



# ENUM – Der Brückenschlag zwischen Telefonie und Internet

Stefan Dieterle und Petra Blank

DENIC eG  
DENIC Domain Verwaltungs- und Betriebsgesellschaft eG  
Wiesenhüttenplatz 26  
D-60329 Frankfurt am Main

**Zusammenfassung:** Die Echtzeit-Sprachübermittlung über das Internet (Voice over IP, VoIP) erfreut sich in letzter Zeit einer immer größer werdenden Beliebtheit. Damit ergibt sich eine Ergänzung zur üblichen Telefonie, die inzwischen technisch so weit ausgereift ist, dass nicht nur in Firmennetzwerken, sondern auch beim privaten Endanwender vermehrt Software-IP- oder Hardware-IP-Telefone zu finden sind, die diese neue Technologie nutzen.

VoIP ist aber nur eine von vielen elektronischen Kommunikationsmöglichkeiten, die uns gegenwärtig zur Verfügung stehen. Neben der Telefonie (sowohl ortsgebunden als auch mobil) wären hier noch Rufdienste und natürlich alle internetbasierten Formen wie E-Mail oder Webseiten zu nennen. Entstehen hier Kommunikationsinseln oder gelingt es, eine Brücke zu schlagen und etablierte Anwendungen mit neuer Technologie zu verknüpfen, so dass Kommunikation grenzüberschreitend möglich ist?

Der vorliegende Artikel beschreibt den derzeitigen Entwicklungsstand, zeigt die bestehenden Herausforderungen auf und weist auf eine weitreichende Lösung hin: ENUM.

## 1 Einleitung

### 1.1 Kommunikation – Die neue Unübersichtlichkeit

Der moderne Mensch in der Kommunikationsgesellschaft verfügt mittlerweile über eine Vielzahl an Kommunikationsmöglichkeiten: Telefon, Handy, E-Mail, Fax, Briefpost, um nur einige zu nennen. Diese Liste wird zunehmend um technische Anwendungen mit vielversprechenden Möglichkeiten erweitert. Dies geht einher mit neuen Kommunikationsadressen, die für diese innovativen Dienste benötigt werden. Zum Teil werden dadurch alte Gewohnheiten abgelöst, neue treten an ihre Stelle oder ergänzen diese. In den Adressbüchern aber bleiben auch die ungültigen Kontaktdaten oft erhalten und es kommt bei deren Nutzung zu den bekannten und unerwünschten Meldungen wie „Mail delivery failed: returning message to sender“ oder „Kein Anschluss unter dieser Nummer“.

Wie lässt sich diese Unübersichtlichkeit zukünftig handhaben? Wie wird die Aktualität gewährleistet? Wer ist wie, und unter welcher Adresse momentan erreichbar?

Unterschiedliche Kommunikationsendgeräte und -methoden erfordern den Einsatz verschiedener Technologien für die





- Übertragung zwischen den Netzen, die jeweils eine spezielle Transporttechnologie einsetzen. Wird beispielsweise der Benutzer eines IP-Telefones vom Festnetz aus angerufen, dann wird zwischen dem Festnetz (PSTN<sup>1</sup>) und dem IP-Netz mittels eines Gateways<sup>2</sup> vermittelt.
- Darstellung und Abbildung von Nachrichten (schreiben, sprechen, abbilden, filmen) und die darauf abgestimmten Techniken der Rezeption (lesen, hören, anzeigen, darstellen) oder aber die Konvertierung der Nachricht, so dass das ausgewählte Endgerät des Empfängers dennoch in der Lage ist, die Nachrichten ohne Informationsverlust verfügbar zu machen.

Auf der einen Seite können unterschiedliche Medienformate konvertiert werden, so dass diese auch Anwendungen zur Verfügung stehen, für die sie nicht ursprünglich bestimmt waren<sup>3</sup>. Auf der anderen Seite kommen ergänzend hierzu Unified Messaging Systeme (UMS<sup>4</sup>) zum Einsatz, die eine weitere Integration unterstützen.

Während für diese Anforderungen bereits Lösungen existieren, liegt ein großes Verbesserungspotenzial auf der Ebene der Adressierung. Hier ergeben sich folgende Problemfelder:

- Warum ist es nicht möglich eine SMS an eine E-Mailadresse oder eine E-Mail an jede Telefonnummer zu schicken? Wie ist ein Teilnehmer am VoIP-Endgerät aus dem Telefonnetz heraus erreichbar? Um diese Schwierigkeiten beim Aufbau von grenzüberschreitenden Kommunikationsverbindungen zu verhindern, müssen diese systemübergreifend und einheitlich gelöst werden.
- Eine alltägliche Erfahrung ist die der mehrfachen, vergeblichen Kontaktaufnahme. Auch unter Berücksichtigung verschiedenster Gewohnheits- und Aufenthaltsparameter gelingt es oft nicht, den Gesprächspartner zu erreichen. Neben einem großen Zeitverlust birgt dies auch ein enormes Frustrationspotenzial. Es entstehen Unsicherheiten bei der Abwicklung von Geschäftsprozessen, welche hohe und überflüssige Kosten verursachen.
- Auf der anderen Seite sind wir oft zu gut zu erreichen. In den unpassendsten Situationen melden sich unsere Endgeräte. In die Konfigurierung der Endgeräte muss daher unsere Anwesenheit (Präsenz) und die Verfügbarkeit alternativer Kontaktmöglichkeiten mit eingehen. Zudem ist eine einheitliche, zentrale Konfigurationsschnittstelle für alle Geräte wünschenswert.

---

<sup>1</sup> Public Switched Telephone Network – öffentliches Telefonnetz. Oberbegriff für analoge Telefonnetze, meist über digitale Vermittlungsstellen (Switches).

<sup>2</sup> Gateways sind die Verbindungsrechner zwischen Netzen in denen unterschiedliche Protokolle verwendet werden. Durch sie werden die Daten und die Signalisierung für das betreffende Netz umgesetzt.

<sup>3</sup> Ein Beispiel wäre eine SMS-Nachricht, die an eine PSTN-Rufnummer geschickt wird. Diese wird nach Eingang von einer Automatenstimme vorgelesen.

<sup>4</sup> Unified Messaging System bedeutet vereinheitlichter Nachrichtenverkehr. Internetbasierter Service wie E-Mail werden mit Fax, Telefon und SMS vereint. Auf alle Nachrichten kann über ein Interface zugegriffen werden. Durch UMS können Nachrichten unabhängig von Ort und Gerät ausgetauscht werden.



Für viele der oben genannten Probleme gibt es den einen oder anderen Lösungsansatz. Einerseits werden proprietäre Verfahren eingesetzt, andererseits etablieren sich UMS-Dienste und Anwendungen. Gefordert ist jedoch ein standardisierter Ansatz, der Möglichkeiten bietet, Lösungen für alle oben genannten Problemfelder zu schaffen.

## 1.2 Der Ausweg – ENUM

Einen Ausweg bietet der Protokollstandard RFC 3761 der Internet Engineering Task Force (IETF<sup>5</sup>). Hierin ist die Abbildung von Telefonnummer auf Internetdomains (telephone number mapping) im Domain Name System (DNS) beschrieben und mit dem Akronym ENUM bezeichnet. Der vollständige Titel des Standards lautet:

*“The E.164 to Uniform Resource Identifiers (URI) Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Application (ENUM)”*

Hier spielen schon im Titel einige wichtige Standards zusammen<sup>6</sup>, deren Kenntnis für ein tieferes Verständnis von ENUM erforderlich ist. Im Folgenden wird die Anwendung dieser Standards im Hinblick auf ENUM kurz beschrieben und anhand von Szenarien dargestellt, wie mit diesem neuen Protokoll Lösungswege realisiert werden können.

