Kapitel 4.2 auf Seite 25 ueber /etc/resolv.conf.)

nslookup hostname [server-address oder server-name]

Wird NSLOOKUP ohne Parameter aufgerufen, kommt man in den interaktiven Modus. Nun kann eine Serie von Anfragen gestellt werden.

Ein Nameserver gibt nur ueber Domains, fuer die er Primary oder Secondary ist, ``authoritative answers''. ``Non-authoritative answers' werden bei der Antwort entsprechend gekennzeichnet. Moechte man eine ganz sichere Antwort haben, dann muss man den fuer diese Domain zustaendigen Nameserver finden und diesen befragen.

```
> orga.chemie.uni-freiburg.de.
Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.9

Non-authoritative answer:
Name:    orga.chemie.uni-freiburg.de
Address:  132.230.31.2

> set q=ns
> chemie.uni-freiburg.de.
Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.9

Non-authoritative answer:
chemie.uni-freiburg.de  nameserver = sun1.ruf.uni-freiburg.de
Authoritative answers can be found from:
sun1.ruf.uni-freiburg.de        inet address = 132.230.1.1
> server sun1.ruf.uni-freiburg.de.
Default Server:  sun1.ruf.uni-freiburg.de
Address:  132.230.1.1

> set q=a
> orga.chemie.uni-freiburg.de.
Server:  sun1.ruf.uni-freiburg.de
Address:  132.230.1.1

Name:    orga.chemie.uni-freiburg.de
Address:  132.230.31.2
```

6.1.2 Kommandos

Mit dem Kommando Help bekommt man eine Liste aller moeglichen Kommandos angezeigt. Hier folgen nun ausfuehrlichere Beschreibungen zu einigen der Kommandos:

SET QUERY=X

Die Informationen einer Domain werden beim Nameserver mit den verschiedenen RR-Datensaetzen gespeichert (siehe Kapitel 2.1 auf Seite 4) Bevor eine Anfrage an den Nameserver gestellt wird, setzt man den gewuenschten Querytyp. Diese Typen entsprechen den Resource Records Bezeichnungen (u.a. A, CNAME, HINFO, NS, MB, MG, MINFO, MR, MX, PTR,

SOA, WKS). Zusaetzlich existiert ein Querytyp ANY, der saemtliche RR's abfragt. (Mit query=any bekommt man saemtliche RRs nur dann, falls man einen ``authoritavive'' NS abfragt. In anderen Faellen wird man nur solche RRs bekommen, die zu dem Zeitpunkt der Abfrage im cache des NS vorhanden waren.) Der Default ist ein Query nach A-Records.

Das Beispiel zeigt zuerst eine Abfrage mit Querytyp ANY, dann eine inverse Namensabfrage (IP-Adresse -> Name). Die IP-Adresse muss meist in dieser besonderen Form angegeben werden (siehe auch Kapitel 2.2 auf Seite 6); die zweite Variante ist nicht bei allen NSLOOKUP-Implementierungen moeglich:

```
> set q=any
> rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.
Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.9

rusvx2.rus.uni-stuttgart.de     inet address = 129.69.1.2
rusvx2.rus.uni-stuttgart.de     CPU=VAX8810     OS=VMS
> set q=ptr
> 1.1.69.129.in-addr.arpa.
Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.9

1.1.69.129.in-addr.arpa host name = rusvx1.rus.uni-stuttgart.de

> 129.69.1.1
Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.9

1.1.69.129.in-addr.arpa host name = rusvx1.rus.uni-stuttgart.de

SET TIMEOUT=X
SET RETRY=X
```

Wird ein Query mit ``*** Request to ... timed-out'' beendet, dann sollte man die Anfrage wiederholen.
Zusaetzlich kann auch das Timeout-Intervall oder der Retrycount erhoeht werden. Bringen auch wiederholte Versuche keinen Erfolg, dann funktioniert eventuell auch die IP-Verbindung zum zustaendigen Nameserver nicht.

```
> server NS.NASA.GOV.
Default Server:  NS.NASA.GOV
Addresses:  128.102.16.10, 192.52.195.10

> rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.
Server:  NS.NASA.GOV
Addresses:  128.102.16.10, 192.52.195.10

*** Request to NS.NASA.GOV timed-out
```

```
> set timeout=10
> rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.
Server:  NS.NASA.GOV
Addresses:  128.102.16.10, 192.52.195.10

Non-authoritative answer:
Name:    rusvx2.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.2
```

SET [NO]DEBUG

Mit dem Debugging-Mode sieht man ausfuehrlich den Aufbau der Nameserveranfrage. Sie besteht aus 4 Teilen:

- die Frage und einen Returncode
- Resource Records als Antwort
- Authoritative Data
- Zugaben, als Ergaenzung zu den RRs oben

