

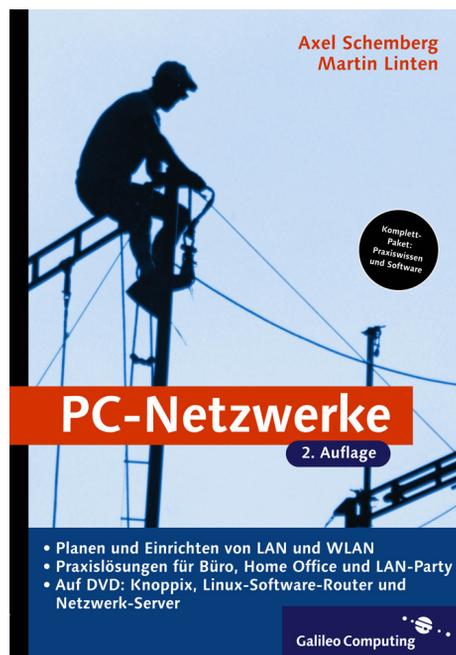


Galileo Computing

Voice over IP, IP- und Internet- Telefonie

Von Axel Schemberg und Martin Linten

Der Artikel befasst sich mit den technischen Grundlagen und der Praxis von Voice over IP und Internet-Telefonie. Axel Schemberg und Martin Linten sind die Autoren unseres Bestsellers »PC-Netzwerke«, ISBN 3-89842-496-0.



Inhalt

1	Einleitung	7
1.1	Entwicklung und Begriffsbestimmung	7
2	Grundlagen	11
2.1	Protokolle	11
2.1.1	H.323	11
2.1.2	Session Initiation Protocol	12
2.1.3	Inter Asterisk eXchange protocol	14
2.1.4	Media Gateway Control Protocol/Megaco H.248	15
2.2	Audio-Codecs	15
2.3	Rufnummernplan und Rufnummerhaushalt	17
2.4	Voraussetzungen im Netzwerk	18
2.4.1	Allgemeines	18
2.4.2	Quality of Service	20
2.4.3	Erreichbarkeit	22
3	Praxis	27
3.1	Skype: Einfacher geht es nicht	27
3.1.1	Allgemeines	27
3.1.2	Installation und Konfiguration	27
3.1.3	Skype benutzen	28
3.1.4	Technik	29
3.2	SIP-Provider im Internet	30
3.2.1	Allgemeines	30
3.2.2	sipgate, nikotel, sipsnip	31
3.2.3	web.de, freenet, GMX	33
3.3	Softphones für SIP	35
3.3.1	x-lite	36
3.3.2	SIPPS	37
3.3.3	Firefly	39
3.4	Asterisk* - die vollständige TK-Anlage	39
3.4.1	Einleitung	39
3.4.2	Funktionen	40
3.4.3	Einsatz	40

3.5	VoIP-Hardware	42
3.5.1	ATA (analoger Terminal Adapter)	42
3.5.2	IP-Phones	46
3.5.3	TK-Anlagen	53
3.5.4	Headsets	54

4 Glossar 57

5 Links 59

5.1	Projekte/Software	59
5.2	Information	59
5.3	Hersteller	60
5.4	Online-Shops (Produkte von Hersteller)	60
5.5	SIP Provider	61

1 Einleitung

Voice over IP, IP- und Internet-Telefonie sind neben Wireless-LAN die Top-Themen im Netzwerkbereich der letzten Jahre. Inzwischen sind die technischen Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz der neuen Technik geschaffen.

1.1 Entwicklung und Begriffsbestimmung

Schon sehr früh entdeckte man das Internet als Medium für das Telefonieren. Die ersten Schritte wurden schon kurz nach den ersten Boom-Jahren des Internets ab 1998 unternommen.

Exkurs

Microsoft erweiterte zu Zeiten des so genannten Browserkrieges – Netscape versus Internet-Explorer – seine Internet-Suite aus Internet-Explorer und Outlook-Express um ein weiteres Programm: Netmeeting

Bei Netmeeting konnte man einen Account mit einem kreativen Benutzernamen auf einem Microsoft-Server kreieren und war dann aus dem gesamten Internet erreichbar. Dabei konnte man sowohl chatten, als auch über ein Whiteboard Skizzen austauschen, Anwendungen freigeben oder eben auch telefonieren. Der damals gängige Telefonie-Standard war H.323.