Die Infrastruktur, die für die Bereitstellung von ENUM aufgebaut werden muss, wird im vorliegenden Artikel ebenfalls vorgestellt. Daneben werden die Anstrengungen beschrieben, die derzeit in Deutschland sowie auf internationaler Ebene unternommen werden, um den Einsatz zu evaluieren und einen möglichen realen Betrieb vorzubereiten.

Das Verständnis dieser Technologie macht es möglich zu erkennen, auf welche Weise Kommunikation zukünftig ablaufen kann. Die Umsetzung und das Design von Anwendungen und Prozessen, die auf dieser Technologie aufsetzen, ist der nächste Schritt. Hier gibt es noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

## 2 Das Protokoll für ENUM, RFC 3761

Im bekannten Domain Name System [Albitz], [RFC 1034, 1035, 1591] lassen sich, neben IP-Adressen und Domains, auch den E.164-Nummern<sup>7</sup> zugeordnete ENUM-Domains wie in Abbildung 1 dargestellt, ablegen.

<sup>5</sup> Die IETF (<http://www.ietf.org>) ist eine offene, internationale Gemeinschaft von Netzwerkdesignern, professionellen Anwendern und Herstellern, die zur Entwicklung des Internet und dessen reibungslosem Betrieb beitragen.

<sup>6</sup> Dieser RFC beinhaltet schon im Titel den Verweis auf sich selbst und sieben weitere Standards. E.164 - ITU-T Recommendation E.164: „The international public telecommunication numbering plan“.

URI - RFC 2396, “Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax“.

DDDS - RFC 3401 – 3405, “Dynamic Delegation Discovery System (DDDS), Part One –Part Five“.

ENUM - RFC 3761

<sup>7</sup> E.164-Nummern sind Telefonnummern im internationalen Format nach dem ITU Standard [E.164].



Der Typ der Anfrage ist ein Naming Authority Pointer (NAPTR). Dies ist ein Resource Record, der Regeln für die Umwandlung der Anfrage enthält. Die vom Nameserver zurück gegebene Antwort (Abbildung 2) enthält in der ANSWER SECTION die angeforderten NAPTR-Resource Records. Außerdem ist ein Hinweis auf die autoritativen Nameserver in der AUTHORITY SECTION vorhanden:

```

; <<>> DiG 9.2.3rc4 <<>> @dns-beispielserver.de 6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa naptr
; global options: printcmd
; Got answer:
; -->HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 25728
; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 2, ADDITIONAL: 3

; QUESTION SECTION:
;6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. IN NAPTR

; ANSWER SECTION:
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NAPTR 100 10 "u" "e2u+sip" "!^.*$!sip:dieterle@denic.de!" .
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NAPTR 100 11 "u" "e2u+http" "!^.*$!http://www.denic.de/de/enum!" .
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NAPTR 100 12 "u" "e2u+msg" "!^.*$!mailto:dieterle@denic.de!" .

; AUTHORITY SECTION:
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NS f.dns.0a0.de.
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NS enum-test1.denic.de.

; ADDITIONAL SECTION:
f.dns.0a0.de. 21291 IN A 213.133.99.232
f.dns.0a0.de. 21291 IN AAAA 3ffe:bc0:2ff:1::2
enum-test1.denic.de. 86091 IN A 81.91.160.174

; Query time: 4 msec
; SERVER: dns.beispiel-server.de#53
; WHEN: Fri May 7 12:57:44 2004
; MSG SIZE rcvd: 346
    
```

Abbildung 2: DNS-Anfrage nach einer ENUM-Domain

Im Detail beinhalten die NAPTR-Records in Abbildung 2 zehn Felder [RFC 3403]. Diese geben für die weiter verarbeitende Applikation wichtige Informationen und werden in Tabelle 1 erklärt.

Feld	Beispiel	Beschreibung
ENUM-Domain	6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa	Die Domain, die der entsprechenden Rufnummer zugeordnet ist.
TTL	10491	Die Lebensdauer „time to live“ bestimmt, wie lange die Information gültig ist.
Type	IN	Einteilung der Resource Records in Klassen. IN bedeutet Internet.
Resource Record	NAPTR	Der Typ des Resource Records. Neben NAPTR sind noch möglich: A, NS, PTR, SOA...
Order	100	Vom Server wird die Reihenfolge der Regeln vorgegeben, in der sie der Client bearbeiten muss.

Preference	10	Vorrang bei gleicher Order. Die Auswahl der Regel nach dem Preference-Wert ist mehr eine Empfehlung, als dass es für die Anwendung zwingend vorgeschrieben wäre.
Flags	u	Bei ENUM wird auf die Anfrage einmalig ein regulärer Ausdruck angewendet. Das Ergebnis ist eine URI.
Service	e2u+sip	Protokoll des angeforderter Service Auflösungsservice. Bsp. e2u+sip, eine E164-Telefonnummer wird auf eine SIP-Adresse abgebildet.
Regexp	!^.*\$!sip:dieterle@denic.de!	Regulärer Ausdruck <sup>9</sup> . Diese Regel wird auf die Domain in der Anfrage angewendet. Es ergibt sich so die Kommunikationsadresse. Die ! sind die Begrenzer der regulären Ausdrücke. ^ markiert den Anfang und \$ das Ende der Zeichenkette. .* steht für jedes beliebige Zeichen. Die ENUM-Domain aus der Anfrage wird daher ersetzt durch die zweite Zeichenkette sip:dieterle@denic.de
Replacement	.	Bei ENUM steht hier ein „.“, da die Umwandlung über den regulären Ausdruck bereits vorgenommen wurde.

**Tabelle 1:** Beschreibung NAPTR-Resource Record

Die Anwendung kann anhand dieser Regeln die Antwort verarbeiten. Das Ergebnis ist ein Uniform Resource Identifier (URI) [RFC 3404], eine eindeutige Zeichenkette, die zur Identifizierung von Ressourcen im Internet benutzt wird. Hierunter versteht man neben Adressen für Webseiten auch Kommunikationsadressen wie E-Mail, VoIP und viele andere. Auf welchen Dienst die Telefonnummer abgebildet wird, ist im Service-Feld beschrieben. Hier steht z.B. e2u+sip für die Abbildung einer Telefonnummer auf eine SIP-Adresse. SIP-Adressen werden für die Adressierung beim VoIP-Protokoll SIP<sup>10</sup> verwendet. Weitere

<sup>9</sup> Ein regulärer Ausdruck ist eine abstrakte Umschreibung einer Zeichenkette oder einer Menge von Zeichenketten.

<sup>10</sup> Das Session Initiation Protocol [RFC 3261] ist ein Signalisierungsprotokoll, welches für die Unterstützung von Verbindungen in einem Kommunikationsnetzwerk mit einem oder mehreren Partnern verwendet wird. SIP ist ein umfassender Standard, der weit mehr als die Steuerung des Transports von Sprachdaten (VoIP) beinhaltet. Auch Mobilfunknetze, Internetanwendungen und Videokonferenzen können darüber bereitgestellt werden. Für den Telefonbereich existiert ein entsprechende Protokoll der ITU-T mit der Bezeichnung H.323. Im Gegensatz zu H.323 orientiert SIP sich stark am Internetprotokoll http und bringt daher Eigenschaften wie Authentifizierung, Verwendung einheitlicher Adressen, Nachrichtenformatierung und Fehlerbehandlung mit.