Das Beispiel zeigt ein Hostquery mit ``non-authoritative answer'':

```
> set debug
> asterix.informatik.uni-stuttgart.de.
Server:  noc.belwue.de
Address:  129.143.2.1

res_mkquery(0, asterix.informatik.uni-stuttgart.de, 1, 1)
------------
Got answer:
 HEADER:
        opcode = QUERY, id = 2, rcode = NOERROR
        header flags:  response, want recursion, recursion avail.
        questions = 1,  answers = 1,  auth. records = 4,  additional = 4

 QUESTIONS:
        asterix.informatik.uni-stuttgart.de, type = A, class = IN
 ANSWERS:
  ->  asterix.informatik.uni-stuttgart.de     inet address = 129.69.219.2
 AUTHORITY RECORDS:
-> informatik.uni-stuttgart.de  nameserver = ifi.informatik.uni-stuttgart.de
-> informatik.uni-stuttgart.de  nameserver = dia.informatik.uni-stuttgart.de
-> informatik.uni-stuttgart.de  nameserver = rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
-> informatik.uni-stuttgart.de  nameserver = unido.informatik.uni-dortmund.de
 ADDITIONAL RECORDS:
-> ifi.informatik.uni-stuttgart.de inet address = 129.69.211.1
-> dia.informatik.uni-stuttgart.de inet address = 129.69.211.12
-> rusmv8.rus.uni-stuttgart.de     inet address = 129.69.1.9
-> unido.informatik.uni-dortmund.de        inet address = 129.217.64.60

------------
Non-authoritative answer:
```

```
        Name:    asterix.informatik.uni-stuttgart.de
        Address:  129.69.219.2

        SET [NO]DEFNAME

        Per Default wird meist der eigene Domainname an den angefragten Namen
        angehaengt. Fuehrt diese Anfrage nicht zum Erfolg wird automatisch eine
        zweite Anfrage ohne den Domainnamen gestartet. Um diese Wiederholung
        zu vermeiden, sollten vollstaendige Domainadressen bei Anfragen mit
        einem '.' abgeschlossen werden. Ist der Parameter SET NODEFNAM einge-
        stellt, dann wird keine Default-Domain angehaengt.

        > set debug
        > rusvx2.rus.uni-stuttgart.de
        Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
        Address:  129.69.1.9

        res_mkquery(0, rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.rus.uni-stuttgart.de, 1, 1)
        ------------
        Got answer:
    HEADER:
    opcode = QUERY, id = 2, rcode = NXDOMAIN
    header flags:  response, auth. answer, want recursion, recursion avail.
    questions = 1,  answers = 0,  auth. records = 1,  additional = 0

    QUESTIONS:
    rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.rus.uni-stuttgart.de, type = A, class = IN
    AUTHORITY RECORDS:
->  rus.uni-stuttgart.de    origin = rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
    mail addr = golka.noc.belwue.de
    serial=910322, refresh=6 hours, retry=30 mins
    expire=41 days 16 hours, min=1 day

        ------------
        Failed: NXDOMAIN, num. answers = 0, ns = 1, additional = 0
        res_mkquery(0, rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.uni-stuttgart.de, 1, 1)
        ------------
        Got answer:
    HEADER:
    opcode = QUERY, id = 3, rcode = NOERROR
    header flags:  response, auth. answer, want recursion, recursion avail.
    questions = 1,  answers = 0,  auth. records = 0,  additional = 0

    QUESTIONS:
    rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.uni-stuttgart.de, type = A, class = IN

        ------------
        res_mkquery(0, rusvx2.rus.uni-stuttgart.de, 1, 1)
        ------------
        Got answer:
    HEADER:
```

opcode = QUERY, id = 4, rcode = NOERROR
header flags: response, auth. answer, want recursion, recursion avail.
questions = 1, answers = 1, auth. records = 0, additional = 0

QUESTIONS:
rusvx2.rus.uni-stuttgart.de, type = A, class = IN
ANSWERS:
-> rusvx2.rus.uni-stuttgart.de inet address = 129.69.1.2

Name: rusvx2.rus.uni-stuttgart.de
Address: 129.69.1.2

>rusvx1.rus.uni-stuttgart.de.
Server: rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address: 129.69.1.9

res_mkquery(0, rusvx1.rus.uni-stuttgart.de, 1, 1)

Got answer:
HEADER:
opcode = QUERY, id = 5, rcode = NOERROR
header flags: response, auth. answer, want recursion, recursion avail.
questions = 1, answers = 1, auth. records = 0, additional = 0

QUESTIONS:
rusvx1.rus.uni-stuttgart.de, type = A, class = IN
ANSWERS:
-> rusvx1.rus.uni-stuttgart.de inet address = 129.69.1.1

Name: rusvx1.rus.uni-stuttgart.de
Address: 129.69.1.1

SET [NO]RECURSE

Mit diesem Parameter kann der Abfragemodus bestimmt werden.
Rekursion bedeutet, dass der gefragte Nameserver solche Fragen, die er nicht beantworten kann, an andere in der Hierarchie hoeherstehende Nameserver weiterleitet und die Antwort dem fragenden Resolver als Ergebnis zurueckgibt.

Bei Iteration (set norec) werden vom Nameserver nur solche Fragen aufgeloest, fuer die er Informationen als RR-Datensaetze oder im Cache besitzt, ansonsten bekommt der Resolver als Antwort eine Liste von Nameservern, die weiter befragt werden koennen.

> set norec
> awesome.berkeley.edu.
Server: rusmv8.rus.uni-stuttgart.de

Address: 129.69.1.9

Authoritative answers can be found from:
UCBARPA.Berkeley.EDU inet address = 128.32.130.11
UCBVAX.Berkeley.EDU inet address = 128.32.133.1
VIOLET.Berkeley.EDU inet address = 128.32.136.22
> set rec
> awesome.berkeley.edu.
Server: rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address: 129.69.1.9

Name: awesome.berkeley.edu
Address: 128.32.232.10

LS DOMAIN [> datei] label{ls-kom

Eine Domain, wie z.B. uni-stuttgart.de , inklusive aller Subdomains, kann durch eine einzelne Zone repraesentiert werden oder, durch die Definition weiterer SOA-Records, in mehrere Zonen unterteilt sein. Das LS-Kommando liefert nur Informationen ueber Rechner, die in der abgefragten Zone definiert sind. Existieren weitere Zonen unterhalb dieser Domain, dann werden lediglich diese Zonennamen und die Rechner adressen der dafuer zustaendigen Nameserver mit ausgegeben, und nicht die Rechner dieser Subdomains.

Es muss immer ein fuer die Domain zustaendiger Nameserver (Primary oder Secondary) abgefragt werden, anderenfalls bekommt man folgende Fehlermeldung:

> ls ruf.uni-freiburg.de.
[noc.belwue.de]
Host or domain name Internet address
*** Error during listing of ruf.uni-freiburg.de.: No information

Die Listen sind oft sehr lang, daher gibt es die Moeglichkeit den Output auf eine Datei zu schreiben. Per Default werden Rechnernamen und Internetadressen ausgegeben. Fuer Aliasnamen, HINFO und WKS gibt es die Optionen -a, -h und -s, die Option -d umfasst alle Informationen.

