

# Untersuchung und Bewertung von VoIP-Diensten im Gigabit-Wissenschaftsnetz

Abschlussbericht | 1. September 2004

**R | R | Z | N** | Regionales Rechenzentrum für  
Niedersachsen / Universität Hannover

**T** · · Systems · · · T-Systems International GmbH



Cisco Systems GmbH



Verein zur Förderung eines  
Deutschen Forschungsnetzes e. V.



# Untersuchung und Bewertung von VoIP-Diensten im Gigabit-Wissenschaftsnetz

Abschlussbericht | 1. September 2004

## Autoren

### **Regionales Rechenzentrum für Niedersachsen / Universität Hannover**

Steffen Heinze, Eduard Siemens, Christian Grimm, Uwe Oltmann, Stefan Piger

### **T-Systems International GmbH**

Sven Heese, Johann Haseneder, Jörg Kaplick, Martin Heyer

### **CISCO Systems GmbH**

Thomas Spiegel, Bert-Hendrik Czaya

### **Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e. V (DFN-Verein)**

Renate Schroeder



# Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	9
2	Strategische Aspekte	11
2.1	Wandel von der klassischen zur IP-Telefonie	11
2.2	Das Betreibermodell	13
3	Ziele des Projektes	15
3.1	Praktische Erprobung	15
4	Aufbau und Erprobung der Testkonfiguration	17
4.1	Darstellung der Konfiguration	17
4.1.1	G-WiN-Anschluss	19
4.1.2	ISDN-Anschluss	19
4.1.3	Konfigurationsdaten	20
4.2	Begründung des gewählten Ansatzes	20
4.3	Problemstellungen und Lösungen	21
4.4	Empfehlungen hinsichtlich des Aufbaus der VoIP-Umgebung	23
5	Erfahrungen aus dem Nutzerbetrieb	25
5.1	Die Fragebögen	26
5.2	Hinweise der Nutzer	27
5.2.1	Sprachqualität	27
5.2.2	Funktionalität	28
5.2.3	Weitere Wünsche	28
6	Spezielle Themen und Empfehlungen	29
6.1	Einsatz von Teamanlagen	29
6.2	Vermittlungsplatz und Verzeichnisdienste	31
6.2.1	Realisierung eines Vermittlungsplatzes	32
6.2.2	Verzeichnisdienste für die IP-Telefonie	32
6.2.3	Realisierung verschiedener Verzeichnisdienste	34

6.3	Accounting und Billing	34
6.3.1	Abrechnung für den Pilotbetrieb	34
6.3.2	Hinweise für eine zukünftige Lösung	36
6.4	Verfügbarkeit	37
6.4.1	Verfügbarkeitsaspekte im LAN	37
6.4.2	Verfügbarkeitsaspekte in der Service Area	40
6.4.3	Update-Management	41
6.5	Security	41
6.5.1	VoIP-VLAN	42
6.5.2	IP-Telefone	42
6.5.3	VoIP-Gateways	44
6.5.4	Übergang zwischen G-WiN und VoIP-VLAN	44
6.5.5	Callmanager	44
6.6	Mandantenfähigkeit	44
6.6.1	Gesichtspunkte der Mandantenfähigkeit	45
6.6.2	Ansätze für die Realisierung der Mandantenfähigkeit	47
6.7	Weitere Aspekte	48
6.7.1	Mobilität	48
6.7.2	Mehrwertdienste	51
7	Zusammenfassende Empfehlungen	55
7.1	Empfehlungen für die Einführungsplanung	55
7.2	Empfehlungen für den Nutzerbetrieb	56
7.3	Spezielle Themen	56
7.3.1	Teamanlagen	56
7.3.2	Accounting und Billing	56
7.3.3	Verfügbarkeit	56
7.3.4	Security	57
8	Schlussbetrachtung	59
8.1	Eckpunkte eines Dienstangebotes	59
8.1.1	Ausgangssituation	59

8.1.2	Projektmanagement	59
8.1.3	Serviceparameter	61
8.1.4	Lösungsbausteine	62
8.1.5	Grundsätzliche Angebotelemente	62
8.1.6	Budgetäres Preismodell	63
8.1.7	Beispielberechnung für das Preismodell	64
8.1.8	Fazit	65
8.2	Ausblick	66
9	Anhang: Fragebogen	69



# 1 Vorbemerkungen

Mit ISDN (Integrated Services Digital Network) wurde die Idee des universellen Netzes, Sprache und Daten in digitaler Form über ein Netz zu übertragen, erstmals standardisiert. Das Datenvolumen war so gering im Vergleich zum Sprachaufkommen, dass es völlig selbstverständlich war, die Datenübertragung von Anwendungen über das digitale Fernsprechnet zu realisieren.

Seit einigen Jahren stellen wir eine Umkehrung fest: das weltweite Datenvolumen hat das Sprachaufkommen deutlich überholt und es zeichnet sich ab, dass die Sprachkommunikation als so genannte IP-Telefonie zukünftig überwiegend über Datennetze (LAN, WAN, Internet) und damit über das IP-Protokoll stattfinden wird. Dieser Wandel wirft grundsätzliche organisatorische, technische und wirtschaftliche Fragen auf, von der kaum eine Einrichtung ausgenommen bleibt.

Der Wechsel von herkömmlichen TK-Anlagen zur IP-Telefonie bringt technische, organisatorische und personelle Herausforderungen mit sich, denen nicht alle Einrichtungen im erforderlichen Ausmaß entsprechen können. Diesen droht, vom technologischen Fortschritt abgehängt zu werden, mit allen Konsequenzen für Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit. Die Erprobung diene daher im Kern der Evaluierung einer Dienstleistung „IP-Telefonie als Portmodell“, die z. B. für die Mitgliedseinrichtungen des DFN-Vereins angeboten werden könnte. Neben dem konkreten Vorschlag einer derartigen Dienstleistung (siehe Kapitel 8) sind viele Ergebnisse auch auf die eigene Implementierung einer IP-Telefonie-Umgebung übertragbar.

Der vorliegende Bericht soll im Wesentlichen die Aspekte eines Betriebsmodells, in dem ein externer Dienstleister das IP-Telefonie-System bereitstellt, beleuchten. Es wird kein Anspruch auf eine umfassende Behandlung grundsätzlicher technologischer Fragen erhoben. Hilfreich für den allgemeinen Einstieg in das Thema IP-Telefonie sowie in allgemeine Fragen der Implementierung ist das so genannte *IP Telephony Cookbook*, welches im Rahmen eines europäischen Projektes entstanden ist<sup>1</sup>.

Ein weiteres wesentliches Thema in Verbindung mit der IP-Telefonie ist die Sicherheit. Einen Überblick über diese Problematik bieten u. a. die *Security Considerations for Voice over IP Systems* des National Institute for Standards and Technology (NIST)<sup>2</sup>.

Allen, die zum Gelingen dieses Projektes beigetragen haben, sei hiermit Dank ausgesprochen.

August 2004, die Autoren

---

<sup>1</sup> <http://www.terena.nl/library/IPTELEPHONYCOOKBOOK/>

<sup>2</sup> [http://csrc.nist.gov/publications/drafts/NIST\\_SP800-58-040502.pdf](http://csrc.nist.gov/publications/drafts/NIST_SP800-58-040502.pdf)



## 2 Strategische Aspekte

### 2.1 Wandel von der klassischen zur IP-Telefonie

Es gibt deutliche Anzeichen für einen Wechsel von der klassischen Telefonie zur IP-Telefonie:

1. Entwicklungsvorhaben für die klassische Telefonie finden kaum noch statt. Diese Technologie lässt kein Wachstum mehr erwarten. Alle Hersteller klassischer TK-Anlagen bieten inzwischen (mehr oder weniger proprietäre) Migrationslösungen zur IP-Telefonie an.
2. Das Volumen an Datenkommunikation steigt überproportional im Vergleich zum Wachstum des Sprachaufkommens. Dies betrifft sowohl private als auch öffentliche Netze. Aus wirtschaftlichen Erwägungen werden daher sowohl von Unternehmen als auch Netzbetreibern keine getrennten Netze mehr für Sprache und Daten realisiert. Der immer geringer werdende relative Anteil an Sprachkommunikation wird vielmehr über die ohnehin breitbandigen Datennetze mit übertragen.

Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen der Sprachanwendungen beschränkt sich der Einsatz von IP-Telefonie zunächst auf breitbandige Netze. Hierzu zählen local area networks (LANs) sowie breitbandige wide area networks (WANs), wie Unternehmensnetze und z. B. das deutsche Wissenschaftsnetz G-WiN unter der Federführung des DFN-Vereins. Die Breitbandigkeit unterstützt dabei auch die für die Sprachkommunikation benötigte Echtzeitfähigkeit. Die Migrationsgeschwindigkeit zur IP-Telefonie wird beeinflusst:

1. Durch die Gesamtkosten im Vergleich zur klassischen Telefonie, z. B. ausgedrückt durch die so genannten Pro-Port-Kosten.
2. Durch den Mehrwert, der aus dem hohen Grad des Zusammenwachsens von Daten- und Sprachkommunikation neue Applikationen und Geschäftsmodelle ermöglicht.
3. Durch Lösungsmodelle, die einer Einrichtung bzw. einem Unternehmen die Migration zur IP-Telefonie erleichtern.

Die Frage der Migration zur IP-Telefonie stellt sich – früher oder später – für jede Mitgliedseinrichtung im DFN-Verein. Die dabei zu lösenden Aufgaben sind vielschichtig und teilweise schwierig. Es liegt im Vereinsinteresse, diese Fragestellungen zentral aufzuarbeiten und den Mitgliedseinrichtungen rechtzeitig Hilfen und ggf. Lösungen anzubieten. Dies ist das Ziel des durchgeführten Pilotprojektes.

Ein Vorteil der IP-Telefonie ist offensichtlich: der Aufbau und Betrieb nur noch eines (universellen) Netzes für Daten und Sprache.

Ein weiterer Vorteil ist die Nutzung herstellerübergreifender Standards. Bei den Nebenstellenanlagen grenzen sich die Hersteller durch den Einsatz proprietärer Protokolle und Endge-

räte voneinander ab. Demgegenüber schaffen die Protokoll-Familien H.323 oder SIP zumindest die Voraussetzung zur Nutzung herstellerübergreifender Standards in der IP-Telefonie.

Wichtige Potentiale der IP-Telefonie bieten die Mehrwerte. Durch das Zusammenfügen der Daten- und Sprachkommunikation entstehen neue Dienste, wie:

- Internetweite Erreichbarkeit des Teilnehmers unter seiner Rufnummer (Erhöhung der Mobilität)
- Internet-Anwendungen mit integriertem Sprachdialog (Erhöhung der Mediendurchdringung)
- Zusammenführung aller Nachrichten in einem Medium (Unified Messaging)
- Integration von Telefonie und Datenanwendungen (CTI, Computer Telephony Integration)

Trotz der Vorteile und Potentiale wird VoIP teilweise noch zögerlich angenommen. Ursächlich sind unter anderem:

1. Der Technologiewechsel von einem bestehenden, sehr zuverlässigen, verbindungsorientierten System weg zu einem System, nämlich dem verbindungslosen LAN/MAN/WAN/Internet, welches als grundsätzlich unzuverlässig betrachtet wird; Einbußen an Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit werden nicht bzw. nur sehr begrenzt in dem Rahmen akzeptiert, in dem bei gleichem Preisniveau ein erkennbarer und interessierender Mehrwert angeboten wird.
2. Bestehende ISDN-Infrastrukturen im Bereich der Unternehmen (TK-Anlagensysteme) sowie der Netzanbieter (SDH-Netze) mit zu berücksichtigenden Standzeiten und/oder Restbuchwerten; Ein Technologiewechsel ist ein Prozess, der eine zusätzliche Belastung bedeutet, sowohl in finanzieller als auch in personeller Hinsicht.
3. Gewachsene Strukturen mit getrennten Verantwortlichkeiten für den Fernsprech- und den Datendienst im Hochschulbereich; Es ist zwar vielerorts gelungen, universelle Netzinfrastrukturen für den Fernsprech- und Datendienst aufzubauen, die Netze sind aber weiterhin physisch getrennt. Es fehlt häufig ein Konzept, unter wessen Verantwortlichkeit die IP-Telefonie als Standard-Dienstleistung in der Hochschule angeboten werden soll.
4. Der erwartete, zusätzliche Personalaufwand bei Einsatz der IP-Telefonie; Wenn der Technologiewechsel sich langsam vollzieht und die klassische Telefonie nicht sofort durch die IP-Telefonie substituiert wird, ist u.U. ein längerer Parallelbetrieb erforderlich.

Für jede Einrichtung stellt sich die Frage: nicht ob, sondern wann soll der Einstieg in die IP-Telefonie erfolgen? Häufig steht diese Entscheidung eng im Zusammenhang mit der Erneuerung oder auch dem Ausbau einer vorhandenen TK-Anlage. Die Entscheidungsträger

müssen sich dabei bewusst sein, dass sie sich mit einer Entscheidung zu Gunsten der klassischen Telefonie erneut für viele Jahre eng an einen Hersteller binden.

Für die Mitgliedseinrichtungen im DFN-Verein bestehen hervorragende Voraussetzungen den Einstieg in die IP-Telefonie zu erproben und einzuführen. Seit Mitte 2003 ist im Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN) ein experimenteller IP-Telefonie-Verbund in Betrieb, den alle Mitgliedseinrichtungen nutzen können. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass das G-WiN und die heute üblichen LAN-Infrastrukturen mit Fast Ethernet und switched networks eine zumeist ausreichende, bei entsprechender Dimensionierung annähernd echtzeitfähige Infrastruktur zur Sprachkommunikation bereitstellen. Für einen Technologiewechsel zur IP-Telefonie verbleiben damit zwei wesentliche Fragestellungen:

1. Wie kann das Investitionsproblem zufrieden stellend gelöst werden?
2. Wie soll der Dienst in geeigneter Weise erbracht werden?

## 2.2 Das Betreibermodell

Die Projektpartner haben im Vorfeld des Projektes einen intensiven Erfahrungsaustausch zur IP-Telefonie betrieben, bei dem u. a. auch diese Fragen beraten wurden. Die Erkenntnisse lassen sich so zusammenfassen, dass ein externes Betreibermodell die genannten Randbedingungen vermutlich sehr gut erfüllen dürfte:

1. Die Vollkosten für die IP-Telefonie sind zu aller erst durch den Personalaufwand für Konfiguration und Betrieb und weiterhin durch die zentralen Netzkomponenten, wie z. B. die Callmanager, geprägt. Für kleinere Organisationseinheiten mit geringen Portzahlen ergibt sich dabei ein vergleichsweise hoher Portpreis für VoIP, bei großen Portzahlen sinkt der Portpreis entsprechend.  
Es gibt etliche Untersuchungen zu den Kosteneinsparpotentialen mit VoIP. Eine Kalkulation der Universität Hannover ist dabei sehr konservativ: erst bei Portzahlen ab ca. 2.000 Anschlüssen wird der break even point im Vergleich zu den Kosten der klassischen Telefonie erreicht. Eine Untersuchung der DeTeline (heute: Deutsche Telekom & Services GmbH) kommt zum Ergebnis, dass die Kosten für die IP-Telefonie nur halb so hoch sind wie die der klassischen TK-Anlagen-Technik. In die Berechnungen fließen jedoch viele Parameter ein, die von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sind, so dass auch bei kleineren Installationen die Wirtschaftlichkeit des Systems in Einzelfällen zu überprüfen wäre. In jedem Fall lassen sich durch Bündelung des Personalaufwandes und der Netzkomponenten Einsparungen erzielen. Ein Betreibermodell, das durch ein entsprechendes Dienstleistungsangebot die Nachfrage bündelt, verspricht daher besonders wirtschaftliche Vorteile (Skaleneffekt). Ein typisches Beispiel hierzu ist ein Dienstleistungsangebot für die Mitglieder des DFN-Vereins im Verbund des Wissenschaftsnetzes.
2. VoIP ist (noch) keine „plug & play“-Lösung und erreicht die Hochverfügbarkeit klassischer TK-Anlagen nur durch Einsatz redundanter Server, proaktiver Wartung und erfahrenen Betriebspersonals. Letzteres ist in kleinen und mittleren Organisationseinheiten tendenziell schwer bereitzustellen. Da Betrieb und Service in dem hier untersuchten Modell aus-

gelagert werden, ist der Personalaufwand für die F&E-Einrichtungen geringer. Den Teilnehmereinrichtungen wird eine sanfte Migration „Schritt für Schritt“ ermöglicht, ohne besonderen zusätzlichen Investitions- und Betriebsaufwand.

## 3 Ziele des Projektes

### 3.1 Praktische Erprobung

In dem Pilotvorhaben soll festgestellt werden, wie weit sich diese Vorstellung mit existierenden Produkten umsetzen lässt und welche Dienstmerkmale für einen Regelbetrieb im geplanten Umfeld erforderlich sind. Das Pilotvorhaben soll dabei dazu dienen, die Parameter und Anforderungen eines IP-Telefoniedienstes zu erkennen, praktisch zu erproben und für ein Dienstangebot festzulegen. Ziel ist es, den Mitgliedseinrichtungen im DFN-Verein ein attraktives Angebot zum Einsatz der IP-Telefonie machen zu können.

Für die praktische Erprobung muss zunächst die Konfiguration des Piloten mit der erforderlichen Integration des IP-Netzes und der TK-Anlage der Einrichtung festgelegt werden. Neben den funktionalen Tests dieser Konfiguration sind weitere Fragenkomplexe (Arbeitspakete) zu bearbeiten, die für ein Dienstleistungsmodell wichtig sind. Hierzu gehören z. B. der Einsatz von Teamanlagen, der Aufbau von Verzeichnisdiensten zur Unterstützung zentraler Vermittlungs- und Auskunftsplätze, die Abrechnungsproblematik (von den Logdaten bis zum Gebühreneinzug) und ein Maßnahmenkatalog zu Fragen der Verfügbarkeit und Sicherheit. Auf diese Punkte wird in den folgenden Kapiteln ausführlich eingegangen.



## 4 Aufbau und Erprobung der Testkonfiguration

Die nachstehend beschriebene Testkonfiguration wurde mit dem Ziel entwickelt, dass eine Einrichtung, die ein LAN selbst betreibt, ohne weitergehende technische Kenntnisse an einem solchen Dienst teilnehmen und IP-Telefone in ihrem Netz betreiben kann. Für die praktische Erprobung waren einige Randbedingungen zu beachten. Neben Verbindungen in das öffentliche Telefonnetz sollten gebührenfreie Gespräche zu den Telefonen der bestehenden VoIP-Umgebung des RRZN sowie zu den Nebenstellenanschlüssen der TK-Anlage der Universität Hannover möglich sein. Die Pilotumgebung sollte dabei netztechnisch getrennt von der RRZN-VoIP-Umgebung sein.

### 4.1 Darstellung der Konfiguration

Bei dem gewählten Konfigurationsaufbau (Abbildung 4-1) befinden sich die zentralen Komponenten (Callmanager) durch eine Firewall abgesichert in einer Service Area der T-Systems und werden von dieser betrieben. Die Verbindung zum IP-Netz der Teilnehmer (Universität Hannover und Technische Universität Braunschweig) wird über das Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN) hergestellt.