Services werden gegenwärtig von der IETF standardisiert. Vorgeschlagen sind die ENUM-Services:

ENUM-Service	URI Schema
sip	sip
h323	h323
msg	mailto
pres	pres
fax	tel
ft	ftp
sms	tel, mailto, sip
ems	tel, mailto, sip
mms	tel, mailto, sip
web	http, https

**Tabelle 2:** ENUM-Services

Wenn im vorliegenden Fall die Applikation, z. B. ein VoIP-Telefon, die NAPTR-Records erhält, dann wird nach Berücksichtigung der Order- und Preference-Werte der Eintrag mit der SIP-Adresse ausgewählt werden.

### 3 Infrastruktur

#### 3.1 Verwaltung von cc.e164.arpa

Die hierarchische Struktur des Domain Name Systems (Abbildung 1) spiegelt sich auch in dessen Administration wieder. Der Einstieg für die ENUM-Domain „e164“ findet sich unter der Infrastrukturdomain .arpa. Auch die Top Level Domains (TLDs) für die Rückwärtsauflösung (reverse mapping) von IPv4- (in-addr.arpa) und IPv6-Adressen (ip6.arpa) sind hier angesiedelt. Die Gründe für die Wahl dieser Domain liegen darin, dass die Infrastrukturdomain auf allen Root-Servern implementiert ist und daher auf demselben technisch hohen Standard betreut wird [DE-01]. Es werden bei der Administration der ENUM-Domain drei Schichten (Tier 0, 1, 2) wie in Abbildung 3 dargestellt, unterschieden.

Die Verwaltung der ENUM-Root-Domain .e164.arpa hat in Absprache mit dem Internet Architecture Board (IAB<sup>11</sup>) das Réseaux IP Européens Network Coordination Centre (RIPE-NCC<sup>12</sup>) übernommen (Tier 0). Dadurch können Interessenten, die für ihren nationalen Rufnummernraum ENUM-Testinstallationen vornehmen möchten, bei RIPE NCC

Als Vorteile von SIP gegenüber H.323 werden oft Einfachheit, Erweiterbarkeit, Skalierbarkeit und Dienstportfolio genannt.

<sup>11</sup> Das IAB (<http://www.iab.org/>) ist verantwortlich für die Definition einer umfassenden Internetarchitektur. Das IAB unterstützt die IETF durch Beratung.

<sup>12</sup> RIPE NCC (<http://www.ripe.net/>) ist eine unabhängige, nicht gewinnorientierte Organisation. Mitglieder sind vorwiegend europäische Betreiber IP-basierter Weitverkehrsnetze, ISPs und Telekommunikationsunternehmen. Primäres Ziel ist die Sicherstellung der administrativen und tech-

als internationaler Registry die entsprechende länderspezifische ENUM-Domain eintragen lassen. Die genaue Vorgehensweise ist im Dokument „ENUM administration ad interim“ [DE-02] festgelegt, das in Zusammenarbeit mit dem IAB und der ITU-T SG2 erstellt wurde.

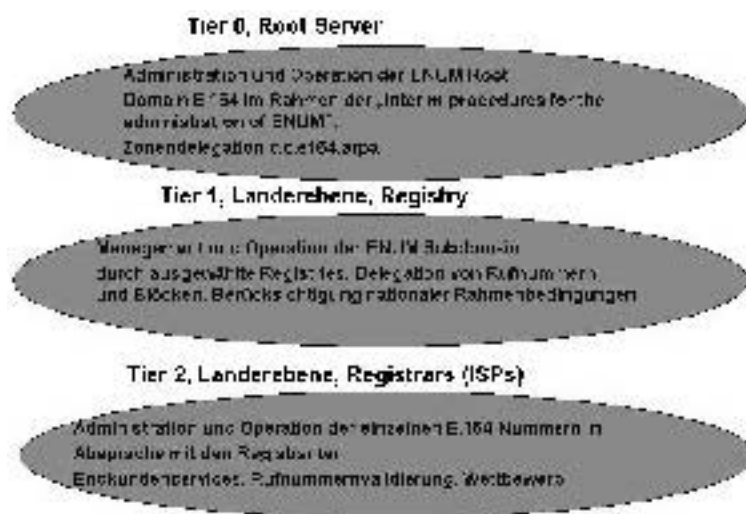


Abbildung 3: Schichten Architektur

Auf Tier 1-Ebene arbeiten die jeweiligen Registries im Rahmen nationaler Durchführungsregelungen. Sie sind zuständig für die Registrierung und Delegation der ENUM-Domains unterhalb ihres zugehörigen Ländercodes. Von hieraus erfolgt die Delegation der den Rufnummern und Rufnummernblöcke zugeordneten ENUM-Domains an die Nameserver der Tier 2-Ebene.

Tier 2 wird daher als die Schicht gesehen, auf der Wettbewerb zwischen den verschiedenen Anbietern von Endkundendienstleistungen ausdrücklich gefordert und erwünscht ist. Auf dieser Ebene wird die Verwaltung der ENUM-Domains für den Registranten<sup>13</sup> durch die Registrare vorgenommen. Die Entwicklung von ENUM-basierten Anwendungen und Services, als auch die Umsetzung von neuen Geschäftsmodellen, wird hier forciert. Daraus wird zukünftig ein breites Angebot an Dienstleistungen für den Endbenutzer resultieren. Für delegierte ENUM-Domains werden Nameservicedienste bereit gestellt. Dies geschieht

nischen Koordination zum Betrieb eines europäischen IP-Netzwerks. Die Hauptaufgabe liegt für RIPE NCC, als einem der vier Regional Internet Registries (RIRs), in der Vergabe der IPv4- und IPv6-Adressen.

<sup>13</sup> Der Registrant ist der Nutzungsberechtigte der Rufnummer und damit der entsprechenden ENUM-Domain. Für ihn wurde vom Registrar die ENUM-Domain bei der Registry registriert.



in Absprache mit dem Registranten<sup>14</sup>. Es ist auch möglich, dass dieser die technische Betreuung der ENUM-Domain selbst übernimmt.

Die Einführung einer Schichten-Architektur gewährleistet das Erreichen zweier wichtiger Ziele. Zum einen folgt die ENUM-Architektur der bewährten DNS-Hierarchie, deren Grundprinzip die dezentrale Verwaltung der Ressourcen ist. Dies gewährleistet die erforderliche Skalierbarkeit und Sicherheit. Zum anderen ist es möglich, die Endkundendienstleistungen von dem Infrastrukturbetrieb zu trennen, sodass beide getrennt voneinander aufgebaut werden können.

### 3.2 Interoperabilität

ENUM als ein von der IETF standardisiertes Protokoll wird mittlerweile international in Trials<sup>15</sup> unterschiedlicher Ausrichtung getestet. Um zu gewährleisten, dass die Kommunikation zwischen den Registranten, Registraren, Registries und den Anwendungen in den verschiedenen Ebenen auch trialübergreifend abläuft, gibt es neben den Definitionen des Standards RFC 3761 noch weitere Überlegungen, die die Ausgestaltung der ENUM-Trials unterstützen [ETSI 051] und wichtige Aspekte für die Interoperabilität zwischen den einzelnen Trials beschreiben [ETSI 172].