Das Beispiel zeigt Ausschnitte der Domain uni-stuttgart.de . Man sucht Rechner in der Domain uni-stuttgart.de und findet zuerst nur weitere Subdomains, wie z.B. architektur , chemie , rus , ... Um eine Liste aller Rechner der Uni-Stuttgart zu erstellen, muss jede Subdomain explizit abgefragt werden.

Folgendes ist zu beachten :
Der Output dieses Kommandos ist auf den einzelnen Systemen durchaus unterschiedlich. Nur wenige machen es richtig. Die Namen in der linken Spalte sollten den Rechnernamen so anzeigen, dass nur noch die abgefragte Domain oder gar nichts angehaengt werden muss. Im Beispiel sollte bei der Liste von uni-stuttgart.de anstatt noc eigentlich

noc.belwue.de und anstatt rusmv8 der Name rusmv8.rus angezeigt
werden. Setzt man fuer das LS-Kommando das Debugging, dann bekommt man
auf jeden Fall die vollstaendigen Namen
(und als zusaetzliche Information noch die ``time-to-live''-Zeit).

```
> server noc.belwue.de.
Default Server:  noc.belwue.de
Address:  129.143.2.1

> ls uni-stuttgart.de.
[noc.belwue.de]
Host or domain name          Internet address
 uni-stuttgart               server = rusmv8.RUS.Uni-Stuttgart.de
 rusmv8                      129.69.1.9
 uni-stuttgart               server = noc.BelWue.de
 noc                        129.143.2.1
 ...
 chemie                      server = rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
 rusmv8                      129.69.1.9
 chemie                      server = noc.belwue.de
 noc                        129.143.2.1
 informatik                  server= ifi.informatik.uni-stuttgart.de
 informatik                  server= dia.informatik.uni-stuttgart.de
 informatik                  server=unido.informatik.uni-dortmund.de
 unido                       129.217.64.60
 rus                        server = rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
 rusmv8                      129.69.1.9
 rus                        server = noc.belwue.de
 noc                         129.143.2.1
 ...

> set debug
> ls rus.uni-stuttgart.de.
res_mkquery(0, rus.uni-stuttgart.de., 1, 252)
[rusmv8.rus.uni-stuttgart.de]
  Host or domain name          Internet address
rus.uni-stuttgart.de          server=rusmv8.rus.uni-stuttgart.de 86400
rusmv8.rus.uni-stuttgart.de   129.69.1.9                  86400
rus.uni-stuttgart.de          server = rusmv5.rus.uni-stuttgart.de   86400
rusmv5.rus.uni-stuttgart.de   129.69.1.8                  86400
rus.uni-stuttgart.de          server = noc.belwue.de              86400
noc.belwue.de                 129.143.2.1                 86400
rusx01.rus.uni-stuttgart.de   129.69.1.131                86400
ruspc3101.rus.uni-stuttgart.de 129.69.31.2                86400
ruspool01.rus.uni-stuttgart.de 129.69.21.21               86400
ruspool04.rus.uni-stuttgart.de 129.69.21.24               86400
nfhpc1.rus.uni-stuttgart.de   129.69.1.106                86400
...
```

6.1.3 Weitere Beispiele

1. Welche Root-Nameserver kennt mein Nameserver?

Je nachdem, ob man Rekursion oder nicht eingestellt hat, erhaelt man die Root-Nameserver, die der gefragte Nameserver in Erfahrung bringen kann, oder diejenigen, die ihm durch Caching oder feste Eintraege in seinen Dateien bekannt sind.

```
> set norec
> set q=ns
> .
Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.9

Non-authoritative answer:
(root)  nameserver = NS.NIC.DDN.MIL
(root)  nameserver = AOS.BRL.MIL
(root)  nameserver = KAVA.NISC.SRI.COM
(root)  nameserver = C.NYSER.NET
(root)  nameserver = TERP.UMD.EDU
(root)  nameserver = NS.NASA.GOV
(root)  nameserver = NIC.NORDU.NET
Authoritative answers can be found from:
NS.NIC.DDN.MIL  inet address = 192.112.36.4
AOS.BRL.MIL     inet address = 192.5.25.82
KAVA.NISC.SRI.COM       inet address = 192.33.33.24
C.NYSER.NET     inet address = 192.33.4.12
TERP.UMD.EDU    inet address = 128.8.10.90
NS.NASA.GOV     inet address = 128.102.16.10
NS.NASA.GOV     inet address = 192.52.195.10
NIC.NORDU.NET   inet address = 192.36.148.17
```

2.Welche sind die aktuellen Nameserver fuer DE ?

```
> set q=ns
> de.
Server:  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de
Address:  129.69.1.9

Non-authoritative answer:
de      nameserver = DEINS.INFORMATIK.UNI-DORTMUND.DE
de      nameserver = NS.UU.NET
de      nameserver = MCSUN.EU.NET
de      nameserver = SUN01A.DESY.DE
de      nameserver = ADM.BRL.MIL
de      nameserver = SUNIC.SUNET.SE
de      nameserver = IRAUN1.IRA.UKA.DE
de      nameserver = DNS-WEST.NERSC.GOV
de      nameserver = DFNNOC.GMD.DE
Authoritative answers can be found from:
```

DEINS.INFORMATIK.UNI-DORTMUND.DE inet address = 192.35.64.34
NS.UU.NET inet address = 137.39.1.3
MCSUN.EU.NET inet address = 192.16.202.1
SUN01A.DESY.DE inet address = 131.169.200.2

Nun kann die Liste nochmals ueberprueft werden, indem der Primary Nameserver fuer DE direkt gefragt wird:

> server DEINS.INFORMATIK.UNI-DORTMUND.DE
Default Server: DEINS.INFORMATIK.UNI-DORTMUND.DE
Address: 192.35.64.34

> de.
Server: DEINS.INFORMATIK.UNI-DORTMUND.DE
Address: 192.35.64.34

de nameserver = deins.Informatik.Uni-Dortmund.DE
de nameserver = Sun01a.DESY.DE
de nameserver = ns.UU.net
de nameserver = ADM.BRL.mil
de nameserver = mcsun.EU.net
de nameserver = sunic.sunet.SE
de nameserver = iraun1.IRA.UKA.DE
de nameserver = dfnnoc.GMD.DE
de nameserver = DNS-WEST.NERSC.GOV
deins.Informatik.Uni-Dortmund.DE inet address = 192.35.64.34
Sun01a.DESY.DE inet address = 131.169.200.2
ns.UU.net inet address = 137.39.1.3
ADM.BRL.mil inet address = 192.5.25.4
ADM.BRL.mil inet address = 192.5.21.30
mcsun.EU.net inet address = 192.16.202.1
sunic.sunet.SE inet address = 192.36.125.2
sunic.sunet.SE inet address = 130.237.216.2
iraun1.IRA.UKA.DE inet address = 129.13.10.90
dfnnoc.GMD.DE inet address = 192.88.108.8
DNS-WEST.NERSC.GOV inet address = 128.55.128.191

3. Kennt mein Nameserver einen Weg (MX-Record)index{MX-Record fuer eine bestimmte Mailadresse?

Man hat eine Mailadresse bekommen, die keinen Rechnernamen enthaelt, z.B. die Adresse dillmann@rus.uni-stuttgart.dbp.de.
Jetzt moechte man wissen, ob der Nameserver eine Route kennt, um diese Mail auszuliefern. Das Beispiel zeigt, dass saemtliche Mail zu rus.uni-stuttgart.dbp.de als erstes zum Rechner noc.belwue.de transferiert wird.

> set q=mx
> rus.uni-stuttgart.dbp.de
Server: sun1.ruf.uni-freiburg.de
Address: 132.230.1.1

rus.uni-stuttgart.dbp.de preference = 50, mail exchanger = noc.belwue.de
noc.belwue.de inet address = 129.143.2.1

6.2 DIG: Domain Information Groper

6.2.1 Beschreibung

Dieses Programm ist nicht standardmaessig auf den Rechnern verfuegbar, sondern muss extra installiert werden. DIG ist als Public Domain Software auf folgenden Rechnern via anonymous ftp verfuegbar:

Name	IP-Adresse	Verzeichnis
verena.isi.edu	128.9.0.32	PUB
rusmv1.rus.uni-stuttgart.de	129.69.1.12	kommunikation/nameserver

Ist DIG installiert, dann findet man eine ausfuehrliche Beschreibung in den Manual-Pages. DIG wird meistens verwendet in der Form:

dig @

> optional: Nameserver, an den Query gestellt wird
> Domain, ueber welche Information gewuenscht wird
> Querytyp entsprechend den Resource-Records,
> (A (Standard), MX, NS, SOA, ANY, HINFO, AXFR)

Querytyp ANY fragt nach allen vorhandenen Resource-Records.
Bei Querytyp AXFR entspricht der Output dem NSLOOKUP-Kommando LS -d, allerdings immer mit vollstaendigen Domainnamen (siehe Kapitel 6.1.2 auf Seite 41).

6.2.2 Beispiele

Beispiel 1 : Mapping Domain-Adresse zu IP-Adresse.

```
dig kssun1.rus.uni-stuttgart.de

; <<>> DiG 2.0 <<>> kssun1.rus.uni-stuttgart.de
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY , status: NOERROR, id: 6
;; flags: qr aa rd ra ; Ques: 1, Ans: 1, Auth: 0, Addit: 0
;; QUESTIONS:
;;      kssun1.rus.uni-stuttgart.de, type = A, class = IN

;; ANSWERS:
```

```
kssun1.rus.uni-stuttgart.de.    86400   A       129.69.1.62

;; Sent 1 pkts, answer found in time: 0 msec
;; FROM: noc to SERVER: default -- 129.143.2.1
;; WHEN: Wed Apr  3 16:54:38 1991
;; MSG SIZE  sent: 45  rcvd: 61
```

Beispiel 2: Erstellen einer Informationsliste ueber die Domain
bates.edu , wobei der Nameserver mother.bates.edu
abgefragt wird.

```
dig bates.edu @mother.bates.edu axfr

; <<>> DiG 2.0 <<>> bates.edu @mother.bates.edu axfr
;; QUESTIONS:
;;      bates.edu, type = AXFR, class = IN

bates.edu.      3600    SOA   mother.bates.edu. rob.mother.bates.edu. (
        910322  ;serial
        3600    ;refresh
        300     ;retry
        3600000 ;expire
        3600 )  ;minim

bates.edu.      3600    NS      mother.bates.edu.
mother.bates.edu.       3600    A       134.181.1.3
bates.edu.      3600    NS      nic.near.net.
nic.near.net.   171487  A       192.52.71.4
bates.edu.      3600    MX      0 mother.bates.edu.
orlith.bates.edu.       3600    A       134.181.1.12
orlith.bates.edu.       3600    HINFO   Prime-EXL7330 UNIX
orlith.bates.edu.       3600    MX      10 mother.bates.edu.
mother.bates.edu.       3600    A       134.181.1.3
mother.bates.edu.       3600    HINFO   MIPS-120/5 UNIX
mother.bates.edu.       3600    MX      0 mother.bates.edu.
lab36.bates.edu.        3600    A       134.181.2.2
lab36.bates.edu.        3600    HINFO   ATT-6286 DOS
exl7330.bates.edu.      3600    CNAME   orlith.bates.edu.
bigmac.bates.edu.       3600    A       134.181.1.13
bigmac.bates.edu.       3600    HINFO   MAC-IIfx A/UX
bat.bates.edu.  3600    A       134.181.1.1
bat.bates.edu.  3600    HINFO   PRIME-9750 PRIMOS
bat.bates.edu.  3600    MX      0 mother.bates.edu.
;  Matching SOA found
;; FROM: noc to SERVER: mother.bates.edu  134.181.1.3
;; WHEN: Wed Apr  3 17:05:47 1991
```