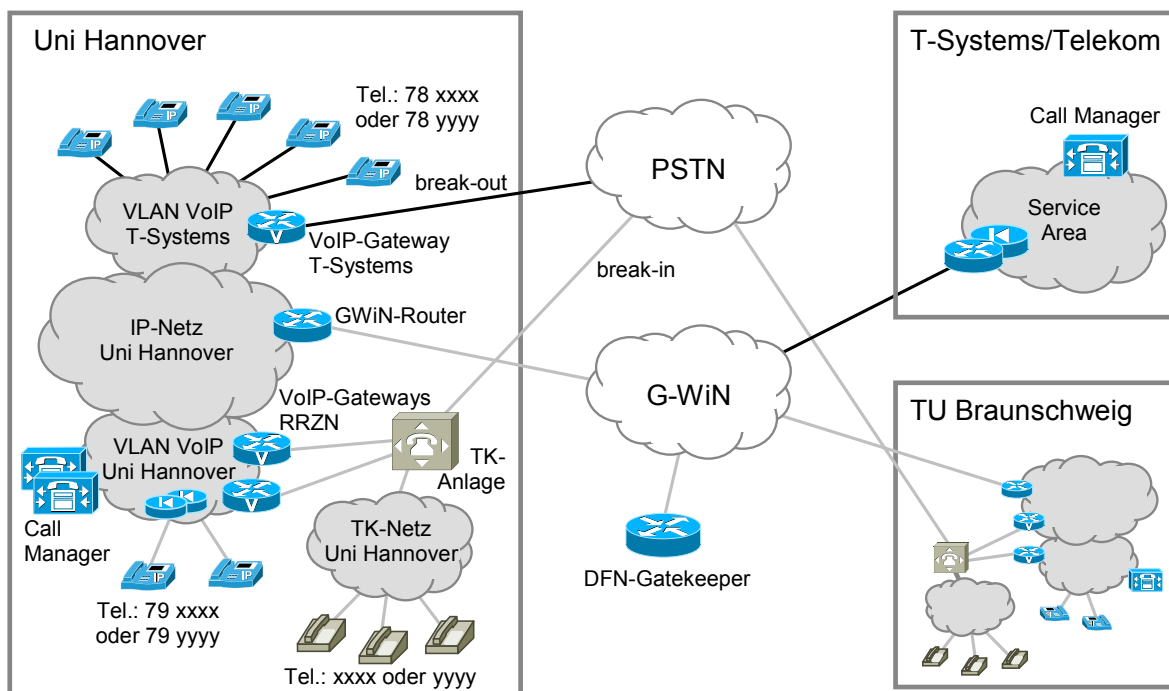


Abbildung 4-1 Konfiguration der Testumgebung

Die IP-Telefone der am Pilotbetrieb teilnehmenden Einrichtungen der Universität Hannover befinden sich alle innerhalb eines separaten, vom restlichen IP-Netz durch eine Firewall getrennten, VLAN. Die IP-Telefone wurden mit der Nebenstellenummer des Teilnehmers kon-

figuriert, die dieser auch an seinem herkömmlichen Nebenstellenapparat hat, ergänzt um einen zweistelligen Präfix. Dieser Präfix ist durch die Bündelkennung bestimmt, mit der die Ankopplung der IP-Telefone an die TK-Anlage der Einrichtung erfolgt. Im Falle der Universität Hannover ist das die Bündelkennung 78, so dass ein Teilnehmer mit der Nebenstellenummer 4724 über die Rufnummer 78 4724 an seinem IP-Telefon erreichbar ist.

Für das Break-Out hat die Telekom im RRZN ein VoIP-Gateway installiert, das über einen Primärmultiplexanschluss mit dem öffentlichen Telefonnetz verbunden ist. Über das Merkmal „Clip No Screening“ wird sichergestellt, dass die bei Anrufen in das öffentliche Netz gesendete Rufnummer des Anrufers der über die TK-Anlage verwalteten Nummer des IP-Telefones entspricht. Dieses Gateway fungiert außerdem als DHCP-Server, der die IP-Adressvergabe für die Telefone in Hannover regelt.

Das Break-In aus dem öffentlichen Telefonnetz wird über die TK-Anlage der Universität realisiert (siehe hierzu auch 4.2). Da das RRZN an der Universität Hannover seit längerem bereits IP-Telefone betreibt (Bündelkennung 79), konnte in diesem speziellen Fall die vorhandene Ankopplung über mehrere VoIP-Gateways zwischen IP-Netz und TK-Anlage mitbenutzt werden. Über diese Gateways werden auch die Gespräche zu Nebenstellenanschlüssen der TK-Anlage der Universität abgewickelt.

Als weiterer Spezialfall war für die Universität Hannover eine Verbindung von IP-Telefonen innerhalb der bestehenden VoIP-Umgebung des RRZN (Bündelkennung 79) zu IP-Telefonen dieses Piloten (Bündelkennung 78) herzustellen. Hierzu wurden über einen Intercluster Trunk die Callmanager im RRZN und in der Service Area der T-Systems direkt miteinander gekoppelt.

Des Weiteren sind einige Telefone in einer externen Einrichtung (TU Braunschweig) am Piloten beteiligt. Sie sind ebenfalls über das G-WiN mit dem zentralen Callmanager verbunden. Auch bei diesen Telefonen findet das Break-Out über das Gateway in Hannover statt. Dies ist beabsichtigt und soll uns Aufschluss geben, ob bei „kleinen“ Einrichtungen auf ein eigenes Break-Out verzichtet werden kann. Durch die Beteiligung der TU Braunschweig am Feldversuch werden weiterhin die Möglichkeiten der Anbindung einer Einrichtung mit einem separaten Rufnummernplan untersucht.

Einige Beispiele sollen den funktionalen Ablauf beim Verbindungsaufbau eines Telefonats erläutern.

Beispiel 1: Verbindungsaufbau von einem IP-Telefon 78 XXXX des Piloten zu einem TK-Nebenstellenanschluss YYYY der Universität Hannover:

Das IP-Telefon gehört zur Rufnummerngruppe 78 XXXX. Es wählt die Nebenstelle YYYY an. Die Informationen zur Signalisierung werden grundsätzlich an den zuständigen Callmanager gesendet, in diesem Fall vom IP-Telefon in der Universität Hannover über das G-WiN zum Callmanager in der Service Area der T-Systems. Durch Abgleich der gewählten Ziffern YYYY mit dem Routingplan erkennt der Callmanager, dass das Gateway im VoIP-VLAN der Univer-

sität Hannover für die Verbindung zu der TK-Anlage der Uni Hannover mit dem IP-Netz der Universität Hannover für diesen Nummernblock zuständig ist. Im Gateway erfolgt eine Protokollumsetzung. Dabei wird die Rufnummer YYYY an die TK-Anlage der Universität weitergeroutet. Die TK-Anlage vermittelt das Gespräch dann in herkömmlicher Weise zum Nebenstellenanschluss YYYY. Die Medienströme während des Gesprächs werden zwischen IP-Telefon und Gateway direkt ausgetauscht und laufen nicht über das G-WiN.

Beispiel 2: Verbindungsaufbau aus dem öffentlichen Netz zu einem IP-Telefon innerhalb der Projektumgebung:

In der TK-Anlage wird zunächst erkannt, dass es einen Verbindungswunsch eines Telefones YYYY aus dem öffentlichen Netz zu einem Telefon innerhalb des IP-Telefonie-Rufnummernbündels 78XXXX gibt. Die Signalisierung wird zum VoIP-Gateway des RRZN weitergeleitet, wo eine Protokollumsetzung erfolgt. Aufgrund der Routing-Einträge, die im Gateway für das 78er-Rufnummernbündel existieren, wird daraufhin über das G-WiN der Callmanager der T-Systems angesprochen. Dort ist dem Endgerät mit der angewählten Rufnummer 78XXXX eine MAC-Adresse sowie eine IP-Adresse zugeordnet, woraufhin die Anrufsignalisierung auf diesem Telefon eingeleitet wird. Die Medienströme innerhalb des Gesprächs laufen dann ohne Einbeziehung des Callmanagers direkt zwischen Gateway und Endgerät.

Da jeder Verbindungsaufbau die Instanz Callmanager erfordert, ist die Verfügbarkeit des Callmanagers und der Zugang dorthin besonders kritisch. CISCO hat hierfür eine Fall-Back-Lösung verfügbar, die so genannte „Survivable Remote Site Telephony“ (SRST). Sie wurde auf dem VoIP-Gateway der T-Systems im RRZN eingerichtet und sorgt dafür, dass während eines Ausfalls des Callmanagers oder des Zugangs dorthin die grundsätzliche Funktionalität erhalten bleibt und damit weiter telefoniert werden kann (siehe auch Kap. 6.4).

#### 4.1.1 G-WiN-Anschluss

Die Service-Area der T-Systems in Münster wurde über eine Standard-2 MBit/s-Verbindung an den G-WiN-Kernnetznoten in Bielefeld angebunden. Auf eine redundante Auslegung konnte für den Pilotbetrieb verzichtet werden.

#### 4.1.2 ISDN-Anschluss

Die ursprüngliche Projektplanung sah vor, dass sowohl die Verbindungen von Pilotteilnehmern in das öffentliche Netz (Break-Out) als auch Verbindungen aus dem öffentlichen Netz (Break-In) über einen eigenen ISDN-Anschluss „geroutet“ werden. Gleichzeitig sollten die Pilotteilnehmer unter der allgemein bekannten Rufnummer der Universität Hannover erreichbar sein. Zu diesem Zweck wurde die Rufnummerngruppe 0511 762 78xxxx vorgesehen. Technisch gesehen sollten also Anrufe auf Nebenstellen, deren Nebenstellenummer mit 78 beginnt, in der OVSt auf den für das Pilotprojekt bereitgestellten ISDN-Anschluss geleitet werden. Alle anderen Rufe der Universität Hannover sollten unverändert über die bestehenden Anschlüsse laufen. Prinzipiell steht hierfür das ISDN-Leistungsmerkmal „Zielorientierte Leit-

weglenkung" der Deutschen Telekom bereit. Da der ISDN-Anschluß vereinbarungsgemäß von T-Systems beauftragt und bereitgestellt wurde, gab es (in Verbindung mit den bestehenden so genannten „Altrufnummern“) regulatorische und schließlich auch terminliche Hindernisse. Daher wurde das Break-In aushilfsweise über die TK-Anlage der Universität realisiert.

Um dem Angerufenen eine Rufnummer aus dem Bereich der Universität zu signalisieren, obwohl der Anruf von einem anderen Anschluss kommt, wurde der Primärmultiplexanschluss (PMX) mit dem Leistungsmerkmal „CLIP No Screening“ genutzt. Dieses Leistungsmerkmal muss explizit freigeschaltet werden.

#### 4.1.3 Konfigurationsdaten

Folgende Daten mussten vom RRZN bereitgestellt werden:

- Der IP-Adressbereich, der für die IP-Telefone und das VoIP-Gateway verwendet werden soll.
- Die Liste der MAC-Adressen mit zugeordneten Rufnummern der IP-Telefone. Diese Liste sollte außerdem auch Angaben zu den jeweiligen Telefon-Typen enthalten, um die geeigneten Images bereitstellen zu können.

## 4.2 Begründung des gewählten Ansatzes

Ziel dieses Projektes ist die Evaluierung, ob die IP-Telefonie als zentrale Dienstleistung über das G-WiN für Mitgliedseinrichtungen im DFN-Verein erbracht werden kann. Daher befindet sich die zentrale Serverkomponente des Systems in einer von den Einrichtungen räumlich getrennten Service-Area. Um einen möglichst breiten Überblick über die Akzeptanz in verschiedenartigen Umgebungen zu gewinnen, findet der Feldversuch in mehreren Einrichtungen statt, die unterschiedliche Anforderungen an ein Telefonie-System stellen und unterschiedliche Erfahrung mit IP-Telefonie besitzen.

Das System wird netztechnisch von der bereits laufenden, vom RRZN betreuten, VoIP-Umgebung getrennt. Die wechselseitige Erreichbarkeit zwischen diesen Telefonen wird jedoch gewährleistet. Dadurch, dass das Break-Out in das öffentliche Netz über einen separaten Primärmultiplexanschluss stattfindet, wird eine weitgehende Unabhängigkeit von der TK-Anlage der Universität erreicht. Da der einheitliche Nummernplan der Universität Hannover erhalten bleiben sollte, musste das Break-In aus dem öffentlichen Netz über die TK-Anlage realisiert werden.

Durch die Beteiligung einer externen Einrichtung (TU Braunschweig) am Feldversuch werden die Möglichkeiten einer Anbindung „kleiner“ Institutionen mit einem separaten Rufnummernplan untersucht.

### 4.3 Problemstellungen und Lösungen

Nach der Freigabe der Konfiguration seitens der T-Systems hat das RRZN zunächst eine Reihe funktionaler Tests durchgeführt, bevor die Freigabe der IP-Telefone an die Nutzer erfolgte. Dabei wurden folgende Funktionen geprüft:

#### Grundfunktionen

- Telefonieren innerhalb der VoIP-Insel 78-XXXX
- Telefonieren zu TK-Nebenstellenanschlüssen der Universität Hannover
- Telefonieren ins Amt
- Eingehende Gespräche aus dem Amt/der UH-TK-Anlage
- Telefonieren zwischen VoIP-Clustern (Intercluster Trunk)
- Erreichbarkeit von anderen TK-Anlagen-Knoten aus
- Erreichbarkeit über Querverbindungen (Behördennetz, TU Braunschweig)
- Verfügbarkeit der Grundkonfiguration während des SRST-Betriebes
- Die Rufnummernpläne sowie die Vernetzungsstruktur mit den bestehenden Telefonie-Systemen müssen abgestimmt und dokumentiert werden. Es ist dabei auf mögliche Rufnummernumsetzungen zu achten.

#### Abrechnungssystem

- Werden die mittels einer Auswahlziffer als privat bzw. dienstlich deklarierten Telefonate auf dem Callmanager für die Gebührenzuordnung auch entsprechend gespeichert?
- Extraktion der Gebührendatensätze aus dem System und Einordnung in das Gebührenmodell

#### Besondere Funktionen

(sowohl innerhalb des VoIP-Clusters als auch mit externen Teilnehmern)

- Ad-hoc Konferenz
- Dial-In Konferenz
- Gespräch halten
- Gesprächsweiterleitung
- Rufumleitung

#### Rufnummernübermittlung

- korrekte Rufnummernübermittlung ins Amt

- korrekte Rufnummernübermittlung zu Nebenstellen der TK-Anlage sowie über die TK-Querverbindungen
- korrekte Funktion des „CLIP No Screening“-Merkmals

#### Sprachqualität

- Sprachverständlichkeit (intern, Amt, UH-Nebenstellen)
- Echoproblematik (intern, Amt, UH-Nebenstellen)
- Lautstärke (intern, Amt, UH-Nebenstellen)
- Sicherstellen, dass Silence Suppression deaktiviert ist

#### Endgeräte

- Rufkonfiguration/Rufnummernlisten
- Corporate Directory
- Speed Dials
- persönliche Verzeichnisse
- Konfiguration der Endgeräte über das Web-Interface des Callmanagers

Bei der Inbetriebnahme und den Funktionalitätstests sind nachfolgend beschriebene Probleme bzw. Verzögerungen aufgetreten, aus denen bereits einige Empfehlungen abgeleitet werden können:

- Der Fallback-Dienst (SRST) war anfangs nicht bzw. nur eingeschränkt verfügbar. Es muss darauf geachtet werden, dass die Anmeldereihenfolge für die Telefone eingehalten wird (die Anmeldung sollte im Normalfall beim Callmanager, im Störfall als Alternative am SRST-Gateway stattfinden).
- Es gab zunächst größere Probleme beim Herstellen der Basiskonnektivität, insbesondere das H.323-Protokoll-Fixup auf den sowohl T-Systems- als auch RRZN-seitig eingesetzten PIX-Firewalls funktionierte nicht einwandfrei und musste dauerhaft deaktiviert werden. Da die Ursache dieser Probleme zunächst schwer zu ermitteln war, führte dies zu längeren Verzögerungen. Auch eine von Cisco zur Verfügung gestellte neuere Software-Version für die Firewall brachte keine Verbesserung bezüglich des H.323-Fixups. Das Problem ist durch Einsatz statischer IP-Filter statt des H.323-Fixups umgangen worden.
- Das Leistungsmerkmal „CLIP No Screening“ war aufgrund unvollständiger Beauftragung anfangs nicht freigeschaltet worden, so dass die Signalisierung der Nummer des Anrufers aus der VoIP-Umgebung nicht funktionierte. Das Problem ließ sich kurzfristig beheben.
- Zwischen den Netzen von Callmanager und Telefonen müssen mindestens die Ports für TFTP(69), SCCP (2000) und Medienströme (>1024 UDP) freigeschaltet sein, für die Kommunikation zwischen Callmanager und Gateways bedarf es mindestens der Ports für die

Medienströme und der Ports für das Verbindungsprotokoll zwischen Gateway und Callmanager (H.323 bzw. MGCP).

- Damit die korrekte Uhrzeit auf den Telefonen dargestellt wird, sollte, sowohl für den Callmanager als auch für die SRST-Funktion auf den Gateways, in jedem Fall ein NTP-Server eingetragen werden.

#### 4.4 Empfehlungen hinsichtlich des Aufbaus der VoIP-Umgebung

In Vorbereitung auf einen regulären Nutzerbetrieb erscheint es vor allem sinnvoll, die technischen Gegebenheiten innerhalb der zu versorgenden Einrichtung genauestens zu erkunden (Ausbaustand und Ausfallsicherheit des Datennetzes), zum anderen sollten die Erwartungen der Nutzer in Hinblick auf die Funktionalität und Ausfallsicherheit einer Telefonie-Lösung evaluiert werden und ein Abgleich mit dem technisch möglichen Rahmen der Ziellösung stattfinden.

Grundsätzlich besteht in folgenden Punkten Abstimmungsbedarf zwischen dem Dienstleister und den nutzenden Einrichtungen:

- Welcher Codec wird gewünscht und welcher ist für interne bzw. externe Gespräche verfügbar? Dadurch wird die Sprachqualität beeinflusst. Bei diesem Punkt sollte auch die Auslegung der Netzverbindung berücksichtigt werden. Für interne Telefonate ist es empfehlenswert, bei entsprechender Leistungsfähigkeit des IP-Netzes, einen Wideband-Codec zu wählen, wodurch die Signalqualität verbessert wird.
- Bestehende Firewalls / Access-Listen in den Einrichtungen müssen bezüglich der Konfiguration überprüft werden. Zwischen nutzerseitig teilnehmender Einrichtung und Dienstleister sollte ein koordiniertes Management bezüglich der Security Policy stattfinden. Zu diesem Fragenkomplex sollte auf beiden Seiten je ein fester Ansprechpartner benannt werden.
- Da in Deutschland ein Rufnummernplan variabler Länge verwendet wird, muss bezüglich des „Interdigit Timeout“, der die maximale Wartezeit zwischen zwei gewählten Ziffern bis zum Versuch der Anwahl der eingegebenen Nummer angibt, eine Einstellung als Kompromiss zwischen schnellem Wahlvorgang und guter Bedienbarkeit gefunden werden.
- Als Standardvorgabe für die Einrichtung bzw. für jeden einzelnen Nutzer sollte definiert werden, ob die „Anklopfen“-Funktion gewünscht ist oder nicht.
- Ein Default-Passwort für den Zugang zu den Administrationseinstellungen der Endnutzer sollte definiert werden.
- Serverseitig sollten die gewünschten Lokalisierungen, Ruf tonlisten, Softkeybelegungen, Music-On-Hold (Wartemusik) und verfügbaren IP-Phone-Services vorab nach den Erwar-

tungen und Erfordernissen der Einrichtungen definiert und eingestellt sein. Dies sollte bei einer mandantenfähigen Lösung außerdem nach Mandanten getrennt möglich sein.