Bei den Interoperabilitätsanforderungen handelt es sich um minimale Festlegungen, damit die Freiheitsgrade der Trials nicht eingeengt werden und innerhalb dieser unterschiedliche Ansätze bzgl. der Administration und der technischen Umsetzung erfolgen können. Dadurch lassen sich im Vorfeld eines kommerziellen Rollouts auf breiter Basis Erfahrungen sammeln.

Auf europäischer Ebene unterstützt das European Telecommunication Standard Institute (ETSI<sup>16</sup>), die Standardisierung. Das Dokument „Minimum requirements for interoperability of European ENUM trials“ [ETSI-172] gibt Hinweise, was bei der Ausgestaltung der administrativen und technischen Details der Trials hinsichtlich der Interoperabilität mit den anderen europäischen Trials zu beachten ist.

Jeder Trial läuft dabei unter lokalen Rahmenbedingungen ab. Die zugrunde liegenden Architekturmodelle sind aber zum Teil sehr unterschiedlich, was sich auf den administrativen und operativen Betrieb auswirkt. Verschiedene nationale Vorgaben bzgl. der Rufnummernverwaltung resultieren in trialspezifischen Vergaberegeln für die ENUM-Domains.

Zur Verständigung über vorgenommene Implementierungen und zur weiteren Abstimmung wird von ETSI ein Plugtest vorbereitet<sup>17</sup>. Unter einem Plugtest versteht man eine

<sup>14</sup> Der Registrant ist der Nutzungsberechtigte der Rufnummer und damit der entsprechenden ENUM-Domain. Für ihn wurde vom Registrar die ENUM-Domain bei der Registry registriert.

<sup>15</sup> Eine Liste der internationalen Trials ist unter <http://www.ripe.net/enum/request-archives/> verfügbar.

<sup>16</sup> Das ETSI gibt es seit 15 Jahren (<http://www.etsi.org/>). Es wurde auf Betreiben der Europäischen Kommission gegründet. Mitglied von ETSI sind Verwaltungen der EU, europäische Hersteller und Forschungsinstitute. Von ETSI herausgegebene Standards werden mit „ETS“ (European Telecommunication Standards) abgekürzt. Alle Standards, Publikationen, Downloads findet man unter <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>.

<sup>17</sup> Der nächste Plugtest findet vom 29. November bis 3. Dezember 2004 (<http://www.etsi.org/plugtests/>) in Sofia Antipolis (Südfrankreich) statt.



für alle Interessierten offene Veranstaltung, bei der Forscher und Entwickler von z.T. auch konkurrierenden Firmen zusammen kommen, um die Implementierungen eines Standards auf ihre Interoperabilität zu testen und diese ggf. durch geeignete Maßnahmen zu verbessern.

## 4 Der Feldversuch für 9.4.e164.arpa

### 4.1 Historie

In Deutschland hat die DENIC eG die Durchführung des Testbetriebs für 9.4.e164.arpa übernommen. Nachdem sie von verschiedener Seite daraufhin angesprochen worden war, einen ENUM-Trial zu organisieren, hatte man sich in Konsultationen mit allen relevanten Stellen darauf verständigt und bei RIPE NCC die notwendigen Eintragungen vornehmen lassen.

Der ENUM-Testbetrieb startete daraufhin am 15. September 2002. Ziel des Testbetriebs ist es, Dienste und Geräte für diese neue Technologie zu entwickeln und auf ihre Praxistauglichkeit zu prüfen. Hierdurch wird der Wettbewerb alternativer Kommunikationsmittel zugunsten der Verbraucher ausgeweitet<sup>18</sup>. Um die Entwicklung von ENUM in Deutschland weiter voranzutreiben, haben sich die DENIC eG und die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP<sup>19</sup>) entschlossen, den Feldversuch auf eine formale Grundlage zu stellen und daher am 15. August 2003 einen gemeinsamen Vertrag über die Ausgestaltung des ENUM-Feldversuchs unterzeichnet [DE-02].

### 4.2 Status Quo

Mittlerweile beteiligen sich 367 Teilnehmer<sup>20</sup> am ENUM-Trial der DENIC. Bei den Trialteilnehmern handelt es sich, neben der DENIC, um DENIC-Mitglieder, Telekommunikationsunternehmen, Forschungseinrichtungen, Universitäten, interessierte Anwender, Hard- und Softwarehersteller, die Regulierungsbehörde und Datenschützer. Eine Trialteilnahme ist über die Anmeldung auf der ENUM-Mailingliste<sup>21</sup> möglich.

Die Anzahl an registrierten und delegierten ENUM-Domains bei der DENIC betrug am 1. Juni 2004 416. Diese Zahl erscheint gering, sie ist aber nicht verwunderlich, wenn man berücksichtigt, dass es im ENUM-Trial vorwiegend um die Evaluierung der Technik geht. Dafür reichen ein oder zwei Rufnummern und ihre zugeordneten ENUM-Domains aus. Hinzu kommt auch, dass sich unter einer delegierten Nummer ein Anlagenanschluss befinden kann, hinter dem sich bis zu 10.000 Rufnummern verbergen können. Die Delegation dieser Rufnummern an die Internetnameserver wird vom Internet Service Provider oder vom Registrant selbst vorgenommen.

Die Zahl der DENIC-Mitglieder, die auch schon Registrierungsdienstleistungen für ENUM-Domains anbieten, beträgt derzeit 29, und spiegelt das große Interesse zusammen

<sup>18</sup> Vgl. [http://www.denic.de/de/denic/presse/press\\_45.html#section\\_54](http://www.denic.de/de/denic/presse/press_45.html#section_54)

<sup>19</sup> Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, <http://www.regtp.de/>

<sup>20</sup> Eine Liste der Teilnehmer am ENUM Feldversuch findet sich unter [http://www.denic.de/de/enum/teilnehmer\\_am\\_testbetrieb/enum.jsp](http://www.denic.de/de/enum/teilnehmer_am_testbetrieb/enum.jsp)

<sup>21</sup> Mailingliste zum deutschen ENUM-Trial. [http://www.denic.de/de/enum/aktuelle\\_arbeit/index.html](http://www.denic.de/de/enum/aktuelle_arbeit/index.html)



mit den Erwartungen auf den neuen Markt wider. Der Service wird zum überwiegenden Teil kostenfrei erbracht. Bereits im Trial zeigte sich, dass große Anstrengungen unternommen wurden, um die Marktakzeptanz für ENUM und die möglichen Geschäftsmodelle zu evaluieren. Diese Erfahrungen sind wertvoll, da dadurch in größerem Maße auch Endkundenerfahrungen im Trial gewonnen werden können.

Über die Fortschritte des Trials wird in regelmäßigen Abständen auf Veranstaltungen informiert, die die DENIC für alle an ENUM-Interessierten durchführt. Sie zeigen die gesamte Themenpalette dieser neuen Technologie auf. Im März 2004 fand bereits der dritte dieser ENUM-Tage statt, der von 125 Trialteilnehmern besucht wurde. [DE-06]. Die Beiträge sind auf den Webseiten der DENIC online verfügbar. Weiterhin gibt es eine Mailingliste zum ENUM-Trial, die von Jedermann abonniert werden kann.