6.3 Weitere Resolver

Auf IBM-Rechnern unter dem Betriebssystem VM/CMS gibt es ausser NSLOOKUP noch die Resolver QNS und NSQUERY. Alle Resolver koennen nur als Command-Line-Kommando mit Parametern und nicht im interaktiven Mode aufgerufen werden. Sie sind Public-Domain-Software und daher nicht immer auf den Rechnern vorhanden.

Kapitel 7

Domain Management

Im folgenden sind einige Punkte zusammengefasst, die ein Domain-administrator bzw. Betreiber eines Nameservers beachten sollte. (/RFC 1032/ und /RFC 1033/ sind noch heute gute und aktuelle Ratgeber fuer Domain Administratoren.)

7.1 Zuverlaessigkeit des Nameservers

Der Nameserver-Dienst muss zuverlaessig und ununterbrochen vorhanden sein. Dies bedeutet in der Praxis:

- Der Nameserver muss auf Rechnersystemen betrieben werden, die selten gebootet oder gar abgeschaltet werden muessen. Sind Stillstandzeiten unvermeidbar, sollten diese so kurz wie moeglich gehalten werden und nur dann riskiert werden, wenn der Secondary Nameserver funktionsfaehig ist.

- Nameserver fuer dieselbe Domain sollten moeglichst unabhaengig voneinander betrieben werden.
Zu vermeiden sind: Gemeinsame Stromversorgung, Aufstellung im gleichen Gebaeude, gemeinsames Netz etc., also Situationen, in denen die Ursache fuer den Ausfall des einen Master-Nameservers (z.B. Stromausfall, Brand, Wasserschaden, Defekt eines Routers etc.) auch den anderen in Mitleidenschaft ziehen kann.
Wuenschenswert waere, wenn Nameserver fuer dieselbe Domain an unterschiedliche, geographisch entfernte Netze angeschlossen sind.

7.2 Aktualitaet der Nameserverdaten

- Die Nameserver-Daten muessen immer richtig und aktuell sein. Der Datenbestand eines Nameservers muss den aktuellen Stand der in der Domain betriebenen Objekte korrekt und vollstaendig wiederspiegeln.
Es darf nicht vorkommen, dass der Rechner eines Netzteilnehmers erst Wochen nach der Zuteilung der IP-Adresse im Nameserver aufgenommen wird.
Bei Aenderung der Daten des Primary Nameservers muss der

Secondary NS nach Ablauf des ``Refresh''-Timers einen Transfer der Zonen-Daten durchfuehren.
Dies sollte von den Administratoren des Primary NS und des Secondary NS gleichermassen ueberprueft werden.

- Wer grosse Domains verwaltet, soll an Moeglichkeiten denken, das Erzeugen der Zonen-Dateien zu automatisieren.
Das Verwalten grosser Datenmengen in einfachen Textdateien, wie sie von Nameservern gelesen werden, ist sehr fehlertraechtig.
Hier bietet sich die Datenhaltung mit Hilfe einer relationalen Datenbank an, die Werkzeuge zur Vermeidung von Redundanz und zur Gewaehrleistung der Konsistenz bereitstellt. Die Nameserver-Dateien selbst koennen dann aus den Daten der Datenbank generiert werden.

7.3 Konfiguration des Nameservers

Bei der Konfiguration des Nameservers muss folgendes beachtet werden (siehe dazu Kapitel 4).

1. Alle Nameserver fuer die Domain muessen in der Zonen-Datei angegeben werden. Bei der Delegierung von Subdomains muessen sowohl Primary NS als auch alle Secondary NS durch NS-Records spezifiziert werden. An dieser Stelle sind evt. auch A-Records als `glue records' noetig (siehe Kapitel 4.1.6 auf Seite 22).
Alle existierenden Nameserver fuer eine Zone muessen auch in der Zonen-Datei des Primary NS mit NS-Records aufgefuehrt werden.

2. NS-Records fuer Nameserver ausserhalb der eigenen oder einer delegierten Domain sollten vermieden werden.
Obwohl haeufig praktiziert, birgt der Eintrag externer Nameserver in der eigenen Zonen-Datei die Gefahr, dass eine solche Spezifikation ungueltig werden kann, ohne dass dies rechtzeitig bemerkt wird. Da der Administrator fuer diese Domain von Ihrem Eintrag in der Regel nichts weiss, kann er Sie ueber eingetretene Aenderungen (z.B. Wechsel des Rechnernamens) nicht unterrichten. Sollten NS-Records dieser Art unvermeidlich sein,

(Die besondere Situation in Deutschland machte bislang den ``harten'' Eintrag eines NS-Records fuer den deutschen Top-level Nameserver der DE -Domain notwendig. Dies wird nach der Zusammenfuehrung der beiden DE -Zonen nicht mehr erforderlich sein.
empfiehlt sich eine regelmaessige Ueberpruefung dieser Eintraege.

3. Die Timer im SOA-Record sollen angemessene Werte haben, insbesondere der ``Expire''-Timer sollte einen Wert aufweisen, dass beim Ausfall des Primary NS der Secondary NS ausreichend lange fuer die Zone authoritativ bleibt.