- Bei der Funktionalität „Extension Mobility“, bei der ein Teilnehmer sich auf verschiedenen Telefonen mittels Benutzername und PIN einloggen kann und damit seine gewohnte Umgebung auf diesem Telefon wieder findet, werden die Ruflisten nach dem Ausloggen eines Teilnehmers bzw. dem Einloggen eines anderen nicht gelöscht, wodurch die Rufnummern der getätigten Anrufe für den „Nachfolger“ einsehbar sind. Daher sollte der Einsatz mit den geltenden Datenschutzbestimmungen der nutzenden Einrichtung abgestimmt werden.
- Die Definition der Partitionen und Calling Search Spaces auf dem Callmanager sollte im Zusammenhang mit allen den Nummernplan beeinflussenden Faktoren gründlich geplant werden.
- Eine genaue Dokumentation der Rufnummernpläne und Vernetzung mit den existierenden TK-Anlagen sowie der diesbezüglichen Einstellungen ist im Problemfall sehr hilfreich.
- Für die (selektive) Freischaltung des Web-Zugangs zu den persönlichen Administrationsseiten auf dem Callmanager müssen die IP-Adressbereiche bekannt sein, in denen sich die Arbeitsplatzrechner der Nutzer befinden.
- Hinsichtlich der Konferenzen sollte das Augenmerk auf die (durch die Dimensionierung der Hardwarekomponenten begrenzte) maximale Anzahl gleichzeitig möglicher Konferenzen bzw. Teilnehmer pro Konferenz gelegt werden. Die Maximalzahl der Teilnehmer pro Konferenz sollte auch den Nutzern mitgeteilt werden.

## 5 Erfahrungen aus dem Nutzerbetrieb

Im RRZN werden seit dem Jahr 2001 IP-Telefone benutzt, inzwischen ca. 100 Geräte. Da es ein wichtiges Ziel des Projektes war, die Bewertung der IP-Telefonie von unvoreingenommenen Nutzern zu erfahren, haben wir verschiedene Hochschuleinrichtungen, die bisher herkömmliche Telefone benutzten, um die Teilnahme am Projekt gebeten. Dabei bildete das Projektteam des RRZN die Schnittstelle zwischen dem Dienstleister und den Nutzern der IP-Telefone. Die Einrichtungen, die als Testnutzer am Projekt teilgenommen haben, sind in Tabelle 5-1 aufgeführt.

Einrichtung	Hochschule	Anzahl IP-Telefone	Chef-Sekretär genutzt
RRZN	Universität Hannover	7	Nein
Technische Informationsbibliothek / Universitätsbibliothek	Universität Hannover	10	Nein
Institut für Theoretische Nachrichtentechnik	Universität Hannover	5	Nein
Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik	Universität Hannover	14	Ja
Verwaltung, SG Telekommunikation und Brandmeldetechnik	Universität Hannover	4	Ja
Hochschulrechenzentrum	Technische Universität Braunschweig	10	Nein

Tabelle 5-1 Verteilung der IP-Telefone in den Einrichtungen

Im Januar 2004 wurden Vertreter der potentiellen Nutzer zu einer ersten Besprechung eingeladen. Das RRZN erläuterte die geplante Pilotkonfiguration, die terminliche Planung sowie die Aufgaben der Testteilnehmer in dem Projekt. Die Vertreter der Einrichtungen wurden um eine kurzfristige Äußerung zur Teilnahme und zur Anzahl der gewünschten IP-Telefone gebeten. Alle Vertreter sagten die Teilnahme zu; die Verteilung der IP-Telefone in den teilnehmenden Einrichtungen ist aus Tabelle 5-1 ersichtlich.

Die Installation der IP-Telefone vor Ort wurde vom RRZN für die Einrichtungen in Hannover vorgenommen, das Hochschulrechenzentrum der TU Braunschweig installierte die IP-Telefone selbst. Bei der Installation durch das RRZN wurden die Nutzer direkt am IP-Telefon kurz (2-5 Minuten) eingewiesen. Anschließend wurde ihnen per Email noch eine kurze Anleitung sowie eine URL zur persönlichen Konfigurationsseite auf dem Callmanager und das Standard-Passwort zugesandt. Weiterhin erhielten die Testnutzer Zugriff auf ein deutschsprachiges interaktives Lernprogramm für die eingesetzten IP-Telefone vom Typ Cisco 7960.

Um eine gute Rückkopplung von den Nutzern zu erhalten, wurden Fragebögen mit der Bitte ausgeteilt, mindestens wöchentlich eine kurze Zusammenfassung zur Nutzung des IP-Telefonie-Systems zu geben. Daneben hielt das Projektteam regelmäßig Kontakt zu den Vertretern der einzelnen Einrichtungen, um auftretende Probleme oder Verbesserungsvorschläge zu erörtern. Nach ca. 6 Wochen wurde eine Besprechung zum gemeinsamen Erfahrungsaustausch durchgeführt, zu der alle Test-Teilnehmer eingeladen waren (siehe Tabelle 5-2).

Datum	Termin
21.01.2004	Informationsveranstaltung mit Vertretern potentieller Nutzer
02.03.2004	Erste IP-Telefone werden für den Betrieb freigegeben
15.03.2004	Freigabe des Pilotbetriebes in Braunschweig geplant, verzögert sich dann aber bis zum 30.04.2004
16.03.2004	Alle IP-Telefone in Hannover sind in Betrieb
20.04.2004	Erfahrungsaustausch mit den Nutzern
30.06.2004	Ende des Nutzerbetriebes

Tabelle 5-2 Termine in Verbindung mit dem Nutzerbetrieb

## 5.1 Die Fragebögen

Die Nutzer wurden gebeten, zunächst den Typ des bisher genutzten Telefons zu nennen. Diese Angabe ist wichtig, da die Beurteilung eines Telefons einschließlich seines Funktionsumfangs, seiner Sprachqualität und seiner Bedienung vom vorher genutzten Telefon geprägt ist. Als Standardeintrag sollte auf dem Fragebogen für jeden Tag eine Abschätzung der Anzahl der geführten Telefonate je Richtung (eingehend und ausgehend) gemacht werden. Weiterhin sollte der Funktionsumfang des IP-Telefons, die Sprachqualität und die Verfügbarkeit der IP-Telefonie im Vergleich zur bisherigen Telefonie klassifiziert (besser – gleich – schlechter) werden. Zusätzlich wurden die Nutzer um ergänzende Hinweise über besondere Feststellungen, Mängel usw. gebeten.

Zum Zeitpunkt der Nutzerbesprechung am 20.04.2004 lag der Rücklauf ausgefüllter Fragebögen bei etwa 24 %. Diesen lagen etwa 445 eingehende und 624 ausgehende Telefonate zu Grunde. Die Fragebögen waren teilweise lückenhaft ausgefüllt. Tabelle 5-3 stellt das Ergebnis in einer Übersicht dar. Der Rücklauf nach der Besprechung war so gering, dass eine weitere Auswertung nicht mehr zweckmäßig erschien. Da die Bewertung pro Tag anzugeben war, ist die Dimension „Personentage“: an 56 Personentagen wurde die Sprachqualität „wie gewohnt“ beurteilt, an 51 Personentagen „schlechter als gewohnt“. Die Vorlage für den Fragebogen ist dem Anhang des Berichts zu entnehmen.

Insgesamt haben die Teilnehmer, die vorher ein relativ funktionsarmes analoges Telefon verwendeten, eine bessere Bewertung abgegeben als Personen, die vorher mit einem Komfort-Telefon telefoniert haben. In keinem Fall wurde der IP-Telefonie-Dienst mit „besser“ als der

gewohnte Telefonie-Dienst bewertet. Näheren Aufschluss hat die Besprechung mit den Nutzern gegeben.

	Qualität	Funktionalität	Verfügbarkeit
Wie gewohnt	56	55	85
Schlechter	51	49	14
Besser	0	0	0

Tabelle 5-3 Bewertung des IP-Telefonie-Dienstes seitens der Nutzer

Nachdem die Instabilitäten der Aufbauphase beseitigt worden waren, lief der Betrieb stabil, so dass auch in persönlichen Gesprächen keine wesentlichen, neuen Mängel mehr genannt wurden.

## 5.2 Hinweise der Nutzer

Bei der gemeinsamen Besprechung wurden zunächst die spezifischen Hinweise auf den Fragebögen hinterfragt und nach den Gesichtspunkten „Hinweise zur Sprachqualität“, „Feststellungen zur Funktionalität“ und „Verbesserungsvorschläge“ geordnet und erörtert. Bei dem anschließenden Versuch, die Vor- und Nachteile des getesteten Betriebsmodells für die IP-Telefonie zu diskutieren, führte dies sehr schnell in eine Diskussion, welche Vorteile die IP-Telefonie für den einzelnen Nutzer überhaupt bietet. Eine erste Nutzergruppe sah gar keinen Grund, sich von ihrem gut funktionierenden Telefon zu verabschieden und ein Gerät zu bekommen, welches nach ihrer persönlichen Einschätzung schlechter ist (schlechter auch, weil vieles nicht wie gewohnt funktioniert). Wir haben daraus gefolgert, dass es wichtig gewesen wäre, die Nutzer rechtzeitig über Bedienungsänderungen und fehlende oder anders wirkende Funktionalitäten ausführlich zu informieren und außerdem die Einführung der IP-Telefonie mit einem überzeugenden Angebot an Mehrwerten zu koppeln. Eine zweite Nutzergruppe (Angehörige der Rechenzentren der Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig sowie die Mitarbeiter vom Sachgebiet Telekommunikation) bewertete vieles positiver, da sie neben der persönlichen Nutzung des Telefons auch die Vorteile unter dem Aspekt der Nutzung von Synergien aus der Verwendung einheitlicher Netz-Technologie beurteilte.

### 5.2.1 Sprachqualität

Bei der Sprachqualität ist zu beachten, dass die Voice-Activity-Detection sowie das damit verknüpfte Feature „Comfort-Noise“ nur in begründeten Fällen eingesetzt werden. Zweck dieser für die Mobilkommunikation typischen Merkmale ist die Reduktion der zu übertragenden Daten. Bei dem Einsatz der IP-Telefonie in lokalen Netzen sowie im G-WiN ist meistens davon auszugehen, dass die angebotenen Transferraten für die Sprachströme ausreichend sind, so dass keine speziellen Maßnahmen zur Reduktion der Datenrate notwendig sind.

Von einigen Nutzern wurde die unterschiedliche Sprachqualität bei Telefonverbindungen bemängelt. Wir vermuten Pegelanpassungen als Ursache und empfehlen, dass von einer möglichen Anpassung der Signalpegel in den Vermittlungsknoten, wie z. B. Gateways, abgesehen werden sollte. Andere Nutzer haben von einer schwankenden Lautstärke während eines Gesprächs berichtet, weitere von schlechter Verständlichkeit bei Nutzung der Freisprecheinrichtungen. Beide Punkte dürften auf Probleme in den Endgeräten zurückzuführen sein.

### 5.2.2 Funktionalität

Mehrere Nutzer bemängelten, dass der Rufaufbau zu lange dauert. Die Ursache dafür liegt in der Implementierung des EDSS1-Protokolls in den Vermittlungskomponenten. Die eingesetzten Komponenten unterstützen das so genannte „Overlapped Sending“ nicht. Daher wird das Wahrende nicht automatisch erkannt sondern muss signalisiert werden. Wird der zugehörige Timer lang eingestellt, dauert vielen der Rufaufbau zu lange. Wird er kurz eingestellt, beklagen sich andere, dass bei der Rufnummerneingabe keine Zeit zum Nachschauen der Rufnummer besteht.

Es wurde der Wunsch geäußert, bei internen Anrufen einen anderen Klingelton verwenden zu können als bei Anrufen aus dem öffentlichen Netz. Dieses Merkmal kennen viele Nutzer von herkömmlichen TK-Anlagen, das verwendete VoIP-System bot diese Möglichkeit jedoch nicht. Da IP-Telefone oft gemeinsam mit herkömmlichen Telefonen eingesetzt werden, muss die Unterscheidung der Klingeltöne anhand bestimmter Kriterien, wie z. B. der Rufnummern-Präfixe, des Anrufers realisiert werden.

Verschiedene Hinweise bezogen sich auf die korrekte Übermittlung sowohl der gerufenen als auch der rufenden Rufnummer. Dies gilt speziell auch für konfigurierte Rufumleitungen. Wir empfehlen, mögliche systembedingte Unterschiede bei den funktionalen Tests zu prüfen und den Nutzern vor dem Nutzerbetrieb mitzuteilen.

### 5.2.3 Weitere Wünsche

Die Bereitstellung und Verwaltung von Listen für abgehende, ankommende sowie nicht beantwortete Rufe ist bei den Nutzern sehr positiv angekommen. Wünschenswert ist aber eine flexiblere Verwaltung dieser Ruflisten. Dazu gehören zum Beispiel das selektive Löschen von Einträgen und die Sortierung der Listen nach gewissen Kriterien. Ebenso wurde die Integration externer Telefonbücher und Verzeichnisse, wie z. B. von Outlook-Adressbüchern, mit hoher Priorität von den Teilnehmern genannt.

## 6 Spezielle Themen und Empfehlungen

### 6.1 Einsatz von Teamanlagen

In vielen Situationen wird beim Telefonieren eine Funktion gefordert, mittels der Anrufe innerhalb einer festgelegten Gruppe stellvertretend für andere Personen entgegengenommen, weitervermittelt und umgeleitet werden können (sog. Teamanlagen-Funktion). Ein spezieller Fall dieser Funktionalität ist die so genannte Chef-Sekretär-Funktion. Sie wird im Cisco Callmanager durch das IPMA-Feature (IP Manager-Assistant) realisiert. Im Feldversuch wurde diese Funktion für zwei teilnehmende Einrichtungen eingerichtet und erprobt.

Nachfolgend werden die Voraussetzungen für die Implementierung der Chef-Sekretär-Funktionalität aufgelistet. Des Weiteren werden die zur Implementierung notwendigen Konfigurationsschritte sowie Testszenarios für das Feature genannt.

#### Voraussetzungen

- läuft auf Hardware des Callmanagers
- mindestens Callmanager-Version 3.3
- falls der „IPMA Configuration Wizard“ benutzt wird, muss das Bulk Administration Tool (BAT) auf dem Callmanager installiert sein
- die „IPMA Assistant Console“ muss auf lokalen PCs der Sekretäre installiert werden (Windows)
- TCP-Port 2912 muss zwischen Callmanager und PC der Sekretäre freigegeben sein

#### Schritte zur Konfiguration

- Einrichtung von IPMA-Partitionen und Calling Search Spaces
- Definition von Route Point und Translation Pattern für IPMA
- Festlegung der Service Parameter für Cisco IPMA
- Starten des Cisco-Tomcat-Dienstes
- Aufnahme von „Cisco IPMA“ in die abonnierbaren IP-Phone-Services
- Konfiguration der benötigten Leitungen / Nummern für IPMA auf Manager- und Sekretär-Telefonen
- Einrichtung der passenden Softkey-Templates auf IP-Telefonen
- Einrichtung der User für Manager und Sekretär, Zuordnung von IP-Telefonen und IPMA-Leitungen
- Installation der „IPMA Assistant Console“ auf den PCs der Sekretäre

- Die Konfiguration der meisten hier aufgeführten Punkte kann bei „einfachen Umgebungen“ auch halbautomatisiert über den „IPMA Configuration Wizard“ aus dem Callmanager-Administrationsmenü erfolgen.

#### Funktionale Tests der Chef-Sekretär-Funktionalität

- Erreichbarkeit des Managers bei nicht angemeldetem Sekretär
- Auswahl eines Sekretärs bei an „Assistant Console“ angemeldetem Sekretär
- „Intercom“-Anrufe (Leitung zwischen Manager und Sekretär) von beiden Seiten, Einleitung der Anrufe von Telefon bzw. Assistant Console
- Ruf eingehend/ausgehend per Telefon oder per Assistant Console
- Anrufe bei „Alle umleiten“-Einstellung des Managers
- Sekretär-Überwachung
- Anrufübergabe Manager → Sekretär, Sekretär → Manager
- Anrufe abfangen (auf Seite des Managers)
- Konfiguration und Funktionalität des Anruffilters
- Teamanlagenfunktionalität und Mandantenfähigkeit

Mit den geplanten Pilotnutzern wurde in einer Besprechung zunächst der Anforderungskatalog an die Chef-Sekretär-Anlage erörtert. Als Ergebnis der Besprechung wurden folgende Anforderungen an die Funktionalität definiert:

- Anzeige beim Sekretär, wann und welche Anrufe für Manager eingehen
- Umleitung der Anrufe auf Sekretär, wenn Manager nicht anwesend
- Keine Autoannahme von Gesprächen zwischen Manager und Sekretär, da dies prinzipiell ein unbemerktes Abhören des Raumes ermöglichen könnte
- Verschiedene Klingeltöne je nach Leitung (Anruf für Manager, Anruf für Sekretär oder Anrufe auf der Leitung für Gespräche zwischen Manager und Sekretär)
- Rufumleitung nach vorgegebener Zeit der Nichtannahme (Call Forward no Answer)

Daraus ergaben sich die folgenden Anforderungen bzw. Einschränkungen gegenüber dem standardmäßigen Verhalten der Teamanlage:

- Bei Anrufen zwischen Manager und Sekretär sollte das Telefon des Angerufenen wie bei jedem anderen Anruf klingeln, die standardmäßig eingestellte automatische Rufannahme für diese Gespräche sollte deaktiviert werden.
- Klingeltöne für einzelne Leitungen müssen (sollten) von den Nutzern selbst eingestellt werden.
- Die „Call Forward no Answer“-Funktion auf dem Callmanager (unabhängig von der IPMA-Funktionalität) sollte nicht nur zentral vom Administrator, sondern auch von den lo-

kalen Nutzern persönlich einstellbar sein. Dies war in der getesteten Version nicht möglich.

- Die Installation der „IPMA Assistant Console“ auf den PCs der Sekretäre kann nur über den Aufruf einer URL des Callmanagers durch den Microsoft Internet Explorer mit aktiviertem „Active Scripting“ erfolgen. Es wäre wünschenswert, dass dies über einen normalen Download erfolgen könnte.

Auf dem Callmanager im RRZN wurde zunächst eine IPMA-Testumgebung aufgebaut. Mittels dieser Umgebung wurden erste Erfahrungen zu den notwendigen Installations- und Konfigurationsmaßnahmen gesammelt. Darauf aufbauend wurde die Funktionalität auf dem zentralen Callmanager in der Service Area nachgebildet.