#### 4.3 Aufbau der Infrastruktur

Angesichts der dargestellten Schwierigkeiten, die die immer weiter diversifizierenden Kommunikationsmöglichkeiten mit sich bringen und der zunehmenden Verbreitung von VoIP, für das auf Internetressourcen zurückgegriffen wird, kann man davon ausgehen, dass das Protokoll ENUM ob seiner Vorteile in Zukunft weit verbreitet und genutzt sein wird und eine Vielzahl an ENUM-Domains registriert und delegiert werden. Realistische Zahlen können sich für eine länderbezogene Top Level Domain (ccTLD) durchaus im Millionenbereich bewegen. Für Deutschland würde dies bei einer vorsichtigen Schätzung von 10% der Telefoninhaber bedeuten, dass mit acht Millionen ENUM-Domains gerechnet werden kann.

Die dazu notwendige Infrastruktur lässt sich relativ gut abschätzen, da diese Zahl in etwa der Anzahl der bei der DENIC registrierten .de-Domains entspricht. Dafür steht ein vollautomatisches elektronisches Registrierungssystem zur Verfügung, das die Aufträge derzeit innerhalb weniger Minuten verarbeitet. Für die Zukunft ist die Einführung eines Live-Registrierungssystems vorgesehen, mit dem dann Änderungen in Echtzeit möglich werden. Entsprechende Systeme könnten auch für die Verwaltung der ENUM-Domains genutzt werden. Auch in bezug auf den Nameserverdienst sind die Anforderungen vergleichbar. Die DENIC unterhält elf Nameserver an Standorten, die über die ganze Welt verteilt sind.

Um diesen Service zuverlässig und mit kurzen Antwortzeiten für die Anwender anzubieten, sind die Standorte und die Internet-Anbindung der Rechner von zentraler Bedeutung. Die DENIC hat daher solche Standorte ausgewählt, bei denen die Nameserver direkt an wichtigen Internetknotenpunkten lokalisiert sind bzw. die Anbindung über große Backbone-Betreiber erfolgt. Die Nameserverinfrastruktur besteht derzeit aus einem Primary- und 10 Secondary-Nameservern. In Spitzenzeiten beantwortet jeder einzelne Server 25.000 und mehr Anfragen pro Minute. Insgesamt werden täglich mehr als 400 Millionen Anfragen gezählt. [DE-08], [DE-09], [DE-03].

Für die gesamte Infrastruktur ist ein erhebliches Maß an Erfahrung im Betrieb und dem Aufbau einer Soft- und Hardwareumgebung, die dieser Belastung gewachsen ist und standhält, erforderlich. Hinzu kommt, dass die Anforderungen ständig wachsen, so dass der



Ausbau und die Entwicklung kontinuierlich weitergetrieben werden müssen. Dies ist ressourcenaufwendig (Zeit, Hardware, Software) und kostenintensiv.

Die Anforderungen an den Betrieb der ENUM-Infrastruktur bezüglich Bearbeitungszeiten, Ausfallsicherheit, Antwortzeiten und Verfügbarkeit muss in gleichem Maß qualitativ hochwertig sein [DE-05].

## 5 Validierung

Für die Verbindung von Internet- und PSTN-Telefonie ist es notwendig und sinnvoll, dass eine einheitliche Adressierung verwendet wird. Schließlich muss für einen Anrufer sichergestellt sein, dass er unter ein und derselben Rufnummer auch immer den gleichen Teilnehmer erreicht, unabhängig vom Endgerät, auf das der Anruf geleitet wird, und unabhängig vom Übertragungsweg, auf dem das geschieht. Somit ist bei der Registrierung der E.164-Rufnummer zugeordneten ENUM-Domain zu gewährleisten, dass der Antragsteller auch der Zuteilungsnehmer der Rufnummer ist oder in dessen Auftrag handelt. Diese Identitätsprüfung wird als Validierung bezeichnet. ENUM-Domains, die keine zugeteilte Rufnummer abbilden, sind unzulässig [DE-02].

Während des ENUM-Feldversuchs werden einzelne Validierungsverfahren evaluiert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Rufnummernraum unterschiedliche Kategorien von Nummern umfasst, die für eine ENUM-Nutzung relevant erscheinen: Geographische, Mobile, Persönliche und Servicerufnummern, Premium Rate und Share Cost-Dienste. So ist ein Ansatzpunkt, das Verfahren spezifisch für den jeweiligen Rufnummertyp zu gestalten.

Je nach der Intensität der Kundenbeziehung zwischen Registrar und Zuteilungsnehmer können verschiedene Verfahren benutzt werden. Für weniger gut identifizierte Endkunden könnte beispielsweise ein PIN-Code-Verfahren nach folgenden Muster in Frage kommen:

Der Registrar stellt einen Antrag auf Registrierung der ENUM-Domain bei der DENIC. Die DENIC sendet sodann einen PIN-Brief an den jeweiligen Auftraggeber. Nach Erhalt des PIN-Briefes wird vom Endkunden vom beantragten PSTN-Anschluss aus eine angegebene Rufnummer angerufen und der PIN-Code übermittelt. Bei erfolgreichem Ablauf ist der Rufnummernanschluss validiert.

Beim ENUM-Feldversuch ist derzeit der Registrar für die Validierung zuständig. Es sind aber auch eigenständige Validierungsstellen denkbar. Welche Verfahren letztlich angewendet werden steht noch nicht fest. Es werden während des Feldversuchs Erfahrungen mit den unterschiedlichen Verfahren gesammelt und eingeordnet.

## 6 Szenarien

### 6.1 Eine Nummer für alle Dienste

Durch ENUM kann eine einzelne E.164-Nummer stellvertretend als Kontaktadresse für zahlreiche individuelle Kommunikationsadressen stehen (Abbildung 4). Die Verwaltung und Pflege der Einträge im DNS kann mittels eines Benutzerinterface durch den Nutzungsberechtigten der ENUM-Domain erfolgen.



Innerhalb des deutschen ENUM-Trials wurden schon verschiedene dieser Szenarien evaluiert. Neben einer Benutzerapplikation für den Desktop-PC [TSFMC] wurde auch eine Anwendung für ein Mobiltelefon für die Verwaltung und das Update der aktuelle erreichbaren Kommunikationsadressen vorgestellt [TSFMH]. Im folgenden sollen zwei Szenarien der ENUM-Nutzung genauer vorgestellt werden.