4. Jede Aenderung der Zonen-Daten muss durch Erhoehung der Serialnummer

des SOA-Records abgeschlossen werden.
Nach dem Einlesen der aktualisierten Zonen-Daten sollte die Erhoehung der Serialnummer durch eine Nameserverabfrage ueberprueft werden. Dies gilt auch - nach Ablauf des ``Refresh''-Timers - fuer alle Secondary NS der betroffenen Zone.index{Refresh

7.4 Betriebliche Aspekte

1. Der Zustaendige fuer den Secondary Service muss informiert werden, falls neue Subdomains mit eigenem SOA-Record eingerichtet werden. Der Backup-Serviceindex{Backup-Service eines Secondary NS gilt nur fuer die Zonen, die in dessen Konfigurationsdatei eingetragen sind. Wird dieser Service auch fuer die delegierte Subdomain gewuenscht, muss dieser Eintrag explizit vorgenommen werden.

2. Falls der forwarderindex{Forwarder Mechanismus benutzt werden soll: Informieren Sie vorher den betroffenen Systemadministrator.

3. Der Name/IP-Adresse eines Nameservers soll nicht ohne triftigen Grund geaendert werden.
Bei unvermeidlichem Wechsel der Hardware sollte der neue Rechner moeglichst den Namen und die IP-Adresse uebernehmen.
Falls man trotzdem die IP-Adresse bzw. den Namen aendern muss, sollte der Verwalter der Parent Domain unbedingt informiert werden, ebenso wie die Verwalter der Secondary Nameserver.
Bitte beachten Sie auch, dass Sie auch den Verwalter der IN-ADDR.ARPA-Domainindex{IN-ADDR.ARPA informieren muessen.
Dringen Sie darauf, dass bei allen betroffenen Nameservern ein voelliger Neustart des Nameserver-Prozesses durchgefuehrt wird, damit nicht im Cache die alten Daten ``weiterleben''.
Das Verschwinden der alten Daten beim Namen-/Adressenwechsel kann beschleunigt werden, wenn vor der Umstellung die Timer-Zeiten im SOA-Record des Primary NSindex{Primary Nameserver voruebergehend stark verkuerzt werden.

7.5 Tools

Viele der - oft eintoenigen - Aufgaben der Nameserver-Administration koennen mit Hilfe entsprechender Software-Tools automatisiert bzw. unterstuetzt werden. An dieser Stelle werden drei dieser Werkzeuge aufgefuehrt und kurz beschrieben. Wir sind ueberzeugt, dass viele Systemverwalter aehnliche eigenentwickelte Programme im Betrieb haben. Die hier getroffene Auswahl stellt keine Bewertung dar, sie soll nur exemplarische Programme fuer drei verschiedene Aufgaben der Nameserver-Administration vorstellen: die Ueberwachung des Nameserverprozesses, die Ueberpruefung der Konsistenz der Zonendaten von Nameservern untereinander und die Ueberpruefung des Zonen-Transfers zwischen Primary und Secondary Nameserver. Alle aufgefuehrten Tools

sind nur fuer UNIX Rechner verwendbar.

7.5.1 ninit - named init program

ninit ueberwacht den lokalen Nameserverprozess in der Weise, dass es einen eventuellen Exodus oder ein ``Aufhaengen'' sofort registriert und daraufhin den Nameserver neu startet. Darueberhinaus unternimmt ninit alle 60 Sekunden eine Namensaufloesung ueber den lokalen Nameserver. Falls innerhalb einer kurzen Zeit keine Antwort erfolgt, wird der laufende Nameserverprozess durch ninit beendet und ein neuer Prozess initiiert. ninit setzt BIND 4.8.3 voraus.
Quelle: Anonymous FTP Server bitsy.mit.edu (File tytso/ninit.tar).

7.5.2 doc - diagnose unhealthy DNS domains

doc ist ein sehr maechtiges Instrument zur Ueberpruefung der Konfiguration der relevanten Nameserver fuer eine bestimmte Domain. Bei der Pruefung fuehrt doc im wesentlichen folgende Schritte durch:

1. Ueberpruefung aller authoritativen Nameserver der Parent Domain:
   Pruefung aller Parent Nameserver auf gleiche SOA Serien-Nummer sowie auf gleiche NS-Eintraege fuer die zu pruefende Domain.
   Damit soll sicher gestellt werden, dass die Domain korrekt ueber die Parent Domain eingebunden ist.

2. Ueberpruefung aller Nameserver fuer die zu pruefende Domain:
   Pruefung aller Nameserver auf gleiche SOA Serien-Nummer und gleiche NS-Eintraege.

3. Vergleich der NS-Eintraege der Parent Domain und der zu pruefenden Domain.

4. Pruefung einer Adresse auf PTR Resource Records (meist der erste Nameserver).

Bei Fehlermeldungen sollten die erzeugten Log-Files durchgeschaut werden und die anderen Nameserver (weitere Secondary und alle Parent NS) kontaktiert werden, um die entsprechenden Eintraege abzugleichen.
doc benuetzt intern das interaktive Resolver-Frontend dig-2.0 .
Quelle: Anonymous FTP Server venera.isi.edu (File pub/dig.2.0.tar.Z).

7.5.3 zrmon -- zone refresh monitor program

zrmon ueberwacht das Zusammenspiel zwischen Secondary und Primary Nameserver einer Domain aus der Sicht des Secondary Nameservers. Es ueberprueft, ob der Zonen-Refresh innerhalb der eingestellten Zeitspanne stattfindet und meldet bei fehlschlagendem Refresh die verbleibende Zeit bis zur Expiration der Zone. Erfolgreiche Zonen-

Transfers werden gemeldet mit Angaben zur Aenderung der Zonendaten (absolute und relative Differenz der Datenmenge). zrmon eignet sich vorwiegend fuer Rechner, die einen umfangreichen Secondary Service anbieten (mehr als 20 Zonen) und bei denen die manuelle Ueberpruefung der Zonendaten fast unmoeglich ist.
Quelle: Anonymous FTP Server ftp.belwue.de (File pub/zrmon.tar).