Die Einführung der Chef-Sekretär-Funktionalität im Feldtest wurde vom RRZN begleitend betreut. Die IPMA-Nutzer wurden in einem Gespräch zum Ende des Nutzerbetriebes zusätzlich zu den gesammelten Erfahrungen befragt. Es ergaben sich folgende Meinungen, Wünsche und Beschwerden seitens der Nutzer:

- Durch die Belegung der Direktruftasten mit den separaten Leitungen zwischen Chefs und Sekretären werden diese unnötig für andere Funktionen blockiert.
- Das IPMA-Statusfenster auf den Manager-Telefonen verdeckt die Beschriftung einiger Direktwahltasten.
- Viele IPMA-Funktionen sind bei der standardmäßigen Softkey-Belegung der Telefone nicht bedienungsfreundlich, z. B. ist die „Alle Umleiten“-Funktion erst nach Umschalten auf die dritte Softkey-Zeile möglich.
- Das Display der Telefone wurde als zu groß und unübersichtlich bewertet, auf der gleichen Fläche könnten mehr Informationen in übersichtlicherer Form dargestellt werden.
- der Wechsel zwischen verschiedenen Assistenten ist zu umständlich.

Insgesamt wurde seitens der Nutzer eine vergleichsweise umständliche Bedienung der Chef-Sekretär-Funktionen bemängelt. Für die Administratoren ist die Einrichtung des IPMA-Features in der derzeitigen Form relativ aufwendig und erfordert weitgehende Eingriffe in das gesamte System. Hierzu muss bemerkt werden, dass IPMA erst seit kurzer Zeit Bestandteil des Callmanagers ist und dass es in kommenden Versionen möglicherweise Verbesserungen bezüglich Konfiguration, Funktionalitäten und Bedienbarkeit geben wird. Inzwischen sind auch von anderen Anbietern Teamanlagen-Lösungen für den Cisco Callmanager verfügbar. Im Rahmen dieses Projektes wurden sie nicht untersucht, im Hinblick auf zukünftige Realisierungen sollte jedoch eine genauere Betrachtung dieser Lösungen stattfinden.

## 6.2 Vermittlungsplatz und Verzeichnisdienste

In der klassischen Telefonie findet häufig ein Vermittlungsplatz-Dienst Anwendung. Dieser ist meistens auf ein Unternehmen bzw. eine Organisation beschränkt. Die Hauptaufgabe ist

eine manuelle oder automatische Vermittlung der Anrufe zum gewünschten bzw. zuständigen Mitarbeiter. Obwohl der Vermittlungs-Dienst historisch aus der Zeit der manuellen Vermittlung stammt, hat seine Bedeutung auch mit fortschreitender Entwicklung der Kommunikationstechnik nicht abgenommen. Vielmehr hat er sich mit der automatischen Verteilung der Rufe (Automatic Call Distribution, ACD) zu einem eigenständigen Zweig entwickelt.

Mit fortschreitender Entwicklung der IP-Telefonie ist davon auszugehen, dass Vermittlungsvorgänge auch in heterogenen Umgebungen im Wesentlichen automatisch ablaufen werden. Ein moderner Vermittlungsplatz muss daher unterschiedliche Protokolle, insbesondere ISDN, SIP und H.323, beherrschen. Darüber hinaus wird die Kombination von Vermittlungsplatz-Diensten mit Verzeichnis-Diensten, wie sie in IP-Netzen durch LDAP und DNS bereits etabliert sind, eine wichtige Rolle spielen.

### 6.2.1 Realisierung eines Vermittlungsplatzes

Die Realisierung eines umfassenden Vermittlungsplatz-Dienstes für heterogene Umgebungen war im Rahmen des Projektes nicht beabsichtigt. Für die Telefonzentrale der Universität Hannover wurde jedoch prototypisch eine WWW-basierte Lösung zur Abfrage der Callmanager entwickelt, um die Suche nach IP-Telefonnummern und Teilnehmern am Vermittlungsplatz der Telefonzentrale zu ermöglichen. Das System stellt in einem WWW-Browser eine Eingabemaske zur Suche nach Teilnehmern mit IP-Telefonen bereit. Nach Eingabe einer Suchanfrage fragt ein Skript auf dem WWW-Server mehrere Callmanager über deren http-Schnittstelle nach entsprechenden Namen und zugehörigen Rufnummern ab. Anschließend verarbeitet das Skript die Rückgabewerte und sendet die entsprechend aufbereiteten Ergebnisse an den WWW-Browser. Die eigentliche Vermittlung erfolgt auf Wunsch der Telefonzentrale durch manuelle Eingabe der angezeigten Telefonnummer in das Vermittlungssystem.

Die Verwendung eines WWW-basierten Systems ermöglicht neben der einfachen Implementierung die notwendige Beschränkung auf einen ausgewählten Nutzerkreis (authentifiziert durch Username/Password) oder auf bestimmte Domänen (z. B. uni-hannover.de). Darüber hinaus lassen sich die übertragenen Daten einfach per SSL verschlüsseln. Prinzipiell wäre auch eine Vermittlungsfunktion über das Web-Interface realisierbar.

### 6.2.2 Verzeichnisdienste für die IP-Telefonie

Eine weitere zentrale Aufgabe in Verbindung mit einem IP-Telefonie-System ist es, Personen und zugehörige Telefonnummern bzw. Geräteadressen zu finden. Diese Aufgabe kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden.

#### 6.2.2.1 DNS

Der Domain Name Service (DNS) hat sich seit ca. 20 Jahren als robuster und weltweit verfügbarer Service für die Abbildung von symbolischen Namen auf Geräteadressen (resp. IP-Adressen) bewährt. Durch die Erweiterungen Service Records und Electronic

Numbering (ENUM) ist es heute sogar möglich, mit DNS verteilte hierarchische und ausfallsichere Verzeichnis-Dienste für multimediale Services, wie z. B. IP-Telefonie oder Videoconferencing, zu implementieren.

Mit Hilfe von Service Records<sup>3</sup> können Abbildungen zwischen Diensten und zugehörigen Geräteadressen realisiert werden. So lässt sich zum Beispiel ein Server für den Dienst sip://auskunft@sip.rvs.uni-hannover.de definieren. Damit kann die Email-Adresse einer Person mit einem Kommunikationssystem, wie z. B. einem Festnetz-Telefon, einem IP-Telefon oder einem Videokonferenz-System verknüpft werden. Service Records ermöglichen es jedoch nicht, eine Verknüpfung zwischen einem Personennamen und zugeordneten Diensten zu realisieren.

Dienste werden im Internet in der Regel über weltweit eindeutige symbolische Namen adressiert. Herkömmliche Kommunikationssysteme werden über Zeichenketten adressiert, die typisch lediglich aus Ziffern (hier Telefonnummern) bestehen. Das Format dieser Zeichenketten wird z. B. im ITU-T Standard E.164 definiert. Aus historischen Gründen sowie aus Gründen der Interoperabilität mit den herkömmlichen Kommunikationssystemen werden bei dem Einsatz von IP-Telefonie und Videokonferenz-Systemen oft Rufnummern nach dem E.164-Schema verwendet. Eine Abbildung von Telefonnummern auf IP- bzw. Transportadressen mit Hilfe von DNS-Abfragen wird durch ENUM<sup>4</sup> festgelegt.

#### 6.2.2.2 LDAP

Das Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)<sup>5</sup> bietet eine Basis für die strukturierte Speicherung und Verteilung von Daten. Die Daten werden in hierarchischen binären Baumstrukturen abgelegt, wobei die Verwaltung einzelner Zweige an unterschiedliche Administratoren delegiert werden kann. Zur Zeit werden LDAP-Verzeichnisse überwiegend für die Speicherung und Verwaltung von Gerätekonfigurationen sowie von Berechtigungen (z. B. beim Active Directory von Microsoft) verwendet. In einigen DFN-Einrichtungen werden auch Personeneinträge in LDAP-Verzeichnissen gespeichert. Für einen Personeneintrag wurde eine DFN-Objektklasse dfnOrgPerson definiert, die neben weiteren Attributen auch ein Attribut „Telefonnummer“ enthält, das für Telefonnummern der klassischen Telefonie genutzt wird.

#### 6.2.2.3 H.350

Der Standard H.350 der ITU (International Telecommunication Union) wurde von der Video Working Group der Internet2 Middleware Initiative und der Video Development Initiative (VIDE) unter Beteiligung von Firmen entwickelt: H.350 beschreibt ein LDAP-basiertes Multimedia Directory für H.323-, SIP- und H.320-Endgeräte sowie deren Anbindung an Personeneinträge. Der Standard unterstützt die Konfiguration von Endgeräten, die Generierung von

---

<sup>3</sup> RFC 2782,3401–3404, Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/rfc>

<sup>4</sup> RFC 3761, Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/rfc>

<sup>5</sup> RFC 3377, Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/rfc>

Gatekeeper-Tabellen und die Abbildung von Personen auf Endgeräte und Endgeräte auf Personen.

Die H.350-Objektklassen sind so definiert, dass die Multimedia-Objekte auf einem separaten Server abgelegt werden können. Die Abbildung von Personen auf Multimedia-Endgeräte und umgekehrt wird durch Pointer in den Objektklassen realisiert.

Die generische Objektklasse `commObject`, enthält gemeinsame Attribute für Endgeräte verschiedener Voice- oder Video-Protokolle, insbesondere Pointer auf einen oder mehrere Personeneinträge. Zusammen mit einer der drei Zusatz-Objektklassen (auxiliary object classes) `h.323Identity`, `sipIdentity` oder `h.320Identity` kann `commObject` ein H.323-, SIP- oder H.320-Endgerät beschreiben.

Die Zusatz-Objektklasse `commURIObject` enthält Pointer auf ein oder mehrere Multimedia-Endgeräte und beschreibt zusammen mit der Objektklasse für Personeneinträge (im DFN: `dfnOrgPerson`) eine Person, die ein oder mehrere Multimedia-Endgeräte einsetzt.

### 6.2.3 Realisierung verschiedener Verzeichnisdienste

Im Rahmen des vorliegenden Projektes müssen zwei zentrale Aufgaben durch Verzeichnisse unterstützt werden. Zum einen handelt es sich dabei um die Abbildung von E.164-Telefonnummern der Endgeräte (Telefone, Gateways) auf die zugehörigen Geräteadressen. Dazu bietet sich das ENUM-Modell an, das über DNS-Abfragen diese Abbildung ermöglicht.

Zum anderen ist eine Abbildung von Personen auf Telefonnummern notwendig, damit über einen Vermittlungsplatz oder auch einen Software-Klienten eine Anfrage nach der Telefonnummer zu einer betreffenden Person gestellt werden kann. Durch ein DFN-weites LDAP-Verzeichnis nach H.350 können diese und weitere Anforderungen unterstützt werden. Ein Verzeichnis dieser Art wird zur Zeit bereits für den Dienst `DFNVideoConference` implementiert und ist leicht auf die IP-Telefonie übertragbar.

## 6.3 Accounting und Billing

In vielen Einrichtungen (z. B. Hochschulen, Behörden) ist es heute üblich, die Kosten für die Fernspreckgebühren nach einem spezifischen Entgeltmodell umzulegen. Dieser Ansatz wurde für den Piloten übernommen, um die anfallenden Gebühren mit den Teilnehmern des Projektes entsprechend dem bestehenden Entgeltmodell der Einrichtung abzurechnen. Darüber hinaus wurde versucht, Gesichtspunkte für eine „zeitgemäße“ Abrechnung von Fernspreckgebühren im Kontext der IP-Telefonie zusammenzutragen.

### 6.3.1 Abrechnung für den Pilotbetrieb

Für das oben genannte erste Ziel wurde seitens der T-Systems die Software *AlwinPro* der Firma Aurenz im Rahmen des Piloten bereitgestellt. Das Abrechnungssystem ist im

VoIP-VLAN der T-Systems installiert und wird von der T-Systems administriert und gewartet. Nachfolgend wird das für den Pilotbetrieb implementierte Abrechnungsmodell dargestellt:

- Die T-Systems stellt dem RRZN monatlich eine Rechnung über sämtliche entgeltpflichtige Telefonate, die über den Anschluss der T-Systems ins öffentliche Netz geführt wurden. Dabei wird das Entgeltmodell für den DFN-Fernsprechdienst angewendet. Das RRZN überweist den Rechnungsbetrag nach Erhalt der Entgelte von den Teilnehmern auf das angegebene Konto.
- Die Entgeltmodelle der Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig basieren auf den Taktinformationen, die während der Verbindung von der DTAG im ISDN-Protokoll übertragen werden („Gebührentakte“, Advice of Charge – Charging Information During the Call, AOC-D). Dabei ist zu beachten, dass die Universität Hannover und die Technische Universität Braunschweig sowohl unterschiedliche Gebühren je Takt als auch unterschiedliche Gebühren für dienstliche oder private Gespräche abrechnen.
- Für jeden Teilnehmer wird jeweils eine Rechnung für private und dienstliche Telefonate inklusive Einzelverbindungs nachweis erstellt. Diese Rechnungen dienen ausschließlich der Verrechnung der Verbindungsentgelte innerhalb der Einrichtung der jeweiligen Hochschule.
- Außerdem wird für jede teilnehmende Einrichtung der Hochschule eine Sammelrechnung erstellt, anhand welcher das RRZN die Telefongespräche mit dieser abrechnet.
- Zur Plausibilitätsprüfung wird eine Gesamtübersicht der Kosten für die Verbindungen erstellt.
- Zu beachten ist, dass das Break-Out aller Teilnehmer in das öffentliche Netz über das VoIP-Gateway in Hannover erfolgt. Gespräche von Teilnehmern der TU Braunschweig in das Ortsnetz Braunschweig werden dadurch im öffentlichen Netz zu Ferngesprächen auf der Rechnung der T-Systems. Die Teilnehmer in Braunschweig sollen diese aber als Ortsgespräche in Rechnung gestellt bekommen. Für den Pilotbetrieb wird erwartet, dass der daraus resultierende Verlust durch den „Überschuss“ bei anderen Verbindungen ausgeglichen wird. Sollte sich herausstellen, dass der Verlust nicht gedeckt wird, müsste das Abrechnungsmodell nachträglich angepasst werden.

Im Verlauf des Piloten hat es sich gezeigt, dass die Sammlung der Gebühreninformationen für die Abrechnung der Teilnehmer sehr schwierig ist. Das VoIP-Gateway erhält zwar die Gebühreninformationen von der OVSt, speichert diese aber nicht und verarbeitet sie auch nicht weiter. Die eigentlichen Call Detail Records werden daher im Callmanager gesammelt, dieser erhält jedoch keine Informationen über die von der Vermittlungsstelle generierten Gebühreneinheiten.

Das verwendete Abrechnungssystem ermöglicht es aber, flexible Gebührenmodelle zu hinterlegen. Da die eingesetzten Abrechnungssysteme auf dem Taktmodell der DTAG basieren,

musste bei der Implementierung des Abrechnungssystems ein daran angelehntes Modell synthetisch generiert werden. Bei zukünftigen Änderungen des Taktmodells der DTAG wäre allerdings eine manuelle Nachpflege des Tarifmodells notwendig.

Für die Rechnungsstellung wurde für jede teilnehmende Einrichtung eine Teilnehmergruppe gebildet. Die Abrechnung erfolgte dreistufig:

1. Als erstes wird eine Sammelrechnung über die Gesamtheit der geführten Telefonate aller Teilnehmer nach dem Gebührenmodell der jeweiligen Hochschule gebildet. Dies sind die vom RRZN zu erzielenden Einnahmen von den Teilnehmern. Diese müssen mit der Abrechnung seitens der T-Systems für das Bündel abgeglichen werden.
2. In der nächsten Stufe werden Sammelrechnungen für jede teilnehmende Einrichtung der jeweiligen Hochschulen aufgestellt. Diese dienen der Abrechnung der Telefongebühren zwischen dem RRZN und den Einrichtungen.
3. In der dritten Stufe werden jeweils zwei Rechnungen pro Nutzer – für private und dienstliche Telefonate – erstellt. Diese dienen für die einzelnen Nutzer zur Kontrolle bzw. für die Einrichtungen zur Abrechnung der privaten Telefonate mit den Teilnehmern.

### 6.3.2 Hinweise für eine zukünftige Lösung

Bei der Diskussion einer zukünftigen Lösung ist zunächst der Detaillierungsgrad einer Abrechnung zu erörtern. In vielen Hochschulen werden die Kosten für die Nutzung des G-WiNs und damit für die Zugänge ins Internet zentral aufgebracht und nicht mit den Teilnehmern verrechnet. Aus dieser Situation heraus ergeben sich unmittelbar folgende Fragen:

- Ist es überhaupt sinnvoll, bei der Ziellösung IP-Telefonie das kleinere Volumen, nämlich die Sprachkommunikation über das Internet, „spitz“ mit den Nutzern zu verrechnen?
- Wie behandelt man die Migrationsphase?
- Sollten Anreize zur IP-Telefonie geschaffen werden, in dem die Gesprächsgebühren der IP-Telefonie nicht umgelegt werden, die Entgelte für die herkömmliche Telefonie aber weiter erhoben werden wie bisher?

Diese Fragen wurden in dem Piloten nicht abschließend behandelt.

Zur Orientierung sind in der Folge einige Punkte aufgeführt, die für den Fall implementiert werden müssten, dass die IP-Telefonie in gleicher Weise abgerechnet werden sollte, wie dies an der Universität Hannover derzeit für die herkömmliche Telefonie praktiziert wird:

- Durch eine ein- oder zweistellige Titelkennzahl vor der Rufnummer wird der Zweck des eingeleiteten Gesprächs (z. B. dienstlich oder privat) festgelegt. An der Universität Hannover wird z. B. das Präfix „00“ für Privatgespräche, „01“ für Dienstgespräche verwendet. Grundsätzlich müssen auch die Präfixe „02“ bis „09“ unterstützt werden.

- Pro Teilnehmer muss jeweils eine Rechnung für jede verfügbare Titelkennzahl erstellt werden. Den Rechnungen sollen Einzelbindungsnachweise mit der Auflistung der vollen gewählten Rufnummer beigefügt sein. Optional muss eine Möglichkeit zur Kürzung der Rufnummer auf dem Einzelbindungsnachweis bestehen.
- Das System muss über eine flexible Teilnehmerverwaltung verfügen. Gruppenbildung von Teilnehmern und deren Zuordnung zu unterschiedlichen Kostenstellen soll möglich sein.
- Für den Import der Abrechnungsdaten in kaufmännische Software, wie z. B. das SAP-System, sollten entsprechende Schnittstellen bereitgestellt werden.
- Die Gesprächsdaten müssen vor der Rechnungserstellung einer Plausibilitätskontrolle unterzogen werden, um ungültige oder inkonsistente Daten auszufiltern.
- Die Definition der Lokalität, d. h. die Ausdehnung der Ortsnetz-Zone, muss unabhängig vom VoIP-Gateway gehalten werden, über das in das ISDN-Netz ausgestiegen wird.

## 6.4 Verfügbarkeit

Die Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit stellt eine besondere Herausforderung an die IP-Telefonie dar. So sind die Nutzer der herkömmlichen Telefonie einen nahezu störungsfreien Betrieb gewohnt. Diese Zuverlässigkeit wird durch den verbindungsorientierten Betrieb der herkömmlichen Telefonie sowie SDH-Netze und TK-Anlagen erreicht, die maßgeblich für eine hohe Verfügbarkeit konzipiert wurden. Die Komponenten IP-basierter Netze sind dem gegenüber für einen verbindungslosen Betrieb ausgelegt, der vom Prinzip her gegen Überlast und Kompromittierung (z. B. durch Denial-of-Service Angriffe) anfälliger ist.