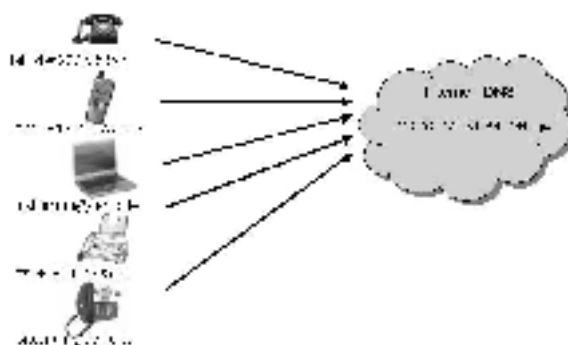


Abbildung 4: Eine Nummer für alle Dienste

## 6.2 Mobiltelefonie – VoIP

Mit der Funksignaltechnik Bluetooth ist es möglich, dass sich unterschiedliche elektronische Geräte über eine Entfernung von bis zu 10 Metern drahtlos verständigen können. Dies kann für das folgende Szenario ausgenutzt werden [DE-04]:

Ist ein Mobiltelefonbenutzer unterwegs, werden eingehende Anrufe normal an seine Handyrufnummer vermittelt. Eine DNS-Abfrage liefert keine Adresseinträge:

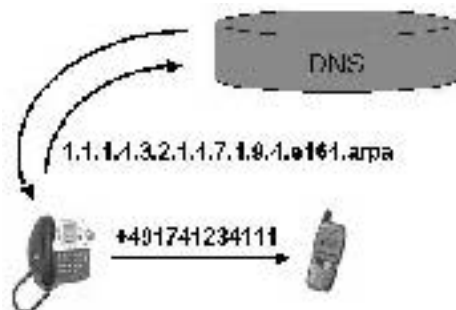
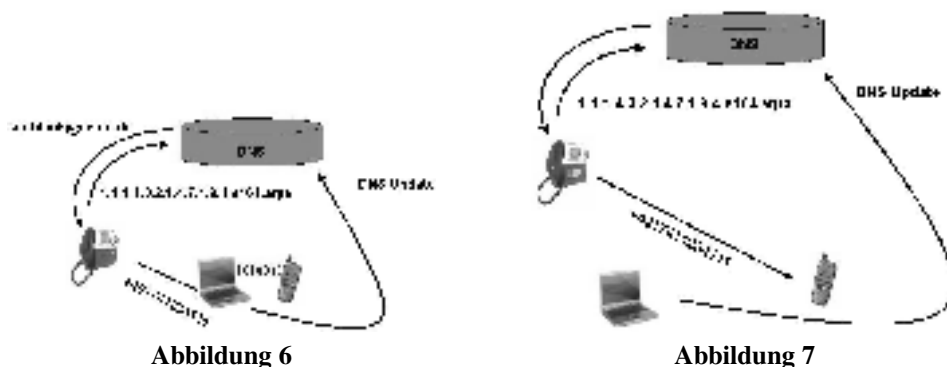


Abbildung 5:

Kommt dieser Benutzer mit seinem Handy in die "Bluetooth-Funkreichweite" eines Arbeitsplatzrechners oder Laptops mit Internetanschluss, wird die Präsenz des Handys erkannt<sup>22</sup>. Die Bluetooth-Software triggert nun einen DNS-Update des ENUM-Records für die Mobilfunkrufnummer des Benutzers: Statt eines leeren ENUM-DNS-Eintrages (NAPTR-Record) existiert nun ein Eintrag, welcher entweder auf das auf dem Rechner installierte Software-IP-Telefon oder ein am Arbeitsplatz verfügbares Hardware-IP-Telefon verweist (Abbildung 6). Telefonanrufe, die ENUM-DNS-Einträge berücksichtigen, werden von diesem Zeitpunkt an dem IP-Telefon zugestellt.

Verlässt der Benutzer mit seinem Bluetooth-Handy wieder die nähere Umgebung seines Arbeitsplatzes, werden über das dynamische Update die DNS-Zonendaten aktualisiert und die SIP-Adresse entfernt. Ankommende Anrufe auf sein Mobiltelefon werden wieder direkt auf dieses Gerät vermittelt (Abbildung 7).



Durch Anwendungen, die das ENUM-Protokoll unterstützen, ist der mobile Anwender für alle anderen IP-Telefonnutzer zu den jeweils günstigsten Verbindungskosten erreichbar.

### 6.3 Least Cost Routing

VoIP-Anrufe sind kostengünstig, unabhängig davon, ob es lokale Anrufe oder Ferngespräche sind. Daher ist es für den Endanwender von Interesse, VoIP zu verwenden. Aber auch für den Telekommunikationsprovider bringt es Vorteile, Telefongespräche über das Internet-Protokoll zuzustellen. Bei der Nutzung der Netze anderer Anbieter fallen bei der PSTN-Telefonie deutlich höhere Kosten an (durch sogenannte Interconnection-Gebühren), als bei der weiteren Auslastung bestehender IP-Netze.

In der Abbildung 8 ist dargestellt, wie das Routing ablaufen könnte. Nach Eingabe einer Telefonnummer an einem VoIP- oder herkömmlichen PSTN-Endgerät erfolgt über die Telefonanlage (PBX<sup>23</sup>) der Verbindungsaufbau. Sofern die Telefonanlage ENUM-DNS-Abfragen unterstützt, wird die Nummer im DNS nachgeschlagen. Bei Erfolg werden die NAPTR-Records zurück gegeben und von der PBX entsprechend der Preference-Werte

<sup>22</sup> Anwendungen, die eine Fernsteuerung von PC-Applikationen mittels Bluetooth unterstützen, sind z. B. die Programme PCremote für Windows und Salling Clicker für Mac OS.

<sup>23</sup> PBX – Public Branch Exchange

verwendet. Ein Routing des Gesprächs über das Internet ist dann direkt zum IP-Telefon möglich.

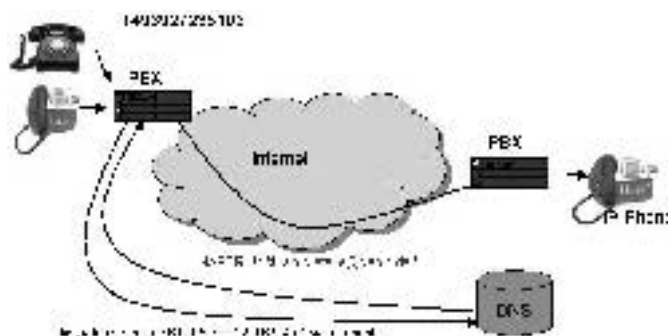


Abbildung 8: Least Cost Routing

Zukünftig bietet es sich für Telekommunikationsunternehmen an, diese Möglichkeit der günstigen Gesprächsvermittlung für ihre Kunden als Service bereitzustellen. Hierzu müssen die Vermittlungsstellen um die ENUM-Funktionalität erweitert werden. Sollen auch die Endkunden über ENUM erreichbar sein, könnten die notwendigen DNS-Einträge schon bei der Anschlusseinrichtung vom Telekommunikationsunternehmen beantragt werden. Somit wäre die Erreichbarkeit aus dem Internet gegeben und die Möglichkeiten der günstigen Telefonie erschlossen. Dies würde über sogenannte „Community-Lösungen“, bei denen nur die eigenen Kunden innerhalb der „Community“ günstig erreichbar sind, weit hinausgehen und hätte den Vorzug eine klare, für den Kunden überschaubare Lösung mit offensichtlichen Vorteilen zu bieten.

Für den Anwender bietet sich bereits jetzt die Möglichkeit, kostengünstig über das Internet zu telefonieren, sofern er eine Telefonanlage einsetzt, die auch ENUM-DNS-Abfragen durchführt und ins Internet vermitteln kann<sup>24</sup>.

## 7 Verbraucherschutz

Wie die Anwendungsszenarien im vorigen Kapitel gezeigt haben, lassen sich Kommunikationsabläufe unter Verwendung von ENUM durchgängig, kostengünstig und effektiv gestalten. ENUM ist daher eine Technologie, die – wenn sie entsprechend eingesetzt wird – für den Anwender eine Vielzahl an Vorteilen mit sich bringen kann. Als Infrastrukturmaßnahme wird ENUM auf der technischen Ebene eingesetzt, ein tieferes Verständnis ist für die Nutzung aus Anwendersicht nicht erforderlich. Dennoch muss der Verbraucher über einzelne Fakten informiert werden. Von den Infrastrukturbetreibern sind gewisse Regeln einzuhalten, um Datenschutz und Sicherheit zu gewährleisten.