ANHANG A

Beispiele fuer BIND-Konfigurationsdateien

A.1 named.boot

```
;  Sample primary boot file for bind server.
;
; type      domain            source file or host      backup file
;
directory     twgtcp:[netdist.etc]
; Root-Nameserver:
cache         .                   named.ca
; Secondary-Nameserver:
secondary     211.69.129.in-addr.arpa  129.69.211.1  named.rev_ifi211
secondary     212.69.129.in-addr.arpa  129.69.211.1  named.rev_ifi212
secondary     belwue.de              129.143.2.1   named.hosts_bw
secondary     143.129.in-addr.arpa     129.143.2.1   named.rev_bw
; Primary-Nameserver:
primary       uni-stuttgart.de         named.hosts
primary       rus.uni-stuttgart.de     rus.hosts
primary       physik.uni-stuttgart.de  phys.hosts
primary       uni-stuttgart.dbp.de     dbp.mx
primary       69.129.in-addr.arpa      named.rev
primary       0.0.127.in-addr.arpa     named.local
primary       localhost              named.loopback
```

A.2 named.ca index{named.ca

```
; Die neuesten Root-Nameserver erhaelt man per ftp von nic.ddn.mil.
; Initial cache data for root domain servers.
;
.                   999999  IN      NS      NS.NIC.DDN.MIL.
                    999999  IN      NS      KAVA.NISC.SRI.COM.
                    999999  IN      NS      AOS.BRL.MIL.
                    999999  IN      NS      C.NYSER.NET.
                    999999  IN      NS      TERP.UMD.EDU.
                    999999  IN      NS      NS.NASA.GOV.
                    999999  IN      NS      NIC.NORDU.NET.
```

```
;
;  Prep the cache (hotwire the addresses).  Order does not matter
;

NS.NIC.DDN.MIL.         999999  IN      A          192.112.36.4
KAVA.NISC.SRI.COM.      999999  IN      A          192.33.33.24
AOS.BRL.MIL.            999999  IN      A          192.5.25.82
C.NYSER.NET.            999999  IN      A          192.33.4.12
TERP.UMD.EDU.           999999  IN      A          128.8.10.90
NS.NASA.GOV.            999999  IN      A          128.102.16.10
NS.NASA.GOV.            999999  IN      A          192.52.195.10
NIC.NORDU.NET.          999999  IN      A          192.36.148.17
```

A.3 named.local

```
;       Address to hostname mappings for net 127.0.0
;
ORIGIN 0.0.127.in-addr.arpa.
@     IN     SOA  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de. golka.noc.belwue.de. (
                  19910101 ; Serial
                  3600     ; Refresh
                  300      ; Retry
                  604800   ; Expire  (7 Tage)
                  172800 ) ; Minimum (2 Tage)
      IN     NS   rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
1     IN     PTR  localhost.
```

A.4 named.loopback

```
;       Hostname to address mapping for loopback interface.
;
ORIGIN localhost.
@     IN     SOA   rusmv8.rus.uni-stuttgart.de. golka.noc.belwue.de. (
                   199107010 ; Serial
                   21600     ; Refresh
                   1800      ; Retry
                   604800    ; Expire  (7 Tage)
                   172800 )  ; Minimum (2 Tage)
      IN     NS    rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
      IN     A     127.0.0.1
```