Ein typischer Internetanschluss bestand aus einem PC mit Pentium II 200 MHz, 64 MB RAM, einer 16-Bit-Soundkarte und einem 33,6 kBit/s oder 56,7 kBit/s-Modem für die Verbindung ins Internet. Als Betriebssystem kam Windows 95 oder Windows 98 zum Einsatz. Vielleicht erinnern auch Sie sich noch an diese Zeit.

VoIP: Voice over IP bedeutet, dass Sprache über ein Datennetzwerk mit dem Internet-Protokoll übertragen wird. VoIP ist ein Oberbegriff.

IP-Telefonie: Marketingbegriff, der die VoIP-Fähigkeit von TK-Anlagen und die Fähigkeiten von Software-TK-Anlagen (engl. Soft-PBX) deutlich voneinander trennen soll. Beim Einsatz einer Soft-PBX spricht man von IP-Telefonie. Die internen Gespräche werden üblicherweise über das LAN oder den WAN-Verbund des Unternehmens übertragen. Externe Gespräche werden über Gateways an das Telekommunikations-Netz des Ortsnetzproviders übertragen.

Internet-Telefonie: Aus Kostengründen telefoniert man über das Internet, dabei nimmt man ggf. geringere Qualität oder umständlichere Bedienung in Kauf.

Dieses – aus heutiger Sicht nicht sehr leistungsstarke Hardware-Gespann – konnte man um ein billiges Headset für 10,- DM erweitern und die Internet-Telefonie ausprobieren.

Ich habe es damals exakt einmal probiert. Technisch war das schon interessant, doch die Sprachqualität war dermaßen schlecht, dass man ein Viertel des Gesprächs nicht verstehen konnte. Schuld daran war vor allem meine langsame 33,6 kBit/s-Modemverbindung. Denn zu lange Paketlaufzeiten führen dazu, dass Sprachpakete ignoriert werden und dann im Sprachstrom Lücken entstehen: Die Sprache klingt abgehackt und ist selbst mit viel Fantasie nicht mehr zu verstehen.

Damals sah man in Voice over IP (VoIP) sowohl für Privatanwender, als auch für Firmen riesiges Wachstumspotenzial. Es waren die Zeiten des Börsen-Hypes, in der jede Aktie am Neuen Markt am ersten Tag ihren Emissionspreis verdoppelte. Große Firmen wie Cisco Systems stiegen in das Geschäft um VoIP ein. Cisco kaufte die Firma Selsius auf und entwickelte deren Produkt, den CallManager, weiter.

Rückblickend lässt sich sagen, dass sich diese Prognosen nicht bewahrheitet haben. Dazu haben mehrere Gründe beigetragen:

- ▶ Liberalisierung der Telekommunikationsmärkte
- ▶ Sprachqualität/Datenbandbreite
- ▶ Technische Mängel
- ▶ Komplexe Bedienung

Die Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes brachte stark sinkende Gebühren für nationale und internationale Gespräche. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen für VoIP basierten aber auf höheren Gesprächsgebühren. Heute liegen diese von Deutschland in andere Wirtschaftsmetropolen auf dem Niveau von einem bis zwei Cent. Eine Gebühreneinheit kostete bei der Telekom damals sechs Cent, ein Gespräch in die USA bis zu 72 Cent/Minute. Heute ist ein solches Gespräch für zwei Cent zu bekommen. Es lohnt sich also nicht mehr ausschließlich wegen der Gesprächsgebühren, VoIP zu nutzen, wenn sich nicht noch weitere Vorteile ergeben.

Die Anbindung an das Internet war teuer. Flatrates gab es in Deutschland – vom skurrilen Versuch einer ISDN-Flatrate eines Erotik-Portals abgesehen – erst mit der großflächigen Einführung von DSL. Minutenpreise für den Internetzugang von einigen Cent heutzutage lassen VoIP ebenfalls schnell unwirtschaftlich werden.

Diejenigen, die eine feste Datenanbindung hatten, z. B. eine Anbindung von Firmenfilialen an die Hauptgeschäftsstelle, hatten entsprechend schmalbandige Datenleitungen (9,6 bis 64 kBit/s), die zusätzlichen Datentransfer nicht bewältigen konnten.