<sup>24</sup> Produkte, die ENUM-Routing unterstützen:  
<http://www.denic.de/de/enum/anwendungspotential/index.html>



## 7.1 Datenschutz

Für den Datenschutz gibt es gesetzliche Vorschriften, die bei der Veröffentlichung von personenbezogenen Daten einzuhalten sind. Gerade im Kommunikationsbereich erwarten die Verbraucher von den Diensteanbietern und der ENUM-Registrierungsstelle entsprechende Sicherheitsvorkehrungen, die die Kundendaten vor einer unbefugten Verwertung durch Dritte effektiv schützen.

Hinsichtlich der Datenschutzbestimmungen empfiehlt die europäische Arbeitsgruppe der Datenschutzbeauftragten in dem Papier "Data Protection in Telecommunication" [DS Berlin] bei der ENUM-Registrierung ein Opt-In-Verfahren<sup>25</sup> zu nutzen, also die Rufnummern nur nach der Zustimmung des Zuteilungnehmers ins DNS einzutragen. So wird es auch im deutschen ENUM-Feldversuch gehandhabt.

Darüber hinaus wird vom Zuteilungnehmer auch festgelegt, welche Einträge (URI) für die Naming Authority Pointer (NAPTR) zu dieser ENUM-Domain hinterlegt werden. Dadurch ist die Kontrolle des Endbenutzers über seine personenbezogenen Daten gewährleistet.

Daneben spricht sich die europäische Arbeitsgruppe der Datenschutzbeauftragten dafür aus, Einträge in ein whois-Verzeichnis<sup>26</sup> ebenfalls nur nach dem Opt-In-Verfahren vorzunehmen. Eine Veröffentlichung der Daten über einen whois-ähnlichen Dienst ist im deutschen Feldversuch nicht vorgesehen.



### 7.1.1 Datensparsamkeit und Anonymität

DNS-Informationen sind im einzelnen öffentlich abrufbar. Dies ist eine Grundeigenschaft des Domain Name Service und für das Funktionieren verschiedener Internetservices auch eine notwendige Voraussetzung. Man steht daher vor der Aufgabe, diese Daten vor Missbrauch zu schützen.

Bei Einträgen für die NAPTR-Records ist Datensparsamkeit ein empfehlenswerter Grundsatz. Die Verwendung einiger weniger Einträge, die auf die grundlegenden Dienste verweisen, ist ausreichend. Eine detaillierte Verzweigung kann dann auf der Serviceebene stattfinden. Beispielsweise ist es möglich, auf SIP-Ebene Weiterleitungsmechanismen an weitere SIP-Adressen einzutragen. Darüber hinaus kann auch mit anonymisierten Aliasadressen im DNS gearbeitet werden. Die eigentlichen personenbezogenen Daten werden dann auf der Dienstebene verwendet. Somit sind die personenbezogenen Daten im DNS weitgehend geschützt. Beispielsweise könnte die ANSWER SECTION aus Abbildung 2 auch wie folgt aussehen:

<sup>25</sup> „Opt-In“ bedeutet, dass eine Eintragung nur erfolgt, wenn der Benutzer explizit zustimmt, im Gegensatz zu „Opt-Out“, wo die Eintragung nur dann unterbleibt, wenn der Benutzer explizit ablehnt.

<sup>26</sup> Der whois-Dienst ermöglicht die Recherche nach Benutzer- und Rechnernamen im Internet. Das Protokoll wurde von der IETF 1985 standardisiert (RFC 954).







```
:: ANSWER SECTION:  
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NAPTR 100 10 "u" "e2u+sip" "i^.*$!sip:91741@iptel.org!" .  
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NAPTR 100 11 "u" "e2u+http" "i^.*$!http://www.datenschutz.de!" .  
6.5.6.6.7.3.1.2.7.9.4.e164.arpa. 10491 IN NAPTR 100 12 "u" "e2u+msg" "i^.*$!mailto:Joe.Doe@hotmail.com!" .
```

**Abbildung 9:** Anonymisierte Kontaktadressen

## 7.1.2 Unterschiedliche Datenschutzbereiche

Eine wichtiges Kriterium hinsichtlich der Zuständigkeit für den Datenschutzes ist, an welcher Stelle Daten eingetragen und verwendet werden. Nicht alle Daten, die für technische und administrative Zwecke erhoben werden müssen, sind auch öffentlich zugänglich. Es wird unterschieden zwischen Kontakt-, Inhaber-, administrativen und technischen Daten.

1. Kontaktdaten sind die Daten, die für die Kommunikation über Internetdienste (E-Mail, VoIP, etc.) verwendet werden. Diese Daten sind personenbezogen. Der Inhaber hat hier ein Interesse daran, diese Daten aktuell zu halten und seinen Kommunikationspartnern zur Verfügung zu stellen. In der Regel speichert der Diensteanbieter diese Daten, da er auch die Dienste (Webserver, Mailserver, etc.) für den Kunden betreut. Die Daten könnten, z. B. über ein Webinterface, auch vom Inhaber direkt verwaltet werden. Kontaktdaten können in anonymisierter Form eingesetzt werden.
2. Inhaberdaten werden vom jeweiligen Registrar im Rahmen der Kundenbeziehung erhoben und gespeichert und sind nicht öffentlich zugänglich.
3. Administrative Daten werden für die Zuordnung der ENUM-Domain zum Zuteilungnehmer der Rufnummer von der Registry erhoben und sind nicht öffentlich zugänglich.
4. Technische Daten sind notwendig für den Betrieb der Infrastruktur. Die technischen Daten sind hinsichtlich des Datenschutzes unkritisch. Beispielsweise sind die autoritativen Nameserver für die ENUM-Domain öffentlich abrufbar.

## 7.1.3 Adressfilterung

Auch bei der Telefonie-Werbung nimmt der Missbrauch zu. Hier wäre es von Vorteil, wenn der Anwender mehr Möglichkeiten der Adressfilterung nach eigenen Vorgaben hätte. Bei der Verwendung von VoIP ist die Bereitstellung solcher Schutzmaßnahmen durch Adressfilterung leicht realisierbar. Beispielsweise könnten Anrufe mit unterdrückter Rufnummer automatisch auf eine Mailbox geleitet werden.

## 7.1.4 Authentifizierung

Moderne Präsenzdienste bieten die Verwendung von Authentifizierungsmechanismen an. Beim Abruf der Adressressourcen ist ein Berechtigungsnachweis erforderlich. Der Anrufer muss sich authentifizieren, bevor die Präsenzinformation zurückgegeben wird. In diesem Sinne kann ENUM zusammen mit modernen Protokollen weit mehr Schutz vor unerwünschten Anrufern bieten [Draft Pres], als dies bei herkömmlichen Kommunikationsdiensten der Fall ist.



## 8 Schlussfolgerungen

Wie gezeigt werden konnte, bietet die Verwendung des ENUM-Protokolls zukünftig eine Lösung für die allgemeine Adressierung im Kommunikationsbereich. Dies ist eine elementare Voraussetzung für die Akzeptanz neuer Dienste und Anwendungen. Das Design von Kommunikationsszenarien und die Entwicklung darauf aufbauender Dienste ist gegenwärtig ein interessantes Forschungsgebiet und zukünftig ein vielversprechender Anwendungsbereich, in dem Chancen für neue Geschäftsmodelle liegen.