Der in diesem Projekt untersuchte Ansatz räumlich und z. T. administrativ getrennter Netze für IP-Telefone (VoIP-VLAN in der nutzenden Einrichtung) und Callmanager (in der Service Area des Dienstleisters) sorgt für zusätzliche Aspekte bei der Diskussion der Verfügbarkeit. Die Verbindung dieser Netze über das G-WiN (von Kernnetzknotten zu Kernnetzknotten) kann insofern als hochverfügbar angesehen werden, da die Netztopologie des G-WiN-Kernnetzes redundant ausgelegt ist und da hier ein entsprechendes Management durch den DFN-Verein (auf IP-Ebene durch das DFN-NOC) bzw. der T-Systems (untere Netzebenen) gegeben ist. Die nachfolgende Diskussion beschränkt sich daher auf die Verfügbarkeit in den LANs für die IP-Telefone und die Service Area. Darüber hinaus werden grundlegende Aspekte der Verfügbarkeit des Datennetzes, wie z. B. das Monitoring von Komponenten einschließlich entsprechender Alarmierung von Mitarbeitern, nicht weiter erörtert.

### 6.4.1 Verfügbarkeitsaspekte im LAN

Dem Unternehmensnetzwerk (LAN) fällt als Transportmedium für die Signalisierungs- und Sprachdaten bei Einsatz von VoIP eine zentrale Rolle zu. Vor der Einführung von VoIP muss deshalb überprüft werden, ob das LAN in der Lage ist, die Echtzeit-Anforderungen von VoIP hinreichend gut zu erfüllen. Zu diesen Anforderungen gehört neben einer hohen Verfügbar-

keit auch eine ausreichende Dienstqualität (QoS). Zum Schluss werden Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit der IP-Telefone betrachtet.

#### 6.4.1.1 Layer-2 Dienstqualität

Die Struktur des Netzes und seine Dimensionierung beeinflusst maßgeblich die Dienstqualität. Als minimaler Standard ist ein durchgängig mit Fast Ethernet-Switches ausgestattetes Netzwerk zu fordern. Auf einem „Shared Medium“ wäre, bedingt durch Kollisionen und Zugriffsverzögerungen auf das Medium, keine annähernd zuverlässige Einhaltung von QoS-Parametern möglich.

Die notwendige Übertragungsqualität von VoIP-Paketen über ein geschwitchtes Netz kann mittels zweier verschiedener Ansätze realisiert werden. Der erste sieht eine Überdimensionierung des Netzes (Overprovisioning) vor. Bei diesem Ansatz wird eine deutlich höhere Übertragungskapazität zur Verfügung gestellt als auch in der Hauptverkehrszeit erwartet wird. Vorteil dieses Verfahrens ist die einfache Implementierung, da lediglich Netzkomponenten höherer Leistung einzusetzen sind. Ein zusätzlicher Aufwand für das Management entsteht nicht.

Der zweite Ansatz sieht eine Priorisierung der Daten und somit eine gezielte Ungleichbehandlung der Ethernet-Rahmen durch die Switches vor. Mit dieser Methode kann ein Kapazitätsmanagement betrieben und auch auf knapp dimensionierten Strecken eine hinreichende Dienstqualität erreicht werden. Der Einsatz dieses Verfahrens erfordert geeignete Netzkomponenten, zieht einen nicht unerheblichen Konfigurationsaufwand nach sich und bedingt entsprechend ausgebildete Administratoren.

Welches der beiden Verfahren zum Einsatz kommen soll, muss im Einzelfall entschieden werden (abhängig von der Hochrüstbarkeit der Übertragungswege, der damit verbundenen Kosten, den verfügbaren Personalressourcen und den eingesetzten Layer-2 Komponenten). Ist die Kapazität des lokalen Netzes zu allen Tageszeiten für Overprovisioning ausreichend, ist im Interesse der Begrenzung der Komplexität zu überlegen, ob auf eine Priorisierung verzichtet werden sollte.

#### 6.4.1.2 Layer-2 Verfügbarkeit

Die zweite Anforderung bei der Einführung von VoIP an ein LAN ist dessen Verfügbarkeit. Diese hängt unter anderem von der Sicherung der Stromversorgung der Komponenten ab. Weitere Maßnahmen umfassen die Absicherung gegen Hardwareausfälle. Eine Möglichkeit zur Absicherung gegenüber begrenzten Ausfällen besteht darin, mehrere Interfaces auf einem Switch zu einem so genannten Channel zusammenzufassen und damit mehrere Switches zu koppeln. Channeling fängt somit Ausfälle einzelner Interfaces oder Kabel ab, schützt jedoch nicht bei Ausfall eines kompletten Switches.

Um den vollständigen Ausfall von Komponenten komplett überbrücken zu können, müssten diese redundant ausgelegt werden. Diese Maßnahme ist jedoch kostenintensiv und wird da-

her, mit Ausnahme des lokalen Backbones, selten ergriffen. Eine Alternative zu komplett redundant ausgelegten Backbones bietet sich in dem Aufbau einer Ringstruktur im lokalen Backbone mit der redundanten Anbindung der Switches über alternative Pfade. Die Verbesserung der Verfügbarkeit ist zwar gegenüber einem voll redundant ausgebauten Backbone geringer, die ringförmige Struktur ist jedoch bedeutend kostengünstiger. Für diesen Ansatz sollten zudem Protokolle wie das Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), die eine kurze Umschaltzeit nach einem Ausfall bieten, verwendet werden.

Zur Sicherstellung der Layer-2 Verfügbarkeit sollte mindestens eine Versorgung der Netzkomponenten mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung vorgesehen werden. Der Anschlussbereich sollte zudem so dimensioniert werden, dass die IP-Telefone über Inline-Power (Power over Ethernet) versorgt werden können. Der Backbone sollte möglichst redundant ausgelegt werden, für den Anschlussbereich sollten Ersatzgeräte vorgehalten werden.

#### 6.4.1.3 IP-Telefone

Die IP-Telefone stellen im Netzwerk keinen Single Point of Failure dar, da der Ausfall eines Gerätes lediglich dessen Nutzer betrifft. Zur Erhöhung der Verfügbarkeit, sollte die Stromversorgung der Telefone über Inline-Power erfolgen. Hierbei speist der Switch die angeschlossenen IP-Telefone über die Datenleitung mit Strom. Sind die Switches über eine USV abgesichert, ist eine Notversorgung der Telefone weitgehend garantiert. Um Störungen durch den Ausfall der Versorgung mit Inline-Power abzusichern, können für die IP-Telefone zusätzlich Netzteile eingesetzt werden, die an die lokale Stromversorgung angeschlossen werden.

Weiterhin sollte eine Anzahl IP-Telefone als Ersatz vorgehalten werden.

#### 6.4.1.4 Übergang von der IP-Telefonieumgebung in das ISDN

Die ISDN-Gateways stellen den Übergang vom VoIP-Netz zum ISDN her. Diese Funktionalität ist von zentraler Bedeutung für die VoIP-Nutzer, da über diese Systeme der gesamte Verkehr mit den Teilnehmern an herkömmlichen Telefonie-Systemen (z. B. an der lokalen TK-Anlage oder im öffentlichen Telefonnetz) abgewickelt wird. Ein Ausfall dieser Komponenten oder des Primärmultiplexanschlusses (PMX) hätte eine Nichterreichbarkeit aus dem bzw. des ISDN zur Folge.

Zur Absicherung dieser Funktionalität ist sehr zu empfehlen, den Übergang in das ISDN redundant auszulegen. Dazu gibt es verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten (z. B. separate Gateways für den Anschluss an die OVSt und die lokale TK-Anlage oder Platzierung der ISDN-Gateways zwischen TK-Anlage und OVSt), die im Einzelfall geprüft werden müssen.

#### 6.4.1.5 Firewall am Übergang zwischen VoIP- und Daten-VLAN

Die Firewall, die den Übergang vom Daten-VLAN in das VoIP-VLAN der Einrichtung absichert, stellt ähnlich wie die ISDN-Gateways eine Kernkomponente der VoIP-Installation dar. Der gesamte Verkehr zwischen dem Callmanager in der Service-Area und den Geräten im

VoIP-VLAN wird über diesen Übergang abgewickelt. Aus diesem Grund ist es sehr zu empfehlen, die Firewall redundant auszulegen.

#### 6.4.1.6 Anschluss an das G-WiN

Ein funktionstüchtiger Anschluss der Einrichtung an das G-WiN ist Voraussetzung für die Erreichbarkeit der Service Area. Jedes IP-Telefon benötigt permanent die Verbindung zum Callmanager. Weiterhin ist der G-WiN-Anschluss für das Management der ISDN-Gateways aus der Service Area heraus erforderlich.

Ein Funktionsausfall des Anschlusses an das G-WiN kann verschiedene Ursachen haben: z. B. Hardware-Ausfall des Eingangsrouter in der Einrichtung, Defekt der Anschlussleitung an den Kernnetzknotten, aber auch Hochlastsituationen auf dem Eingangsrouter, z. B. aufgrund einer DoS-Attacke.

Ein Ausfall kann durch den Einsatz von SRST auf den ISDN-Gateways abgefangen werden. Diese Software stellt im Falle der Nichterreichbarkeit des Callmanagers die grundlegende Funktionalität für die Telefonie sicher, allerdings nur für eine eingeschränkte Anzahl von Verbindungen gleichzeitig. Andererseits wird ein Zugang aus der Service Area damit nicht geschaffen. Im Einzelfall sind daher ggf. weitere Maßnahmen zur Verfügbarkeitserhöhung zu erörtern.

### 6.4.2 Verfügbarkeitsaspekte in der Service Area

#### 6.4.2.1 Callmanager

Der Callmanager stellt die zentrale Komponente des VoIP-Systems dar. In der im Projekt aufgebauten Testkonfiguration befindet er sich in einer Service Area des Dienstleisters, die über das G-WiN erreichbar ist. Da bei einem Ausfall des Callmanagers keine neuen Gespräche vermittelt werden können und somit der Betrieb nicht aufrechterhalten werden kann, ist eine redundante Auslegung zwingend erforderlich. Der redundante Callmanager ist im idealen Fall an einem anderen Ort als der primäre Callmanager installiert und zudem über eine andere Verbindung – oder sogar ein alternatives Netz – angebunden. Darüber hinaus kann über SRST (s. Kap. 6.4.1.6) das VoIP-Gateway kurzzeitig die rudimentäre Funktionalität des Callmanagers übernehmen.

#### 6.4.2.2 Firewall

Für die Firewalls in der Service Area gilt entsprechendes wie für die Firewalls zur Absicherung des VoIP-VLANs. In jedem Fall müssen die Firewalls redundant ausgelegt werden, es sollten sogar Ersatzgeräte vorgehalten werden.

### 6.4.3 Update-Management

Callmanager und Firewalls benötigen Systempflege, da die Hersteller regelmäßig Updates und Patches bereitstellen. Letztere dienen hauptsächlich der Fehlerbeseitigung und müssen aus Sicherheitsgründen häufig sehr zeitnah eingespielt werden. Auf die Planung von Updates, die lediglich neue Funktionalitäten bieten, kann in der Regel mehr Zeit verwendet werden. Beiden Vorgängen ist gemeinsam, dass der Regelbetrieb für mindestens die Dauer des Neustarts der Systeme unterbrochen ist.

Durch den Einsatz redundanter Systeme, wie z. B. eines zweiten VoIP-Gateways oder Callmanagers, können Unterbrechungen häufig stark verkürzt werden. Eine vollständige Vermeidung von Ausfallzeiten ist aber nur selten möglich. Die Intervalle, in denen solche Arbeiten durchgeführt werden, müssen somit sehr sorgfältig geplant und in die Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen gelegt werden. Auch sollten die Benutzer rechtzeitig auf geeignetem Wege über die zu erwartenden Störungen informiert werden.

## 6.5 Security

Bereits von herkömmlichen TK-Anlagen sind Szenarios für Gebührenbetrug oder das unbefugte Abhören von Gesprächen bekannt. Dieser Missbrauch wird ermöglicht, indem zum einen der Betrieb unter fahrlässigen Sicherheitsstandards (häufig z. B. durch Nutzung von Default-PINs) durchgeführt wird, zum anderen, indem erweiterte Leistungsmerkmale genutzt oder Signalisierungen gefälscht werden.

Entsprechende Szenarios lassen sich ohne Einschränkung auch auf die Betrachtung Security-relevanter Aspekte der IP-Telefonie übertragen, wobei ausdrücklich die Abwehr von Denial-of-Service Angriffen einbezogen werden muss. Wie bei den Betrachtungen der Verfügbarkeit wird hierbei die Verbindung zwischen dem VoIP-VLAN der T-Systems in der Einrichtung und der Service Area des Dienstleisters ausgenommen. Eine Authentifizierung und Verschlüsselung der Daten über ein z. B. IPsec-basiertes VPN zwischen VoIP-Gateways oder einer vorgelegten Firewall sowie der Service Area schafft hier weitgehende Sicherheit.

Bei der Konzeption der LANs sind verschiedene Aspekte der Security zu beachten, die sich in vier Bereiche gliedern lassen:

1. VoIP-VLAN
2. IP-Telefone
3. VoIP-Gateways
4. Übergang vom VoIP-VLAN zum G-WiN, über das der Callmanager in der Service Area zu erreichen ist

Um im Folgenden aktuelle Security-Entwicklungen für VoIP geeignet zu berücksichtigen, werden neben den im Projekt gewonnenen Erkenntnissen auch Angaben aus Publikationen<sup>6</sup> übernommen.

### 6.5.1 VoIP-VLAN

Die IP-Telefone sind aus Sicherheitsgründen in einem VoIP-VLAN zusammengefasst, dem keine anderen Geräte zugeordnet werden. Diese Zuordnung ist jedoch nicht abgesichert. Angreifer können sich ohne spezielles Know-how in das VoIP-VLAN einbuchten, wenn sie physischen Zugriff auf eine Netzwerkdose haben, die für dieses VLAN konfiguriert ist. Mit einem unmittelbaren Zugang zum VoIP-VLAN sind Denial-of-Service Angriffe oder DHCP-Angriffe möglich. DHCP-Angriffe können z. B. so ablaufen, dass sich ein Angreifer bis zur Erschöpfung des IP-Adreßpools im DHCP-Server Adressen zuweisen lässt. IP-Telefone, deren DHCP-Lease abgelaufen ist, können nachfolgend keine neue IP-Adresse zugeteilt bekommen und sind für den Benutzer nicht mehr verfügbar.

Um Angriffe dieser Art zu erschweren, muss das VoIP-VLAN gegen unbefugte Geräte abgesichert werden. Um dies zu erreichen, bieten sich mehrere Mechanismen an:

1. Port-Security auf Cisco-Switches: Dieser Mechanismus bietet die Möglichkeit, einem Switch-Port fest eine MAC-Adresse zuzuordnen. Damit wird es unmöglich, ein fremdes Gerät an diesem Switch-Port zu nutzen. Nicht verhindert werden kann damit allerdings das Spoofen, also das Fälschen von MAC-Adressen. Somit bietet diese Funktion lediglich einen wirksamen, aber nicht absoluten Schutz gegen Fremdgeräte im VoIP-VLAN.
2. IEEE 802.1x: Das Protokoll IEEE 802.1x bietet die Möglichkeit, Benutzer an einem Switch-Port zu authentisieren und erst nach erfolgreicher Anmeldung den Switch-Port frei zu schalten. Auch dieses Verfahren verhindert den Einsatz von fremden Endgeräten im LAN nicht vollständig, erschwert ihn aber durch den Einsatz sicherer Authentisierungsverfahren erheblich. IEEE 802.1x ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht in den Cisco IP-Telefonen implementiert.
3. VLAN Management Policy Server (VMPS): Dieses Protokoll bietet eine dynamische Zuordnung von MAC-Adressen und VLANs. Endgeräte, deren MAC-Adressen im System bekannt sind, können an verschiedenen Switch-Ports ohne Änderungen der Konfiguration betrieben werden. Auch hier ist kein Schutz vor MAC-Spoofing gegeben.

### 6.5.2 IP-Telefone

Die IP-Telefone bilden das Frontend des Systems für die Nutzer. Angriffe auf ein IP-Telefon wirken sich in der Regel auf die Nutzung dieses Telefons aus. Auswirkungen können z. B. ein Denial-of-Service, Gebührenbetrug oder das Mithören von Gesprächen über Man-in-the-Middle-Angriffe sein. Um solche Angriffe zu erschweren wird empfohlen, die Annahme so

---

<sup>6</sup> Cisco Systems, „IP Telephony Security In Depth“, [http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/cuso/epso/sqfr/safip\\_wp.pdf](http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/cuso/epso/sqfr/safip_wp.pdf)

genannter Gratuitous-ARP Pakete auf den IP-Telefonen abzuschalten. Dies ist mit dem Cisco Callmanager ab Version 3.3(3) möglich.

Cisco IP-Telefone verfügen über einen integrierten 3-Port Switch. Ein Port an diesem Switch dient zum Anschluss eines weiteren Endgerätes, z. B. des Arbeitsplatz-PCs des Benutzers. Als Default-Einstellung ist das VoIP-VLAN auch auf diesem Port verfügbar. Somit kann jedoch an den Port auch ein weiteres IP-Telefon angeschlossen werden. Um das Mithören, sowie Angriffe über diesen Port zu erschweren, wird empfohlen, das VoIP-VLAN auf diesem Port der Telefone abzuschalten.

Auch der Einsatz von signierten Phone-Loads auf den IP-Telefonen ist zu empfehlen. Nachdem auf einem IP-Telefon zum ersten Mal eine signierte Phone-Load verwendet wurde, wird das Überspielen mit einer nicht von Cisco signierten Phone-Load abgelehnt. Diese Maßnahme verhindert die Manipulation der Phone-Loads z. B. über einen fremden TFTP-Server.

Sinnvoll ist auch das Feature „Extension Mobility“. Bei Einsatz dieser Funktionalität muss sich der Nutzer gegenüber dem System am IP-Telefon authentisieren. Weiterhin können Zeiten konfiguriert werden, zu denen alle Benutzer automatisch abgemeldet werden, z. B. während der Nachtstunden. Im abgemeldeten Zustand können die Telefone als nicht amtsberechtigt geschaltet werden, so dass ein Gebührenbetrug erschwert wird. Die Anruflisten (Anrufe in Abwesenheit, Angenommene Anrufe, Gewählte Rufnummern) werden direkt auf dem IP-Telefon gespeichert. Diese Listen werden, auch wenn sich ein Dritter an dem Telefon an- und wieder abmeldet, nicht gelöscht. Hiermit kann das Telefonieverhalten des Vorgängers nachvollzogen werden. Die Listen können allerdings durch manuellen Benutzereingriff gelöscht werden.

Ab Callmanager Version 4.0 lässt sich der HTTP-Server auf den IP-Telefonen, über den Status- und Konfigurationsinformationen abgerufen werden, abschalten. Diese Maßnahme ist zu empfehlen, da die abgerufenen Informationen zu Angriffen genutzt werden könnten. Weiterhin ist vorstellbar, dass mit einem Buffer-Overflow Angriff auf den HTTP-Server die Kontrolle über das IP-Telefon erlangt werden könnte. Diese Maßnahme steht u. U. aber dem Einsatz von Mehrwertdiensten entgegen, so dass Vor- und Nachteile abzuwägen sind.