A.5 named.hosts

```
;       Hostname to address mappings.  Host information.
;
```

```
uni-stuttgart.de. IN SOA rusmv8.rus.uni-stuttgart.de. golka.noc.belwue.de. (
                        199103130 ; Serial
                        21600     ; Refresh
                        1800      ; Retry
                        604800    ; Expire  (7 Tage)
                        172800 )  ; Minimum (2 Tage)
        ; Nameserver fuer uni-stuttgart.de.:
                IN   NS  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
                IN   NS  rusmv5.rus.uni-stuttgart.de.
                IN   NS  noc.belwue.de.
        ; Nameserver fuer delegierte Zonen:
        informatik.uni-stuttgart.de.    IN  NS rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
                        IN  NS ifi.informatik.uni-stuttgart.de.
        physik.uni-stuttgart.de.        IN  NS rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
                        IN  NS rusmv5.rus.uni-stuttgart.de.
                        IN  NS noc.belwue.de.
        rus.uni-stuttgart.de.           IN  NS rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
                        IN  NS rusmv5.rus.uni-stuttgart.de.
                        IN  NS noc.belwue.de.
        ;
        ;
; Glue-Records (fuer noc.belwue.de nicht notwendig, da in fremder Domain):
        ifi.informatik.uni-stuttgart.de.       IN  A  129.69.211.1
        rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.           IN  A  129.69.1.9
        rusmv5.rus.uni-stuttgart.de.           IN  A  129.69.1.8


        A.6 phys.hosts

        ;       Hostname to address mappings.  Host information.
        ;
    physik.uni-stuttgart.de. IN SOA rusmv8.rus.uni-stuttgart.de. golka.noc.
    belwue.de. (
                    910313    ; SERIAL
                         21600     ; REFRESH
                         1800      ; RETRY
                         604800    ; Expire  (7 Tage)
                         172800 )  ; Minimum (2 Tage)
        ; Nameserver fuer physik.uni-stuttgart.de.:
                IN   NS  rusmv5.rus.uni-stuttgart.de.
                IN   NS  rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
                IN   NS  noc.belwue.de.
        ; keine Glue-Records notwendig, da alle Nameserver in fremder Domain.
        ;
physik.uni-stuttgart.de.          IN  MX 10  ph3hp840.physik.uni-stuttgart.de.
        physik.uni-stuttgart.de.          IN  MX 50  noc.belwue.de.
        ;
        localhost.physik.uni-stuttgart.de. IN  A      127.0.0.1
        ;
        sirmel.physik.uni-stuttgart.de.    IN  A      129.69.45.1
                                  IN  HINFO  MVAX-II/GPX      VMS
```

```
iftvx1.physik.uni-stuttgart.de.    IN  A      129.69.45.2
                                   IN  HINFO  VAX8300         VMS
ph3hp840.physik.uni-stuttgart.de.  IN  A      129.69.46.2
                                   IN  HINFO  HP840           UNIX
a900.physik.uni-stuttgart.de.      IN  A      129.69.46.3
                                   IN  HINFO  HP1000          RTE-A
oscar.physik.uni-stuttgart.de.     IN  A      129.69.74.11
                                   IN  HINFO  VAX3500         VMS
romeo.physik.uni-stuttgart.de.     IN  A      129.69.74.12
                                   IN  HINFO  MVAX-2000       VMS
malefiz.physik.uni-stuttgart.de.   IN  A      129.69.221.139
                                   IN  HINFO  PC-AT/386       MS-DOS
; ...


A.named.rev

;               Address to hostname mappings.
;
 69.129.in-addr.arpa. IN  SOA rusmv8.rus.uni-stuttgart.de. golka.noc.
belwue.de. (
                        910313   ; Serial
                             21600    ; Refresh
                             3600     ; Retry
                             604800   ; Expire  (7 Tage)
                             172800 ) ; Minimum (2 Tage)
; Nameserver fuer 69.129.in-addr.arpa.:
                           IN      NS    rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
                           IN      NS    rusmv5.rus.uni-stuttgart.de.
                           IN      NS    noc.belwue.de.
; Delegierte Zonen und deren Nameserver:
133.69.129.in-addr.arpa.    IN      NS    apatix.iao.fhg.de.
50.69.129.in-addr.arpa.     IN      NS    sun-1.intes-stuttgart.de.
                           IN      NS    rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
113.69.129.in-addr.arpa.    IN      NS    sun-1.intes-stuttgart.de.
                           IN      NS    rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
 11.69.129.in-addr.arpa.    IN      NS    ifi.informatik.uni-stuttgart.de.
                     IN      NS    dia.informatik.uni-stuttgart.de.
                       IN      NS    rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
212.69.129.in-addr.arpa.    IN      NS    ifi.informatik.uni-stuttgart.de.
                          IN      NS    dia.informatik.uni-stuttgart.de.
                           IN      NS    rusmv8.rus.uni-stuttgart.de.
;
;
  1.45.69.129.in-addr.arpa.    IN   PTR  sirmel.physik.uni-stuttgart.de.
  2.45.69.129.in-addr.arpa.    IN   PTR  iftvx1.physik.uni-stuttgart.de.
  2.46.69.129.in-addr.arpa.    IN   PTR  ph3hp840.physik.uni-stuttgart.de.
  3.46.69.129.in-addr.arpa.    IN   PTR  a900.physik.uni-stuttgart.de.
  11.74.69.129.in-addr.arpa.   IN   PTR  oscar.physik.uni-stuttgart.de.
  12.74.69.129.in-addr.arpa.   IN   PTR  romeo.physik.uni-stuttgart.de.
  139.221.69.129.in-addr.arpa. IN   PTR  malefiz.physik.uni-stuttgart.de.
```

```
1.1.69.129.in-addr.arpa.     IN   PTR  rusvx1.rus.uni-stuttgart.de.
2.1.69.129.in-addr.arpa.     IN   PTR  rusvx2.rus.uni-stuttgart.de.
; ...
```

ANHANG B

Literaturliste

/BEER91/: P. Beertema, EUnet, Mail an ripe-org Mailliste, Maerz 1991.

/HEB90/: M. Hebgen, Univ. Heidelberg, Mail an Belwue-Nameserver Mailliste, Feb. 1990.

/HEB91/: M. Hebgen, Univ. Heidelberg, Private Mitteilung, Jun. 1991.

/RFC 920/: J. Postel, J. Reynolds, ``Domain Requirements'', USC/Information Sciences Institute, Oct. 1984.

/RFC 974/: C. Partridge, ``Mail Routing and the Domain System'', CSNET CIC BBN Laboratories Inc., Jan. 1986.

/RFC 987/: S. E. Kille, ``Mapping between X.400 and RFC 822'', University College London, Jun. 1986.

/RFC 1032/: M. Stahl, ``Domain Administrator's Guide'', SRI International, Nov. 1987.

/RFC 1033/: M. Lottor, ``Domain Administrator's Operations Guide'', SRI International, Nov. 1987.

/RFC 1034/: P. Mockapetris, ``Domain names -- Concepts and Facilities'', USC/Infor''-mation Sciences Institute, Nov. 1987.

/RFC 1035/: P. Mockapetris, ``Domain names -- Implementation and Specification'', USC/Information Sciences Institute, Nov. 1987.

/RFC 1081/: M. Rose, ``Post Office Protocol -- Version 3'', Network Working Group, The Wollongong Group, Nov. 1988.

/RFC 1101/: P. Mockapetris, ``DNS Encoding of Network Names and Other Types'', USC/Information Sciences Institute, Apr. 1989.

/RFC 1123/: R. Branden (Editor), ``Requirements for Internet Hosts -- Application and Support'', Internet Engineering Task Force, Oct. 1989.

/RFC 1174/: Network Working Group, ``IAB Recommended Policy on Distibuting Internet Identifier Assignment and IAB Recommended Policy Change to Internet 'Connected' Status'', USC/Information Sciences Institute, Aug. 1990.

/SCH91/: D. J. Schmidt, Rechenzentum, Univ. Braunschweig, Private Mitteilung, Mai 1991.

/GI-Koeln90/: C. Kalle, A. Clauberg, S. Fassbender: Teilnehmerunterlagen zum Tutorium ``Praxis von Directory Services'',

GI, Deutsche Informatik Akademie,
Juni 1990

INDEX

(Stand 31.7.95) Edith Petermann
e-mail: Edith.Petermann@rz.uni-mannheim.de