Ein Gespräch in ISDN-Qualität benötigt für reine Audio-Daten 64 kBit/s (8 Bit/s bei 8 kHz). Hinzu kommt der so genannte Protokoll-Overhead von UDP, IP und beispielsweise Ethernet. So werden leicht 80 kBit/s pro Gesprächsrichtung erreicht, die sich auf einer einzelnen ISDN-Verbindung nicht transportieren lassen.

Da die Datenmenge für UDP-, IP- und Ethernet-Protokolle nicht verringert werden kann, müssen – um Datenbandbreite zu sparen – die Audiodaten komprimiert werden. Dazu wurden relativ schnell einige Coder/Decoder (Codec) erfunden. Allerdings geht die Komprimierung deutlich zulasten der Sprachqualität. Heutige hochwertige Komprimierungen konnten nicht eingesetzt werden, weil sie zu rechenintensiv gewesen wären. Weitere Informationen zu Audio-Codecs finden Sie in Abschnitt 2.2, *Audio-Codecs*.

Die Anwendung Skype verwendet eine gute Komprimierung und lastet damit einen 2,4 GHz Pentium IV zu etwa 12 % aus. Ein lineares Verhältnis von Prozessorleistung und MHz-Zahl unterstellt, würden 12 % auf einem P4 2,4 GHz exakt 100 % auf einem PII 200 MHz entsprechen. Diese stehen aber nicht zur Verfügung. Eine ausführliche Darstellung von Skype finden Sie in Abschnitt 3.1, *Skype: Einfacher geht es nicht*.

Beispiel

Die in Europa gewohnte Leistungsvielfalt von modernen TK-Anlagen mit mehreren tausend Funktionen, konnte von VoIP nicht geboten werden. Das Kommunikationsprotokoll H.323 umfasste nur Grundfunktionen, wie sie auch an einem privaten Analog-Telefon zur Verfügung stehen. Besondere Leistungen, die in Unternehmen notwendig sind, wurden nicht abgedeckt.

Wenn keine speziellen Endgeräte (IP-Telefone) verwendet werden, ist es einigermaßen aufwändig, über das Internet zu telefonieren: Der Gesprächspartner muss ebenfalls im Internet sein und sein Telefonpro-

gramm gestartet haben, deshalb müssen sich beide zuvor abstimmen. Es ist viel leichter, mit dem normalen Telefon dort anzurufen.

Mit der Jahrtausendwende sprangen viele klassische TK-Anlagenhersteller auf den erst langsam anrollenden Zug VoIP auf. Es wurde erkennbar, dass die Integration des Sprachdienstes »Telefonie« in das Datennetz Vorteile bringt und Kosteneinsparungen möglich sind.

Firmenkunden Es zeigte sich, dass Unternehmen von VoIP profitieren konnten, wenn sie die Telefonie in großen Unternehmensnetzen betrieben und dass dies wirtschaftlich war, wenn moderne Funktionen wie Callcenter-Applikationen genutzt wurden.

Jeder TK-Anlagenhersteller hat ein proprietäres Kommunikationsprotokoll über das seine TK-Anlage mit seinen Telefonen kommuniziert. Die Fähigkeit VoIP wurde von den Herstellern so umgesetzt, dass die Übertragung dieses Kommunikationsprotokolls nicht mehr über 2-Draht-Verkabelung und ISDN erfolgt, sondern mittels IP-Paketen über LAN.

Der Nachteil eines proprietären Kommunikationsprotokolls ist aus Sicht der Kunden die Festlegung auf **einen** Hersteller für Telefone, TK-Anlage und Erweiterungen.

Heute kann jede aktuelle TK-Anlage mit VoIP-Fähigkeit, also einem LAN-Anschluss, ausgestattet werden. Telefone können an die TK-Anlage wahlweise über das LAN oder über bestehende 2-Draht-Telefonleitungen angebunden werden. Insbesondere auf dem amerikanischen Markt entwickelte sich eine Alternative zu den klassischen TK-Anlagen (engl. Private Branch eXchange, PBX), die so genannte Soft-PBX. Die Soft-PBX ist eine Anwendung, die auf einem Server mit einem Standard-Betriebssystem (Windows/UNIX) läuft und alle Aufgaben einer TK-Anlage erfüllt.