Ebenfalls ab Callmanager 4.0 ist die Authentisierung von IP-Telefonen gegenüber dem Callmanager und umgekehrt implementiert. Ebenso lässt sich eine Authentisierung der IP-Telefone untereinander während des Gesprächsaufbaus verwenden. Diese Funktionalität ist auf Cisco IP-Telefonen der Serien 7940/7960 verfügbar. Auf den neueren Geräten des Typs 7970 kann zusätzlich der Gesprächskanal über das Secure Realtime Protocol (SRTP)<sup>7</sup> verschlüsselt werden. Die Verwendung dieser Möglichkeiten sollte bei Verfügbarkeit entsprechender Endgeräte und Softwareversionen im Einzelfall überprüft werden.

---

<sup>7</sup> RFC 3711, Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/rfc>

### 6.5.3 VoIP-Gateways

Die VoIP-Gateways stellen die Schnittstelle zwischen dem VoIP-VLAN und dem herkömmlichen Telefonnetz (Anschluss an die lokale TK-Anlage, Anschluss an die OVSt) dar. Sie sind damit sowohl aus IP-Netzen als auch aus dem herkömmlichen Telefonnetz angreifbar. Bei den im Projekt verwendeten Gateways handelt es sich um Router der Serie Cisco 26xx. Diese Geräte können derzeit als relativ sicher angesehen werden, d. h. es existieren wenig bekannte Angriffsmechanismen. Es ist jedoch zu empfehlen, auf neuere IOS-Versionen mit Bug-Fixes zu achten sowie mittels Access-Listen den Zugriff auf diese Systeme zu beschränken.

### 6.5.4 Übergang zwischen G-WiN und VoIP-VLAN

Die umfassende Administration von einem entfernten Standort wie der Service Area schließt den direkten Zugriff auf die VoIP-Gateways und auf die IP-Telefone im VoIP-VLAN der Einrichtung ein. Da dieser Zugriff über das G-WiN erfolgt, ist eine entsprechende Absicherung vor unberechtigtem Zugang unumgänglich. Ein Einbruch kann aber auch aus dem lokalen IP-Datennetz der Einrichtung erfolgen. Deshalb wird der Einsatz einer Firewall mit Application-Level Gateway für die verwendeten Protokolle zur IP-Telefonie empfohlen. Die Firewall sollte am Übergang vom Daten-VLAN der Einrichtung zum VoIP-VLAN platziert werden.

### 6.5.5 Callmanager

Der Callmanager stellt in einer VoIP-Umgebung die zentrale Komponente dar. Aus diesem Grund muss er gesondert geschützt werden. Folgende Schutzmaßnahmen sind zu empfehlen:

1. Der Callmanager sollte generell durch eine Firewall mit Application-Level Gateway geschützt werden. Diese Forderung war in unserer Konfiguration durch eine Cisco PIX Firewall erfüllt.
2. Es ist täglich zu überprüfen, ob neue Updates für das verwendete Betriebssystem MS Windows 2000 vorliegen. Gegebenenfalls sind die Updates zeitnah während eines Wartungsfensters zu installieren.
3. Der Cisco Security Agent (CSA) sollte eingesetzt werden, um noch nicht erkannte Softwarefehler abzufangen.

## 6.6 Mandantenfähigkeit

Mandantenfähigkeit eines Telefonie-Systems ist die Fähigkeit, auf einer gemeinsamen Hardware virtuell mehrere Einrichtungen getrennt zu versorgen. Dieses Paradigma wird in den TK-Systemen auch als Firmentrennung bezeichnet. Durch die Mandantenfähigkeit eines Systems ist es möglich, Investitions- und Wartungskosten für die Betreiber wesentlich zu reduzieren. Bei der Firmentrennung wird sichergestellt, dass jede virtuelle Einheit nur ihre eigene Umgebung wahrnimmt. Die Firmentrennung betrifft in erster Linie die Trennung der Rufnummernpläne, der Call Detail Records, der Verzeichnisse (falls gewünscht), in einigen

Fällen auch die Trennung der Bündel zwischen der TK-Anlage und der OVSt. Einen wesentlichen Vorteil kann auch die Trennung der Management-Funktionalitäten für einzelne Firmen bzw. einzelne Mandanten darstellen.

Für die IP-Telefonie erscheint eine dreistufige Trennung der Managementaufgaben als zweckmäßig. Dabei erhält in der höchsten Hierarchie-Stufe der Betreiber des IP-Telefonie-Systems die vollen Rechte über das System inklusive der Rechtevergabe an andere Teilnehmer.

In der mittleren Hierarchie-Stufe bekommen die lokalen Administratoren der einzelnen Sites abgestufte Administrationsrechte. Sie dürfen z. B. den eigenen Rufnummernplan verwalten, neue Teilnehmer hinzufügen, ändern und Berechtigungen verwalten. Für die Durchsetzung organisationsweiter Policies ist es wichtig, dass Administratoren einzelner Sites entsprechende Berechtigungen für die zentrale Aktivierung bzw. Deaktivierung einzelner Features bekommen.

In der untersten Hierarchie-Stufe befinden sich die einzelnen Teilnehmer. Diese dürfen Funktionen hinsichtlich eigener Endgeräte aktivieren bzw. deaktivieren.

## 6.6.1 Gesichtspunkte der Mandantenfähigkeit

Im Abschnitt 6.6.1.1 werden Gesichtspunkte genannt, die aus Sicht eines Service-Providers von einem Managementsystem erfüllt werden sollen. Anschließend werden in den Abschnitten 6.6.1.2 und 6.6.1.3 die Gesichtspunkte der Einrichtungen bzw. der Teilnehmer reflektiert.

### 6.6.1.1 Service Provider

- Konfiguration des gesamten Systems, Änderung aller am Callmanager verfügbaren Service Parameter ggf. nur in Absprache mit den Site Administratoren
- Überschreiben der von den Site Administratoren bzw. Usern gesetzten Einstellungen
- Einsicht in die Call Detail Records aller User
- Einrichtung überlappender Rufnummernpläne für mehrere Sites
- Einrichtung bzw. Einbindung eines zentralen Directory Services
- Konfiguration des Routings für das gesamte System bzw. für einzelne Einrichtungen unabhängig voneinander
- Rufnummernmanipulation getrennt nach Sites, sowohl an der Quell- als auch an der Zielrufnummer
- Bulk Administration (Einpflegen von mehreren hundert bzw. tausend Usern in einem Arbeitsschritt)
- Anwendung von Default-Konfigurationen auf einzelne Teilnehmer bzw. auf Gruppen von Teilnehmern/ Sites

- Integration eines Abrechnungssystems
- Integration eines zentralen Vermittlungsplatzes
- Hardware- und Software-Voraussetzungen, Skalierbarkeit des Systems

#### 6.6.1.2 Site Administrator

- Verwaltung des eigenen Rufnummernplans
- Konfiguration von LCR – es muss hierbei aber die Möglichkeit bestehen, seitens des zentralen Administrators das LCR für die Site Administratoren zu unterbinden
- Einrichtung von neuen Telefonnummern/Usern und die Deaktivierung existierender Teilnehmer
- Aktivierung/Deaktivierung von Rufnummernunterdrückung, Rufumleitung etc.
- Einrichtung der Extension Mobility für bestimmte User und Endgeräte
- Services frei schalten und sperren
- Zusätzliche Services kreieren und den Nutzern unabhängig von anderen gehosteten Einrichtungen anbieten
- Festlegung von Entgeltparametern für die zentrale Rechnungstellung
- Freigabe von Verzeichnissen für einen zentralen Verzeichnis- und Vermittlungsdienst
- Festlegung von Rufnummern-Präfixen
- Konfiguration von Musik-on-Hold
- Konfiguration der Belegung der Soft-Keys
- Verwaltung und Integration von Unternehmensverzeichnissen
- Einrichtung firmeninterner Outlook Integration

#### 6.6.1.3 User

- Aktivierung/Deaktivierung der Rufnummernunterdrückung
- Einrichtung der Rufumleitung – permanent, bei besetzt, nach Zeit
- Auswahl der Klingeltöne (evtl. soll das vom Site-Administrator unterbunden werden)
- Freigabe der Verzeichnisdaten für übergeordnete Verzeichnisse
- Einstellung für das Anklopfen
- Einsicht in die Call Detail Records
- Pflege eines eigenen Adressbuchs
- Import von üblichen Adressbüchern (Outlook, LDAP)

## 6.6.2 Ansätze für die Realisierung der Mandantenfähigkeit

Im Rahmen des Pilotprojektes wurde in Richtung des Herstellers Cisco Systems die Forderung nach einer mandantenfähigen IP-Telefonie Lösung gestellt, da diese zumindest im Pilotaufbau so nicht gegeben war.

Folgende Anforderungen wurden im Projekt formuliert:

- Aufbau eines mandantenfähigen Systems für die IP-Telefonie.
- Skalierbare Lösung (Multi Cluster) für den gesamten DFN Kundenstamm (300-500 Kunden).
- Die Kunden sollen auch selbst das System managen und verwalten können.
- Die Kunden werden teilweise selbst Abrechnungen vornehmen wollen.
- Die Kunden müssen u. U. innerhalb ihres Bereiches weitere Unterbereiche abtrennen können, also auch hier noch unterschiedliche Administrationsebenen einrichten können.

### 6.6.2.1 Mandantenfähige IP Kommunikationslösung

Die Aufgabe, große Mandantenzahlen auf einem Callmanager Cluster abzubilden, ist Cisco bereits seit einiger Zeit in Großprojekten angetragen worden. Aus diesem Grund wurde dann mit einem auf Operating Support Systeme spezialisierten Partnerunternehmen, der Firma VISION OSS, die Referenzarchitektur „Glasslake“ entwickelt.

Die Architektur des Systems besteht aus verschiedenen Komponenten, z. B. dem PGW2000 (IP Softswitch Carrierclass), Callmanager, Gateways und natürlich dem Operating System.

Die Wirkungsweise des Systems ist sehr komplex und kann hier nur im groben beschrieben werden:

- Das OSS oder auch IPTM (IP Telephony Management) stellt für den Service Provider oder Dienstleister das zentrale Management-, Verwaltungs- und Steuerungsinstrument dar. Der Anbieter kann hierüber eine Vielzahl von Kunden verwalten, entsprechende Rufnummernpläne anlegen, Massenrollouts realisieren und vieles mehr. Damit können die meisten der unter 6.6.1 genannten Punkte erfüllt werden. Das System ist allerdings kein Accounting & Billingsystem, es stellt zwar CDRs (Call Detail Records) bereit, diese müssen dann jedoch durch das bei dem entsprechenden Provider/Kunden vorhandene Accounting & Billingsystem verarbeitet werden. Genauso verhält es sich mit dem Wunsch nach einem Vermittlungsplatz, die Anforderung ist durch ein entsprechendes Vermittlungsplatzsystem realisierbar, aber nicht Bestandteil eines OSS Systems.
- Das IPTM bildet die zentrale Schnittstelle zwischen dem Kunden (Site Administrator) und den eigentlichen Systemkomponenten, das bedeutet, der Kunde bekommt seine eigene Management-Zone durch das IPTM System zugewiesen, auf dem er, je nach Rechten, Änderungen o.ä. durchführen kann. Er hat aber keinen direkten Zugriff auf die Systeme wie



hen. Ein wesentlicher theoretischer Vorzug von VoIP ist die Nutzung des Internet als weltweit verfügbare Infrastruktur zur Kommunikation. Ausgehend von dieser Feststellung lässt sich eine Betrachtung der Mobilität zunächst nach dem Aufenthaltsort und dem daraus resultierenden Zugang zur VoIP-Infrastruktur (hier zu dem VoIP-VLAN des RRZN) durchführen. Folgende Unterscheidungen bieten sich an:

- in wechselnden Räumen innerhalb einer Einrichtung (z. B. mobile Arbeitsplätze),
- zwischen räumlich getrennten, aber über eine gemeinsame VoIP-Infrastruktur kooperierenden Einrichtungen,
- Teilnehmer aus unbekanntem und damit unsicheren IP-Netzen.

Das zuletzt aufgeführte Szenario umfasst sowohl reisende Mitarbeiter, die sich an fremden Hochschulen aufhalten, als auch Heimarbeitsplätze.

Eine weitere Möglichkeit der Differenzierung orientiert sich an der Implementierung der VoIP-Endgeräte sowie an der verwendeten Anschlusstechnik an die Datennetze. Hierbei lassen sich folgende Fälle unterscheiden:

- drahtgebundenes Tischgerät (Hardphone),
- drahtloses Handgerät (Wireless LAN VoIP-Handy),
- VoIP-Software auf einem PC oder Notebook (Softphone, siehe Abbildung 6-4).

Auf intensive Untersuchungen zu VoIP über drahtlose Netze (Wireless LAN, WLAN) wurde verzichtet. In einfachen Funktionstests wurde lediglich der Einsatz drahtloser VoIP-Endgeräte innerhalb des WLANs der Universität Hannover erfolgreich erprobt. Der breite Einsatz von VoIP in WLANs wird jedoch derzeit durch die geringe verfügbare Datenrate von insgesamt 11 MBit/s je Access Point und fehlende Mechanismen zur Sicherung garantierter Übertragungsraten behindert. Daraus folgt, dass die für VoIP notwendige Echtzeitfähigkeit des Datennetzes in WLANs nicht gegeben ist.

Zudem ist aufgrund mangelnder Sicherheit in vielen WLANs, so auch an der Universität Hannover, die Nutzung über ein VPN zur Authentifizierung und Verschlüsselung zwingend vorgeschrieben. Die getesteten drahtlosen VoIP-Hardphones verfügen jedoch nicht über einen entsprechenden VPN-Client und können damit nicht regulär im WLAN der Universität Hannover eingesetzt werden.

#### 6.7.1.1 Mobilität innerhalb einer Einrichtung

Die Verwendung von VoIP-Telefonen an wechselnden Plätzen innerhalb einer Einrichtung ist mit geringem Aufwand zu realisieren. Hierbei ist lediglich zu berücksichtigen, dass die Datendosen, an die die drahtgebundenen Endgeräte geschaltet werden, auf das entsprechende VoIP-VLAN konfiguriert sind.

Eine besonders komfortable Form der Mobilität ergibt sich dann, wenn an allen Plätzen bereits Hardphones installiert sind und das Feature „Extension Mobility“ genutzt wird. Hierbei kann sich jeder Nutzer auf einem *beliebigen* IP-Telefon durch Eingabe von Username/Password authentifizieren und dadurch seine persönliche Umgebung einschließlich Telefonnummer und persönlicher Anruflisten auf diesem Telefon aktivieren. Neben den offensichtlichen Vorteilen für Mitarbeiter mit häufig wechselnden Arbeitsplätzen bietet die Verwendung von Extension Mobility auch ein zusätzliches Maß an Sicherheit (vgl. Kap. 6.5).

### 6.7.1.2 Teilnehmer in fremden Netzen

Der Zugang aus beliebigen, fremden Netzen zur lokalen VoIP-Umgebung ist prinzipiell möglich, erfordert jedoch besondere Maßnahmen zur Sicherung des lokalen Netzes. Zudem ist stets zu berücksichtigen, dass die im Grundsatz ungesicherte Güte der Verbindung die Sprachqualität negativ beeinflussen kann.

Die Nutzung der lokalen VoIP-Umgebung aus fremden Netzen geht typisch mit der Verwendung von PCs mit installierten Softphones einher. Die Kombination von Softphones mit mobilen Endgeräten wie Notebooks oder PDAs ermöglicht theoretisch eine hohe Mobilität von Mitarbeitern bei ständiger Erreichbarkeit unter einer eindeutigen Telefonnummer.

Zur Authentifizierung der Teilnehmer und zur Verschlüsselung sämtlicher Signalisierungs- und Sprachdaten empfiehlt sich die Verwendung eines VPN von dem mobilen Endgerät zu einem VPN-Gateway am Rand des VoIP-VLAN. Am RRZN wurde die in Abbildung 6-2 dargestellte Konfiguration erfolgreich über verschiedene Weitverkehrsnetze getestet, u. a. über T-TDSL und aus dem WLAN der Universität Rom.

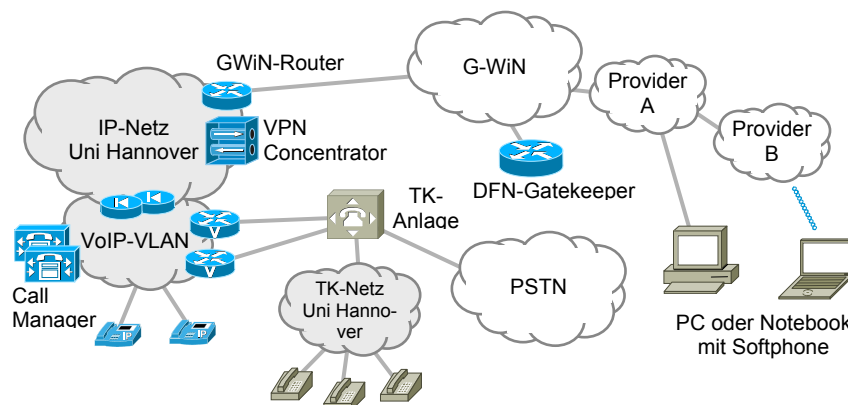


Abbildung 6-2 Konfiguration Mobilität

Als VPN-Gateway wurde in den Untersuchungen der Cisco VPN Concentrator 3030 aus dem Produktionsnetz der Universität Hannover verwendet. Auf dem PC und dem Notebook wurde der entsprechende Cisco VPN Client 4.0 sowie das Cisco VoIP Softphone eingesetzt. Wie zu erwarten, verschlechtert die mit der Verschlüsselung der Daten über das VPN einhergehende zusätzliche Verzögerung die Sprachqualität spürbar, erreicht jedoch durchaus die Qualität üblicher Mobilfunknetze.

Diesem im Prinzip positiven Ergebnis des Funktionstests muss jedoch hinzugefügt werden, dass die Verfügbarkeit von VoIP über fremde Netze derzeit in keiner Weise gesichert werden kann. So waren in den Tests mehrfach Abbrüche von Gesprächen oder Probleme bei der Signalisierung zwischen Callmanager und Softphone festzustellen. Die Probleme sind im Wesentlichen auf die stark schwankende und ungesicherte Datenrate in den Weitverkehrsnetzen zurückzuführen, zum Teil aber auch auf die in fremden Netzen installierten Firewalls sowie auf den zeitweise überlasteten VPN Concentrator.

### 6.7.1.3 Bewertung

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass mit dem Einsatz von VoIP die Möglichkeiten zur mobilen Nutzung der Telefonie zwar deutlich steigen, unter den derzeitigen Gegebenheiten der konkrete Einsatz jedoch sorgfältig zu prüfen ist. Es ist abzusehen, dass mit der Verabschiedung von Standards zur Priorisierung des Datenverkehrs in WLANs oder mit höheren verfügbaren Datenraten in Weitverkehrsnetzen eine Verbesserung der Sprachqualität und der Verfügbarkeit einhergeht. Darüber hinaus sollte stets die Sicherheit der VoIP-Umgebung vorrangig gegenüber der Unterstützung von Mobilität betrachtet werden.