ENUM ist das Schlüsselement für den Brückenschlag zwischen IP-basierten Netzwerken und dem öffentlichen Telefonnetz. Kommunikationsbedürfnisse werden sich in Zukunft nicht mehr auf ein Netz beschränken. Die Kopplung beider Welten – der der Telefonie und der des Internets – wird vollzogen und erst durch ENUM wird es möglich sein, Anrufe über die Netzgrenzen hinweg unter einer einheitlichen Adressierung, nämlich einer Telefonnummer, zuzustellen.

Für eine reibungslose Integration von VoIP in die bestehende Telefoniewelt ist dies ein notwendiges Kriterium. Denn ein abrupter Wechsel zu VoIP von einem Tag zum anderen und damit eine neue Adressierung wird nicht erfolgen. Sicher ist, dass es das PSTN-Netz und die Notwendigkeit von rein numerischen Adressen noch einige Jahre geben wird, und demzufolge ein Übergang nur schrittweise und möglichst mit geringem Aufwand erfolgen sollte.

So kann ENUM durch das Zusammenführen der Netze und die Unterstützung von durchgängigen Kommunikationsszenarien den Weg für den Einsatz von VoIP in einem Massenmarkt unterstützen.

Noch wird bei ENUM eine Nummer als Adresse verwendet. Es ist aber auch vorstellbar, dass im Mittelpunkt ein Name als zentrale Adresse für weitere Kommunikationsmöglichkeiten steht. Beispielsweise könnte eine DNS-Abfrage für `petra.blank.denic.de` die NAPTR-Records mit den verschiedenen Kommunikationsadressen liefern. Denn schließlich wurde das DNS ursprünglich auch dazu geschaffen, anstelle des mühevollen Umgangs mit Nummern aussagekräftige Namen zu verwenden.

### Literatur

- [Albitz] P. Albitz & C. Liu, DNS und BIND, 3. Auflage, O'Reilly Verlag, 2002.
- [DE-01] DENIC eG, Sabine Dolderer, Argumente für die ENUM-Domain e164.arpa, 2003. [http://www.denic.de/media/pdf/enum/Welche\\_TLD\\_fuer\\_ENUM.pdf](http://www.denic.de/media/pdf/enum/Welche_TLD_fuer_ENUM.pdf)
- [DE-02] Vertrag zum ENUM Feldversuch zwischen DENIC eG und RegTP, [http://www.denic.de/de/enum/aktuelle\\_arbeit/vertrag.html](http://www.denic.de/de/enum/aktuelle_arbeit/vertrag.html), August 2003.
- [DE-03] DENIC eG, Statistiken für DENIC Mitglieder. Mai 2004.
- [DE-04] DENIC eG, Ein aktuelles Anwendungsbeispiel. <http://www.denic.de/de/enum/anwendungspotential/bluetooth.html>
- [DE-05] DENIC eG, Technische Kompetenz. [http://www.denic.de/de/denic/wir\\_ueber\\_uns/technische\\_kompetenz/](http://www.denic.de/de/denic/wir_ueber_uns/technische_kompetenz/)
- [DE-06] DENIC eG, ENUM Tag 16. März 2004. [http://www.denic.de/de/enum/veranstaltungen/denic\\_enum-tage/index.html](http://www.denic.de/de/enum/veranstaltungen/denic_enum-tage/index.html)

- [DE-07] DENIC eG, Newsletter 124, April 2004.
- [DE-08] DENIC eG, Pressemitteilungen 08.12.2003. Neuer DENIC-Nameserver in Berlin nimmt seinen Betrieb auf. [http://www.denic.de/de/denic/presse/press\\_49.html](http://www.denic.de/de/denic/presse/press_49.html)
- [DE-09] DENIC eG, Pressemitteilungen 12.11.2002. Neue DENIC-Nameserver zeigen Wirkung. [http://www.denic.de/de/denic/presse/press\\_3.html](http://www.denic.de/de/denic/presse/press_3.html)
- [DS Berlin] International Working Group on Data Protection in Telecommunications, Arbeitspapier zu potentiellen Datenschutzrisiken im Zusammenhang mit der Einführung des ENUM-Services, [http://www.datenschutz-berlin.de/doc/int/iwgdp/enum\\_de.pdf](http://www.datenschutz-berlin.de/doc/int/iwgdp/enum_de.pdf), Berlin 2.-3 September 2003
- [E.164] ITU-T Recommendation E.164, The international public telecommunication numbering plan. <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders\string&lang=e\string&%0Bparent=T-REC-E.164>
- [ETSI-051] ETSI TS 102 051 V1.1.1, ENUM Administration in Europe, July 2002. <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>
- [ETSI-172] ETSI TS 102 172 V1.1.1, Services and Protocols for Advanced Networks (SPAN); Minimum requirements for interoperability of European ENUM trials, March 2003. <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>
- [RIPE NCC] Ripe Network Coordination Centre, ENUM Request Archives. <http://www.ripe.net/enum/request-archives/>
- [RufnR] Der Nummernraum für das öffentliche Telefonnetz/ISDN in Deutschland. [http://www.regtp.de/reg\\_tele/start/in\\_05-06-01-00-00\\_m/fs.html](http://www.regtp.de/reg_tele/start/in_05-06-01-00-00_m/fs.html)
- [TSFMC] T-System Nova, ENUM FollowMe White Paper, November 2003. [http://www.enum-trial.de/docs/ENUM-Trial\\_Projekt-FollowMe\\_v1\\_0.pdf](http://www.enum-trial.de/docs/ENUM-Trial_Projekt-FollowMe_v1_0.pdf)
- [TSFMH] T-System Nova, ENUM FollowMe Handy White Paper. März 2004. [http://www.enum-trial.de/docs/ENUM-Trial\\_Projekt-Handy-Client\\_v1\\_0.pdf](http://www.enum-trial.de/docs/ENUM-Trial_Projekt-Handy-Client_v1_0.pdf)
- [RFC 1034] Mockapetris, P., "Domain Names - Concepts and Facilities", November 1987.
- [RFC 1035] Mockapetris, P., "Domain Names - Implementation and Specification", November 1987.
- [RFC 1591] Postel, J., "Domain Name System Structure and Delegation", March 1994.
- [RFC 2396] Berners-Lee, T., et al, "Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax", August 1998.
- [RFC 3761] Faltstrom, P., "The E.164 to Uniform Resource Identifiers (URI) Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Application (ENUM)", April 2004.
- [RFC 3401] Mealling, M., "Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Part One: The Comprehensive DDDS", October 2002.
- [RFC 3402] Mealling, M., "Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Part Two: The Algorithm", October 2002.
- [RFC 3403] Mealling, M., "Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Part Three: The Domain Name System (DNS) Database", October 2002.
- [RFC 3404] Mealling, M., "Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Part Four: The Uniform Resource Identifiers (URI) Resolution Application", October 2002.
- [RFC 3405] Mealling, M., "Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Part Five: URI.ARPA Assignment Procedures", October 2002.
- [RFC 2535] Eastlake, D., "Domain Name System Security Extensions", March 1999.
- [Draft Pres] Peterson, J., "Enumservice Registration for Presence Services", December 2003. draft-ietf-enum-pres-00.txt
- [Draft Priv] Shockey, R., et al, "Privacy and Security Considerations in ENUM", July 2003. draft-ietf-enum-privacy-security-01.txt