Heute sagen führende Beratungsunternehmen voraus, dass innerhalb der nächsten drei bis fünf Jahre 70 % der Unternehmen zur neuen Technik der Soft-PBXen wechseln werden. Neben Cisco haben auch Siemens oder Alcatel, die Großen der Branche auf dem deutschen Markt, solche Soft-PBXen im Produktportfolio. Auch das deutet darauf hin, dass der Weg für VoIP in den Unternehmen frei ist.

Privatkunden Wie sieht es für den Privatanwender aus? – Dank Flatrates, DSL und schnellen PCs ist die Internet-Telefonie zurückgekehrt. Zurzeit gibt es zwei interessante Entwicklungen: SIP und Skype. Zunehmend nutzen Anwender die Internet-Telefonie als kostenloses Anhängsel einer Flatrate.

2 Grundlagen

Dieser Abschnitt bringt Ihnen die Grundlagen für VoIP näher, so dass Sie die verschiedenen Techniken besser verstehen und einschätzen können.

2.1 Protokolle

Damit zwei Kommunikationspartner miteinander telefonieren können ist es erforderlich, dass beide Telefonanwendungen die gleiche »Sprache« sprechen.

Bei VoIP unterscheidet man zwischen zwei notwendigen Schritten der Kommunikation:

- ▶ Gesprächsaufbau und
- ▶ Sprachübertragung.

Beim **Gesprächsaufbau** werden neben dem Austausch der IP-Adressen und UDP-Ports auch die Fähigkeiten beider Partner festgestellt und übermittelt, beispielsweise, welche Audio-Codecs von beiden Partnern unterstützt werden. Typische Vertreter sind H.323 und SIP.

Die **Sprachübertragung** findet mittels RTP (RealTimeProtocol) statt, das über UDP-Pakete – also nicht über eine aufwändige TCP-Verbindung – transportiert wird. Wie die Sprache verpackt ist, bestimmt der Codec (Coder/Decoder, dt. Kodierer/Dekodierer). Verallgemeinernd wird nicht von Sprache, sondern von Audiodaten gesprochen.

2.1.1 H.323

Das Protokoll H.323 ist der Klassiker der Datentelefonie. Dabei handelt es sich bei H.323 nicht um einen einzelnen Standard, sondern um eine Sammlung von 16 Standards, die sich mit dem Verbindungsaufbau von Sprach- und Videokommunikation über Datennetze beschäftigen. Sie beinhaltet zusätzlich Audio-Codecs für die Kodierung der Sprache in Datenpaketen. H.323 orientiert sich sehr stark an der ISDN-Welt der Telefonie und bildet diese auf die Datenwelt ab.

Einer der Nachteile von H.323 ist, dass der Standard an einigen Punkten nicht genau genug definiert, wie eine Lösung umzusetzen ist und somit verschiedene, inkompatible Umsetzungen existieren. Teilweise haben Hersteller auch eigene Erweiterungen verwendet, die im Zusam-

Beispiel mit Lösungen anderer Hersteller nicht korrekt funktionieren. Deshalb geht man heute davon aus, dass H.323 in Zukunft eine untergeordnete Rolle spielen wird.

H.323 Komponenten Beim H.323 gibt es folgende logische Komponenten, die für die Kommunikation verwendet werden:

- ▶ Terminal
- ▶ Multipoint Controller Unit (MCU)
- ▶ Gateway
- ▶ Gatekeeper

Dabei ist das **Terminal** ein Endgerät im klassischen Sinn, also das Daten-Telefon, oftmals ein Programm auf dem PC. Zwei Terminals können direkt über IP-Adressen miteinander kommunizieren. Optional können Sie auf eine der anderen Komponenten zurückgreifen.

Die **MCU** wird benötigt, wenn man z. B. eine Dreier-Konferenz machen möchte, der Datenstrom also nicht nur zwischen zwei Empfängern (Punkt-zu-Punkt), sondern zu mehreren Empfängern (Punkt-zu-Multipunkt) übertragen wird. Die Verwendung eines **Gateways** ist nur notwendig, wenn eine Umsetzung in einen anderen Standard als H.323 stattfinden soll, beispielsweise die Weiterleitung in das öffentliche ISDN-Netz. Sie benötigen dann ein H.323-ISDN-Gateway, das üblicherweise ebenfalls eine Software auf einem PC mit ISDN-Karte ist. Ein weiterer Anwendungsfall ist ein Gespräch zwischen H.323 und SIP.