### 6.7.2 Mehrwertdienste

IP-Telefone können, ausgestattet mit entsprechender Software, grundsätzlich auch als Clients für beliebige Anwendungen in IP-Netzen angesehen werden. Ein besonderer Vorteil der IP-Telefone wird deshalb in den so genannten Mehrwertdiensten gesehen, die über den Sprachdienst hinaus die Einsatzmöglichkeiten eines IP-Telefons erweitern. Voraussetzung zur Nutzung von Mehrwertdiensten ist die Integration entsprechender Funktionalitäten in die VoIP-Endgeräte sowie in die zugrunde liegende VoIP-Infrastruktur.

Im Rahmen eigener Untersuchungen wurden am RRZN einfache Mehrwertdienste prototypisch für eine VoIP-Testumgebung implementiert. Die entwickelten Lösungen basieren auf den Cisco IP Phone Services SDK v3.3(3) und erfordern neben dem Callmanager 3.3(3) und Cisco IP-Telefonen 7940/7960 einen Microsoft IIS 4.0 Server. Als Beispiele wurden zwei Anwendungen gewählt:

- Alarmierung von Terminen aus dem Groupware-System des RRZN und
- Abrufen von Informationen aus dem Netzwerk Management.

Die vollständige Konfiguration beider Anwendungen ist in Abbildung 6-3 dargestellt.

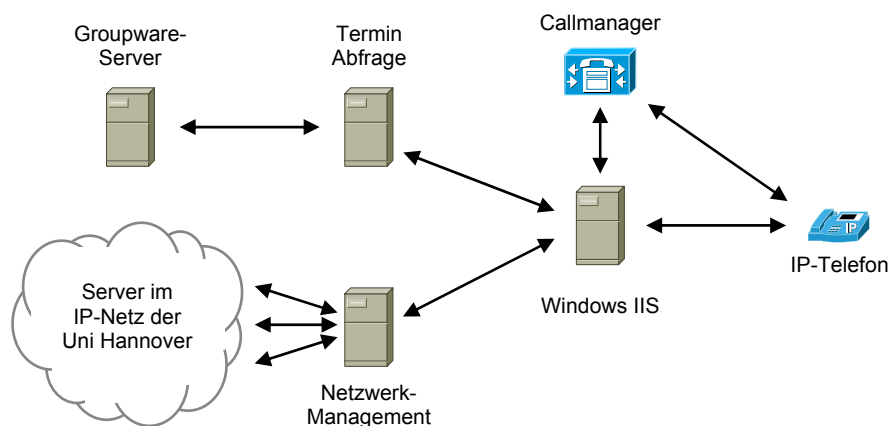


Abbildung 6-3 Konfiguration Mehrwertdienste

Die einzelnen Funktionen wurden bewusst auf verschiedene Server aufgeteilt, um bestimmte Teilfunktionen z. B. für den Betrieb in einer verteilten Umgebung einfach herauslösen zu können. Zudem sollte der reguläre Produktionsbetrieb von Callmanager und Groupware-Server nicht durch die notwendigen Entwicklungen und Tests beeinträchtigt werden.

Auf dem Microsoft IIS Server werden die mit den Cisco IP Phone Services bereitgestellten Skripte ausgeführt, die in den Programmiersprachen Active Server Pages (ASP) bzw. Java Server Pages (JSP) erstellt sind. Mit diesen Skripten können u. a. Aktionen auf den VoIP-Endgeräten ausgelöst werden. Hierzu zählt z. B. die Darstellung eines Infotextes, das Auslösen eines Ruftons oder der Abruf einer Seite von dem IIS Server. Sämtliche in Abbildung 6-3 dargestellten Kommunikationsbeziehungen werden über HTTP durchgeführt.

### 6.7.2.1 Termininformation aus dem Groupware-System

Ein Server zur Terminabfrage ruft minütlich anliegende Termine aus dem Groupware-System ab. Anhand der gelieferten Informationen kann der Server ermitteln, für welche Nutzer Termine in der nächsten Zeit anstehen. Hier wurde beispielhaft eine Zeitspanne innerhalb der nächsten 15 Minuten gewählt. Wurde ein entsprechender Termin ermittelt, sendet der Server einen aufbereiteten HTTP-Request an den IIS Server. Der IIS Server ermittelt aus dem im HTTP-Request angegebenen Namen des Nutzers die IP-Adresse des IP-Telefons, das dem Nutzer derzeit zugewiesen ist. Die für diese Abbildung notwendigen Informationen werden vom Callmanager abgerufen.

Sobald die IP-Adresse für das IP-Telefon des Nutzers ermittelt ist, sendet der IIS Server einen HTTP-Request an diese IP-Adresse. Das IP-Telefon prüft zunächst gegenüber dem Callmanager, ob der Absender des HTTP-Requests autorisiert ist, Informationen an das IP-Telefon zu senden. Nach erfolgreicher Autorisierung wird die übertragene Meldung auf dem Display dargestellt und ggf. ein frei wählbarer Rufton ausgelöst. Ein Beispiel für die Anzeige einer Terminbenachrichtigung auf einem Softphone ist in Abbildung 6-4 dargestellt.



Abbildung 6-4 Darstellung einer Terminbenachrichtigung auf einem Softphone

#### 6.7.2.2 Informationen aus dem Netzwerk-Management

Der in Abbildung 6-3 dargestellte Server für das Netzwerk-Management sammelt Status-Informationen von verschiedenen Systemen im Netz der Universität Hannover. Die Informationen werden alle 5 Minuten abgerufen, aufbereitet und in verschiedenen Dateien abgelegt.

Auf dem Callmanager wurde ein Service „Netzwerk-Management“ konfiguriert, den die Nutzer bei Bedarf über ihr IP-Telefon abrufen können. Sobald der Service von einem Nutzer ausgewählt wird, ruft das IP-Telefon eine entsprechend aufbereitete Seite vom IIS Server ab. Diese Seite enthält eine Übersicht über die überwachten Systeme. Nach Auswahl des gewünschten Systems erscheint eine weitere Übersicht mit den Parametern, die das Netzwerk-Management von dem gewählten System überwacht. Nach Auswahl des Parameters werden schließlich die entsprechenden Informationen angezeigt. Die Seiten mit der Menüstruktur sind vollständig auf dem IIS Server abgelegt, die Seiten mit den eigentlichen Systeminformationen werden über den IIS Server vom Server für das Netzwerk-Management abgerufen.

Eine einfache Erweiterung des Systems wäre eine Alarmierung ausgewählter Nutzer bei Überschreiten vorgegebener Schwellwerte von bestimmten Systemparametern. Der Ablauf hierfür wäre jedoch analog zur Alarmierung bei Terminen und wurde deshalb bisher nicht implementiert.

### 6.7.2.3 Bewertung

Die vorliegenden Beispiele zeigen exemplarisch, dass die Implementierung einfacher Mehrwertdienste möglich ist. Notwendige Voraussetzung ist jedoch der Betrieb und die Wartung der Skripte auf einem Microsoft IIS Server, der ggf. auch zusammen mit dem Callmanager auf einem System installiert werden kann.

Die gesamte Kommunikation der dargestellten Mehrwertdienste verläuft über HTTP. Daraus folgt, dass sämtliche Informationen unverschlüsselt übertragen werden. Zudem muss auf jedem beteiligten System einschließlich der IP-Telefone ein WWW-Server aktiviert sein. Nach Kap. 6.5 wurde jedoch die Abschaltung des WWW-Servers in den IP-Telefonen empfohlen, wodurch die Nutzung der hier dargestellten Mehrwerte stark eingeschränkt wird.

## 7 Zusammenfassende Empfehlungen

In diesem Kapitel werden grundsätzliche Empfehlungen für den Einsatz der IP-Telefonie nach dem Port-Modell eines externen Anbieters zusammengefasst. Viele dieser Empfehlungen behalten ihre Gültigkeit auch für den Fall, dass eine Dienstleistung „IP-Telefonie“ von einer Einrichtung selbst erbracht wird. Detaillierte Hinweise finden sich in den Kapiteln 4 bis 6.

### 7.1 Empfehlungen für die Einführungsplanung

- Eine Koordination der Planungs- sowie Aufbaumaßnahmen innerhalb der nutzenden Einrichtung muss durchgeführt werden. Konkrete Ansprechpartner für einzelne Teilbereiche müssen genannt werden. Eine zielgerichtete, enge Zusammenarbeit zwischen den Verantwortlichen für die herkömmliche Telefonie und den Verantwortlichen für das IP-Netz muss erreicht werden.
- Zwischen dem Dienstleister und der nutzenden Einrichtung müssen die Zuständigkeiten geklärt und Eskalationsprozesse bestimmt werden. Für die Aufbauphase empfiehlt es sich, auf beiden Seiten konkrete Personen für die Durchführung festzulegen. Ein Zeitplan mit Meilensteinen sollte erstellt werden.
- Der erfolgreiche Aufbau und Betrieb einer IP-Telefonie-Umgebung erfordert eine Ende-zu-Ende-Verantwortlichkeit im IP-Netz „in einer Hand“ und ebenso eindeutige Schnittstellen zu den Verantwortlichen der TK-Anlagen der Einrichtung.
- Für das durchgängige Security Management sind die Zuständigkeiten seitens der nutzenden Einrichtungen als auch seitens des Dienstleisters festzulegen. Security-Maßnahmen sind zentral zu dokumentieren und dürfen nicht an diversen Stellen (z. B. als Access-Listen in Routern und Switches) ohne Dokumentation vollzogen werden.
- Für die IP-Telefonie soll ein separates VLAN bereitgestellt werden.
- Die angestrebte Konfiguration muss dokumentiert werden. Netzpläne der aktiven Komponenten und Pfade, über welche Signalisierungs- und Sprachströme laufen, müssen erstellt werden.
- Eine Netzüberprüfung ist zwingend durchzuführen (Voice-Readiness-Check). Im Einzelfall ist die Notwendigkeit spezieller Maßnahmen von fachkundigem Personal abzu prüfen. Für das Pilotprojekt wurden keine Priorisierungsmaßnahmen in den Netzkomponenten getroffen. Es lag durchgängig eine strukturierte Verkabelung und mindestens eine gewichene Fast Ethernet Infrastruktur vor.
- Es müssen Rufnummernpläne sowie Vernetzungspläne für die Vernetzung der TK-Anlagen inklusive der Rufnummernumsetzungen vorliegen.

## 7.2 Empfehlungen für den Nutzerbetrieb

- Jede erzwungene Umgewöhnung wird von den Betroffenen als lästig empfunden. Akzeptanzprobleme bei der Einführung der IP-Telefonie lassen sich dadurch mildern, dass mit der IP-Telefonie Mehrwertdienste angeboten werden.
- Die mit der Umstellung auf IP-Telefonie verbundenen funktionalen Änderungen sowie Bedienungshinweise sollen den Nutzern rechtzeitig bekannt gemacht werden.

## 7.3 Spezielle Themen

### 7.3.1 Teamanlagen

- In der Planungsphase ist der Umfang und die Funktionalität der Teamanlagen zu klären.
- Evtl. sind auch Produkte von Drittanbietern, die auf das IP-Telefonie-System abgestimmt sind, in Betracht zu ziehen.

### 7.3.2 Accounting und Billing

- Ein Konzept für die Gebührenabrechnung muss erstellt werden. Dabei sind grundlegende Fragen zu beantworten, wie z. B. die getrennte Abrechnung privater Telefonate vorgenommen und ob als Basis für die Abrechnung Gebührentakt oder Gesprächsdauer verwendet werden soll. Eine zeitbasierte Abrechnung erscheint beim Einsatz der IP-Telefonie geeigneter zu sein als eine taktbasierte.
- Es wird dringend empfohlen, die Logging-Informationen an allen relevanten Stellen (z. B. in VoIP-Gateways) für eine gegebenenfalls notwendig werdende Nachprüfung von Unregelmäßigkeiten und Unstimmigkeiten bei der Gebührenabrechnung zu sichern.

### 7.3.3 Verfügbarkeit

Folgende Aspekte sind bei der Verfügbarkeit des Systems besonders zu beachten:

- Layer2: Erhöhung der Verfügbarkeit des Netzes, z. B. durch Ringstrukturen im Backbone.
- Layer3: ausreichende Echtzeitfähigkeit, z.B. durch overprovisioning.
- Redundante Stromversorgung für aktive Netzkomponenten sowie für zentrale Server.
- Redundante Auslegung kritischer Komponenten wie z. B. Vermittlungs-Server und Gateways.
- In Line Power für die IP-Telefone.
- IP-Telefone als Ersatz vorhalten (2–5 % Ersatzgeräte).

- Ein angepasstes Update-Management, welches Updates und Troubleshooting außerhalb der üblichen Geschäftszeiten ermöglicht.

#### 7.3.4 Security

Folgende Aspekte sind bei den Security-Maßnahmen in erster Linie zu beachten:

- Das VoIP-VLAN ist vom restlichen IP-Netz unbedingt durch eine Firewall zu schützen.
- Zugriffsrechte auf VoIP-Gateways sollen nur für die zugehörigen Server bzw. Vermittlungskomponenten eingeräumt werden.
- Den Einsatz von L2-Security-Maßnahmen überprüfen. Zu beachten ist, dass solche Maßnahmen auch kontraproduktiv sein können, siehe dazu auch Abschnitt 6.5.1.
- Sicherung der zentralen Server und die Abschaltung nicht zwingend erforderlicher Dienste. Auch diese Maßnahmen müssen im Einzelnen überprüft werden, da sie unter Umständen die Nutzung von Mehrwertdienste beeinträchtigen.
- Überprüfen, ob verschlüsselte Tunnel zwischen dem VoIP-VLAN und der Service Area des Providers geschaltet werden sollen.
- Verwendung signierter Phone Loads.



## 8 Schlussbetrachtung

### 8.1 Eckpunkte eines Dienstangebotes

#### 8.1.1 Ausgangssituation

Kapitel 2 dieses Abschlussberichtes beschreibt sehr anschaulich die „Strategischen Aspekte“. Die innerhalb des Pilotzeitraumes gewonnenen Erkenntnisse der Anforderungen und Randbedingungen zu einem Betreibermodell für Forschung und Lehre sind Grundlage für das Lösungskonzept. Dabei gilt es, den unterschiedlichen Ausbaustand der vorhandenen IT-/TK-Infrastrukturen mit den damit verbundenen differenzierten Aufgabenstellungen in das Lösungs-/ Betreiberkonzept zu integrieren. Es gilt daher für ein Betreibermodell Lösungsmodulare zu gestalten, die diese individuellen Aufgabenstellungen berücksichtigen und zur Erstellung eines Migrationskonzeptes eingesetzt werden können. Zielsetzung ist es, den Interessenten bereits frühzeitig, angepasst an technische Gegebenheiten und Haushaltsrahmenbedingungen, eine „Sanfte Migration“ aufzuzeigen.

Hierzu schlägt der IT-/TK-Dienstleister und Projektpartner T-Systems International GmbH auf Basis des differenziert vorhandenen VoIP-Know-How einzelner Einrichtungen einen Mix zwischen Eigenleistung und Beratungsleistung (Bedarfsanalyse und Migrationskonzept) und standardisierten Lösungsbausteinen (Implementierung) vor.

#### 8.1.2 Projektmanagement

Der Projektverlauf wird analog zu den drei Projektphasen „Plan – Build – Run“ ausgeführt (s. Abbildung 8-1).

## Pilotprojekt: VoIP im G-WiN

Ableitungen für den Regelbetrieb

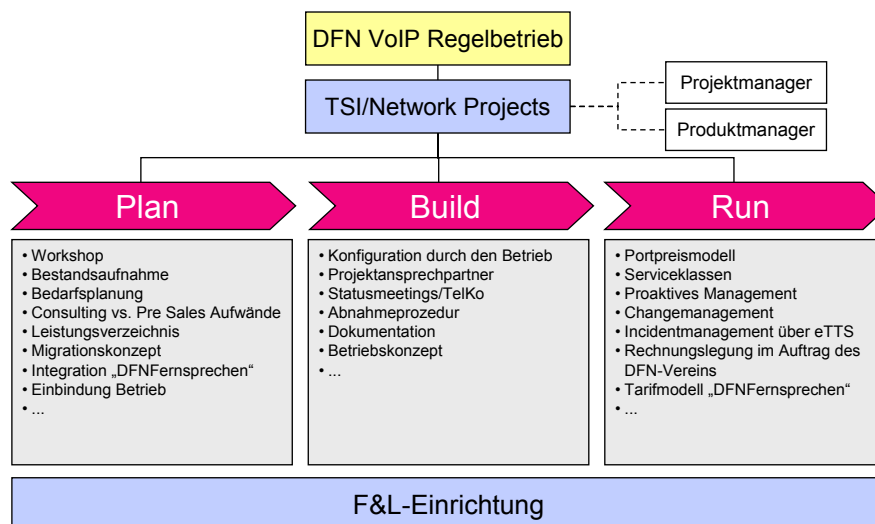


Abbildung 8-1 Projektphasen

### 8.1.2.1 Projektphasen

#### Plan-Phase

Um zu den o. g. individuellen Erfordernissen bedarfsorientierte Lösungen anzubieten, ist zur Erstellung eines Migrationskonzeptes eine vorab durchgeführte Bedarfsanalyse die Grundvoraussetzung. Anhand von Checklisten wird ein „Voice-Ready-Check“ primär von der jeweiligen Einrichtung vorgenommen. Bei Bedarf wird der „Voice-Ready-Check“ auch als Beauftragungsgeschäft durch den IT-/TK-Dienstleister T-Systems durchgeführt.

Grundsätzlich gilt: Der Endkunde ist für die Absicherung seines Netzes und für die kontinuierliche Einhaltung der im Vorfeld genannten Voraussetzung bzgl. der LAN Umgebung (strukturierte Verkabelung, geschichtete Umgebung mit mindestens Fast Ethernet) verantwortlich.

#### Build-Phase

Die Phase der Umsetzung wird vom IT-/TK-Dienstleistungspartner vom Customizing bis zur Abnahme durchgehend begleitet. Die Kriterien der Abnahme müssen im Vorfeld zwischen den Vertragspartnern definiert und schriftlich niedergelegt werden. Der Kunde erhält einen Ansprechpartner, Schnittstellenthematiken entfallen für den Kunden. Dieses Vorgehen stellt die rasche, konsequente Umsetzung des Projektabschnittes sicher. Definierte Projektansprechpartner, regelmäßige Statusmeetings, Betriebskonzept und Dokumentation sind hierbei ein wesentlicher Bestandteil.

Erforderliche Voraussetzungen:

- Voice Ready Check
- Planungsvorlauf von ca. 3 Monaten
- Mindestvoraussetzungen bei der Infrastruktur
- Einrichtung eines zentralen Projektboards

Run-Phase

Das Konzept der Lösungsbausteine erlaubt es dem Kunden im Sinne eines Managed Service bedarfsorientiert weitere Leistungen hinzuzufügen. Durch die flächendeckende Serviceorganisation der Deutschen Telekom AG / T-Systems ist eine qualifizierte Betreuung selbstverständlich auch in der Betriebsphase gewährleistet.

### 8.1.3 Serviceparameter

Servicemodul: Basis-Service (incl.)

Der mit der HW-Komponente erworbene Basis-Service enthält folgende Leistungen:

- Störungsannahme 7x24 Stunden über das zuständige Call Center der DTAG, entsprechend der im Vertrag ausgewiesenen Telefon-, Fax-Nummer bzw. Mail-Adresse.
- Hardware Replacement innerhalb von 10 Arbeitstagen nach Eingang der Störungsmeldung. Rücksendung der defekten Komponente durch den Kunden auf eigene Kosten innerhalb von sieben Tagen an die benannte Adresse.

Die vertragliche vereinbarte Standardlaufzeit für den Basisservice beträgt fünf Jahre und ist drei Monate vor Ablauf vom Kunden schriftlich zu kündigen. Dies gilt ebenfalls für die zusätzlich abgeschlossenen Module.

Servicemodul: T-LAN Compact-Service

Der optionale T-LAN Compact-Service enthält folgende Leistungen (nur bei Zertifizierung entsprechend des TAC Certified Network Design):

- 7x24 h Serviceannahme
- 50 min Reaktionszeit
- Servicebereitschaft : Mo-Fr 08:00 Uhr - 18:30 Uhr und Sa 08:00 Uhr - 13:00 Uhr
- Bereithaltung von Ersatzteilen
- Einsatz ausgebildeter Servicetechniker und Serviceingenieure
- Software Updates

- Feste Servicepreise inkl. Anfahrt
- 24 Stunden Entstörzeit, bei Störungseingang bis 15:00 Uhr

#### 8.1.4 Lösungsbausteine

Das Konzept für ein gesamtheitliches Dienstleistungsangebot basiert auf Lösungsbausteinen. Als Standardleistung wird ein VoIP-Telefoniedienst mit entsprechenden Grundfunktionalitäten angeboten. Zusätzliche Leistungen (Mehrwertdienste) können über einzelne Module erweitert bzw. hinzugefügt werden. Das Konzept bietet dem Kunden somit eine bedarfsorientierte und flexible Migrationsmöglichkeit. Folgende Abbildung gibt einen Überblick über die einzelnen Lösungsbausteine:

## Pilotprojekt: VoIP im G-WiN

Ableitungen für den Regelbetrieb

### Lösungsbausteine

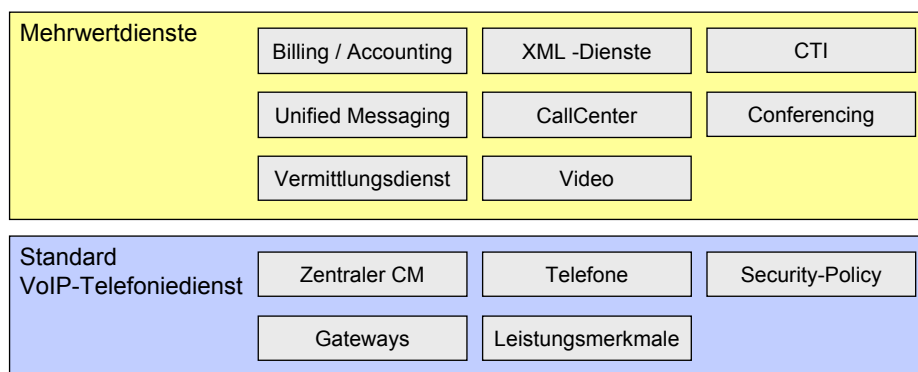


Abbildung 8-2 Lösungsbausteine

#### 8.1.5 Grundsätzliche Angebots Elemente

Die Ausgangsparameter für einen Kostenansatz sind:

- Realistische Kalkulationsgröße für mittelfristige Planung: 3% der potentiellen DFN-User (400.000 Hochschulangehörige) nutzen die Lösung, d. h. 12.000 Ports
- Abschreibungszeitraum / Vertragslaufzeit: 5 Jahre
- Vollredundantes System mit 2 (geografisch) getrennten Zugängen ins G-WiN (die Zugangsleitungen sind nicht Bestandteil der Kalkulation)
- 24 x 365 Störungsannahme

- Service- & Störungsmeldungen per Web-Ticket, Fax, Telefon oder Email gemäß Vertrag
- Administration via Web Interface
- monatliche Bereitstellung der Call Detail Records gemäß Vertragslaufzeit

### 8.1.6 Budgetäres Preismodell

Dienstleistung	Bereitstellung	Preis/Port/Monat incl. Basis-Service	Kaufpreis	Compact-Service* optional (jährlich)
<b>Plan-Phase</b>				
Voice Ready Check durch den Kunden	Eigenleistung			
Voice Ready Check durch T-Systems (pro Lokation)	Einmalkosten		2.978,00 €	
Customizing & Konfiguration (pro Port)			4,25 €	
<b>Build-Phase</b>				
Lieferung, Installation (pro Port ohne Endgerät)	Einmalkosten		11,67 €	
(pro Port mit Endgerät)	Sammelbestellung		21,67 €	
<b>Run-Phase</b>				
Basisdienst, Telefonie		7,90 €		
Endgeräte				
– Standard		4,65 €	201,83 €	60,74 €
– Komfort		6,87 €	276,20 €	83,11 €
– Professional		8,50 €	329,31 €	99,08 €
Die genannten Preise verstehen sich netto zzgl. der ges. MWSt				
* T-LAN Compact Services (Laufzeit 5 Jahre)				

Tabelle 8-1 Kalkulation des Preismodells

Die Budgetentgelte basieren auf einer ersten Kalkulation auf Basis von Projektkennzahlen und den gewonnenen Erkenntnissen aus dem Pilotprojekt. Nach abschließender Festlegung von Anforderungen und verbindlichen Portzahlen sowie darauf aufbauender lösungsspezifischer Planung und Kalkulation ist davon auszugehen, dass die Entgelte weiter reduziert werden können.

### 8.1.7 Beispielberechnung für das Preismodell

Zur Erläuterung des Preismodells sind im Folgenden zwei Beispiele für mögliche Szenarios dargestellt:

#### Beispiel 1: Miete der Endgeräte, inkl. Installation

- Eine Lokation wird mit 100 VoIP-Ports ausgestattet
- Der Voice-Ready-Check wird durch T-Systems durchgeführt
- Miete der Endgeräte (Standard)
- Installation durch T-Systems
- Betrieb durch T-Systems
- Basis-Service

			Einmalentgelte	Laufende Entgelte
<b>Plan-Phase</b>				
Voice-Ready-Check durch T-Systems	Einmalentgelt		2.978,00 €	
Customizing & Konfiguration <sup>8</sup>	Einmalentgelt pro Port	100 * 4,25 €	425,00 €	
<b>Build-Phase</b>				
Lieferung und Installation (mit Endgeräten)	Einmalentgelt pro Port	100 * 21,67 €	2.167,00 €	
<b>Run-Phase</b>				
Basisdienst Telefonie	Monatlich pro Port	100 * 7,90 €		790,00 €/Monat
Endgeräte Standard, Miete	Monatlich pro Port	100 * 4,65 €	465,00 €	465,00 €/Monat
<b>Summe</b>			5.570,00 €	1.255,00 €/Monat (15.600 €/Jahr)

Tabelle 8-2 Beispielberechnung, Miete der Endgeräte

#### Beispiel 2: Kauf der Endgeräte, Eigeninstallation

- Eine Lokation wird mit 100 VoIP-Ports ausgestattet

<sup>8</sup> Customizing & Konfiguration beinhaltet die Anpassung des VoIP-Dienstes an die Kundenumgebung (z. B. Erstellung des Rufnummernplans, Bandbreitenaufteilung, ggf. Planung weiterer Applikationen, etc.)

- Der Voice-Ready-Check wird durch T-Systems durchgeführt
- Kauf der Endgeräte (Standard)
- Selbstinstallation durch Kunden
- Betrieb durch T-Systems
- Basis-Service

			Einmalentgelte	Laufende Entgelte
<b>Plan-Phase</b>				
Voice-Ready-Check durch T-Systems	Einmalentgelt		2.978,00 €	
Customizing & Konfiguration <sup>9</sup>	Einmalentgelt pro Port	100 * 4,25 €	425,00 €	
<b>Build-Phase</b>				
Lieferung und Installation (ohne Endgeräte)	Einmalentgelt pro Port	100 * 11,67 €	1.167,00 €	
<b>Run-Phase</b>				
Basisdienst Telefonie	Monatlich pro Port	100 * 7,90 €		790,00 €/Monat
Endgeräte Standard, Kauf	Einmalentgelt	100 * 201,83 €	20.183,00 €	
<b>Summe</b>			24.753,00 €	790,00 €/Monat (9.480 €/Jahr)

Tabelle 8-3 Beispielberechnung, Kauf der Endgeräte

### 8.1.8 Fazit

Aus dem Pilotprojekt konnten wichtige Erkenntnisse für ein Dienstleistungsangebot für die wissenschaftlichen Einrichtungen gewonnen werden. Die Eckpunkte des VoIP-Dienstleistungsangebotes für den Bereich Forschung und Lehre sind als erstes Ergebnis aus dem Pilotprojekt zu betrachten.

Das Dienstleistungsangebot von T-Systems für VoIP-Dienste im Gigabit-Wissenschaftsnetz bietet:

<sup>9</sup> Customizing & Konfiguration beinhaltet die Anpassung des VoIP-Dienstes an die Kundenumgebung (z. B. Erstellung des Rufnummernplans, Bandbreitenaufteilung, ggf. Planung weiterer Applikationen, etc.)

### Profitabilität

- Reduzierung der Wartungs-, Betriebs- und Netzwerkkosten
- Einsparung von Parallelnetzen

### Individualität

- Organisationsgerecht
- Moderne Anwendungen können migriert werden
- Verbesserung der Geschäftsprozesse durch eine optimale Kommunikationssteuerung

### Flexibilität

- Außenstellen und neue Teilnehmer können schnell eingebunden werden
- Arbeitsplatzflexibilität durch PIN bezogene Rufnummernzuteilung

Über das Konzept des Portpreismodells und die Lösungsbausteine werden Investitionskosten und der Break Even Punkt planbar gemacht. Eine Nachfragebündelung durch den DFN-Verein schafft zudem die gewünschten Skaleneffekte. Die einzelnen Einrichtungen können dadurch von der technischen Expertise und den wirtschaftlichen Vorteilen profitieren. Anforderungen des DFN-Vereins für ein gesamtheitliches Angebot an die DFN-Mitglieder sind bei der Konzepterstellung noch nicht berücksichtigt. Der Aufbau eines Kompetenzzentrums für einen VoIP-Dienst ist u. E. zu prüfen.

## 8.2 Ausblick

Der vorliegende Bericht zur Erprobung spezieller Konfigurationen der IP-Telefonie zeigt über die Empfehlungen in Kapitel 7 auf, wie vielfältig die Anforderungen allein für einen Basisdienst sind. Mit dem Basisdienst ist dabei erst ein Teilziel erreicht. In Abschnitt 6.7.2 wurde lediglich angerissen, welche Potentiale an Mehrwerten in der „Konvergenz der Netze“ stecken. Diese gilt es auszuschöpfen. Die Bearbeitung folgender, weiterer Aufgabenstellungen könnte nicht nur für die DFN-Mitgliedseinrichtungen interessant sein:

### Teamanlagen

Unter den Begriff der Teamanlagen fallen unter anderem die so genannten „Chef-Sekretär“-Anlagen. Sie sind nach unserer Kenntnis im Hochschulbereich weit verbreitet. Ziel beim Einsatz von Teamanlagen im Rahmen der IP-Telefonie muss sein, dass der Nutzer die Konfiguration einer Teamanlage weitestgehend unabhängig vom lokalen und zentralen Administrator durchführen kann. Hier sind weitere Produktlösungen zu untersuchen.

### Vermittlungsplatz

Für den Piloten wurde eine einfache lokale Lösung realisiert. Beim Angebot von IP-Telefonie als zentraler Dienstleistung könnte die zentrale Organisation eines Verzeichnisdienstes und die Bereitstellung einer zentralen Vermittlungsplatzfunktion gewünscht werden.

### Accounting und Billing

Der Basisdienst sieht die Bereitstellung von CDRs (Call Detail Records) zur Auswertung durch die nutzende Einrichtung vor. Es sollte geprüft werden, ob es Standardanforderungen der nutzenden Einrichtungen gibt (und welche das sind), um ggf. einen Mehrwertdienst „Abrechnung“ realisieren zu können.

### Pilotierung im DFN und Mandantenfähigkeit

Die Bereitstellung einer zentralen Dienstleistung IP-Telefonie im DFN-Umfeld würde für den Betreiber die Administration und Konfiguration ggf. mehrerer hundert Einrichtungen mit wiederum teilweise Tausenden von Nutzern bedeuten. In Abschnitt 6.8 ist eine Lösung skizziert, die aber in dem Erprobungszeitraum noch nicht von uns getestet werden konnte. Für die weitere Umsetzung eines Dienstleistungsangebotes IP-Telefonie im DFN könnte es hilfreich sein, den Mitgliedseinrichtungen die Pilotnutzung eines zukünftigen Dienstleistungsangebotes zu ermöglichen.

### Mehrwertdienste

In der Nutzung von Mehrwertdiensten liegt ein hohes Potential der IP-Telefonie. Die in Abschnitt 6.7.2 dargestellten Beispiele belegen, dass die Bereitstellung einfacher Dienste bereits ohne hohen Aufwand möglich ist. Es ist abzusehen, dass sowohl die Anzahl als auch der Umfang an Angeboten für Mehrwertdienste zukünftig stark ansteigen und die Auswahl und Gestaltung geeigneter VoIP-Umgebungen maßgeblich beeinflussen wird.

### Mobilität

Grundsätzlich bietet die Nutzung IP-basierter Netze eine ideale Voraussetzung zur Unterstützung der Mobilität. Gegenwärtig wird der Einsatz mobiler IP-Telefone durch technische, im Wesentlichen sicherheitsrelevante Aspekte stark eingeschränkt. Hier sind jedoch deutliche Verbesserungen in den nächsten Jahren zu erwarten, so dass die Mobilität zukünftig sogar integraler Bestandteil eines Basisdienstes für die IP-Telefonie werden könnte.

### Marktdurchdringung der IP-Telefonie

In dem beschriebenen Pilotprojekt wurde der Einsatz der IP-Telefonie von technischer, organisatorischer und wirtschaftlicher Seite betrachtet. Die Frage der Marktdurchdringung hängt aber auch wesentlich davon ab, welche Anforderungen von regulatorischer Seite an einen

IP-Telefonie-Dienst gestellt werden. Nach bisheriger Ansicht der Europäischen Union (EU) aus dem Jahr 2000 und aus Sicht der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) wurde die IP Telefonie nicht als Sprachtelefondienst betrachtet (da keine Übertragung in Echtzeit gegeben ist). Die RegTP hat im Juni 2004 durch einen umfangreichen Fragebogen eine Anhörung zum Thema Voice over IP gestartet<sup>10</sup>. Es wird erwartet, dass die RegTP in den nächsten Monaten veröffentlicht, in wie weit das neue Telekommunikationsgesetz (TKG) und weitere Verordnungen aus Sicht der RegTP von einem IP-Telefonie-Dienst erfüllt werden müssen. Auf europäischer Ebene beschäftigen sich mehrere nationale Regulierungsbehörden sowie die EU-Kommission mit Voice over IP. So hat die EU-Kommission am 14. Juni 2004 ein Informations- und Konsultationspapier „The Treatment of Voice over Internet Protocol (VoIP) under the EU Regulatory Framework“<sup>11</sup> veröffentlicht. Die EU-Kommission beabsichtigt, auf Basis dieses Dokuments und der eingehenden Stellungnahmen unverbindliche Leitlinien zu erstellen.

---

<sup>10</sup> [http://www.regtp.de/reg\\_tele/start/fs\\_05.html](http://www.regtp.de/reg_tele/start/fs_05.html)

<sup>11</sup> [http://europa.eu.int/information\\_society/topics/ecommerce/doc/useful\\_information/library/commiss\\_serv\\_doc/406\\_14\\_voip\\_consult\\_paper\\_v2\\_1.pdf](http://europa.eu.int/information_society/topics/ecommerce/doc/useful_information/library/commiss_serv_doc/406_14_voip_consult_paper_v2_1.pdf)

## 9 Anhang: Fragebogen

### Auswertung: Während des Arbeitstages geführte Gespräche

Testteilnehmer: \_\_\_\_\_

Rufnummer: \_\_\_\_\_

	RRZN	TIB/UB	IANT	TNT	SG32B
<input type="checkbox"/> Hannover					

<input type="checkbox"/> Braunschweig					

Datum					
Wochentag	Mo	Di	Mi	Do	Fr

Anzahl der geführten (selbst gewählten) Gespräche (geschätzt)					
Anzahl der angenommenen Gespräche (geschätzt)					

Frage:

1. Wie ist die Sprachqualität?	Qualität wie gewohnt					Rückseite beachten
	Qualität besser als gewohnt					
	Qualität schlechter als gewohnt					

2. Sind alle Funktionen, die ich üblicherweise nutze, verfügbar?	Alle Funktionen wie gewohnt					Rückseite beachten
	Mehr Funktionen als gewohnt					
	Weniger Funktionen als gewohnt					

3. Wie ist die Verfügbarkeit?	Verfügbarkeit wie gewohnt					Rückseite beachten
	Verfügbarkeit besser als gewohnt					
	Verfügbarkeit schlechter als gewohnt					

**Bei Bedarf Kommentar zu:**

---

Frage 1:

---

Frage 2:

---

Frage 3:

## Hinweise zum Ausfüllen des Abfragebogens (Vorderseite)

Anzahl der geführten (selbst gewählten) Gespräche (geschätzt)

Es ist möglich, die Anzahl der gewählten **Rufnummern** eines Tages zu ermitteln:  
Achtung, nicht zustandegewordene Gespräche (bei besetzt) werden auch gezählt.

*Directories (Verzeichnis)/ 3 (Gewählte Rufnummern) mit Pfeiltaste nach unten scrollen, in der letzten Zeile des aktuellen Datums kann man am Zeilenanfang die Anzahl der gewählten Rufnummern ablesen.*

Man kann natürlich die Anzahl der geführten Gespräche auch durch Schätzen oder mit Hilfe einer Strichliste ermitteln.

Anzahl der angenommenen Gespräche (geschätzt)

Es ist möglich, die Anzahl der angenommenen Gespräche eines Tages zu ermitteln:

*Directories (Verzeichnis)/ 2 (Angenommene Gespräche) mit Pfeiltaste nach unten scrollen, in der letzten Zeile des aktuellen Datums kann man am Zeilenanfang die Anzahl der angenommenen Gespräche ablesen.*

Man kann natürlich die Anzahl der angenommenen Gespräche auch durch Schätzen oder mit Hilfe einer Strichliste ermitteln.

### Hinweise zum Ausfüllen der Fragen

Die Fragen 1 bis 3 sind als Gesamteindruck des Tages durch Ankreuzen zu beantworten.  
Einzelne deutliche Abweichungen sind auf der Rückseite kurz zu dokumentieren.  
Dies ist auch gewünscht bei "Qualität wie gewohnt".

Sollte auffallen, dass bei bestimmten Gesprächstypen (z.B. Handy- oder Externverbindungen) die Qualität systematisch abweichend zur gewohnten Gesprächsqualität ist, so ist dies bitte kurz auf der Rückseite zu dokumentieren.