Größere Installationen benötigen mehr Steuerung, also Authentifizierung und Autorisierung. Diese Funktion kann ein **Gatekeeper** wahrnehmen. Er ist eine Art Soft-PBX und kommt in seiner Funktion der Zentraleinheit einer TK-Anlage am nächsten.

2.1.2 Session Initiation Protocol

Der aktuelle Erfolg vieler Internet-Telefonie-Angebote basiert auf dem Session Initiation Protocol (kurz: SIP). SIP wurde für den Verbindungsaufbau im Internet entwickelt und ist im Gegensatz zu H.323 einfach aufgebaut. Alle Steuerungsinformationen werden als ASCII-Text ausgetauscht.

Im Folgenden sehen Sie eine SIP-Nachricht aus dem SIP-Log eines Softphones:

Listing 2.1 Registrierungsversuch im SIP-Log

```

SEND >> 192.168.1.222:5060
REGISTER sip:192.168.1.222 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 192.168.1.10:5060;rport;
branch=z9hG4bKA43D3F92CF39445BA5B519A6AA70D369
From: asterisk <sip:10@192.168.1.222>
To: asterisk <sip:10@192.168.1.222>
Contact: ästerisk" <sip:10@192.168.1.10:5060>
Call-ID: FE79D6AF9A0C4D688AB1184EAE5BBE80@192.168.1.222
CSeq: 41430 REGISTER
Expires: 1800
Max-Forwards: 70
User-Agent: X-Lite build 1101
Content-Length: 0

```

Wie Sie sehen, wird eine SIP-Anfrage zur IP-Adresse 192.168.1.222 gesendet, dies ist ein Linux-Server in meinem LAN, der mittels Asterisk SIP bereitstellt (Fachbegriff: *Registrar*). Die zweite Zeile zeigt, dass sich das Softphone am Asterisk-Server registrieren will: REGISTER. Dass SIP aus der Entwicklung des Internets stammt, erkennen Sie auch daran, dass die SIP-Adressen den E-Mail-Adressen sehr ähnlich sind:

SIP:axel.schemberg@pcnetzwerke.de

SIP definiert verschiedene Funktionen:

SIP Bestandteile

- ▶ User Agent
- ▶ Registrar-Server
- ▶ Proxy-Server
- ▶ Redirect-Server

Der **User Agent** entspricht dem Telefon und ist in der Praxis beispielsweise ein Softphone. Man spricht von einem **User Agent Client**, wenn der User Agent ein ausgehendes Gespräch aufbaut und von **User Agent Server**, wenn über einen eingehenden Anruf informiert wird.

Zwei User Agents können über IP-Adressen direkt eine Verbindung zueinander aufnehmen. Allerdings ist dies ein aufwändiges Verfahren, denn schließlich müssten Sie zunächst die – dynamisch wechselnde – IP-Adresse Ihres Kommunikationspartners ermitteln. Daher melden sich die User Agents üblicherweise bei einem **Registrar-Server** an, wie Sie es in der SIP-Meldung (siehe Listing 2.1) sehen können. Der Asterisk-

Server (192.168.1.222) ist der Registrar-Server für die die SIP-Domäne »192.168.1.222«.

Bekommt der Registrar-Server eine Verbindungsanfrage für seine SIP-Domäne, so ermittelt er aus seinem so genannten **Location Service** die IP-Adresse des entsprechenden User Agents und leitet die Anfrage an diesen User Agent weiter.

Der **SIP-Proxy**, wie er im SIP-Protokoll gemeint ist, greift auf die Informationen des Location Service zurück, wenn er eine Verbindungsanfrage für seine Domäne bekommt. Er ermittelt so die IP-Adresse eines angemeldeten User Agents. Anders als der Registrar-Server begleitet er den Verbindungsaufbau bis zum Schluss und kann daher bestimmte Teile der Nachrichten umschreiben, falls dies erforderlich ist. Wenn der gewünschte User Agent z. B. nicht zu der Domäne des Proxys gehört, kann er die Anfrage an den zuständigen Proxy weiterreichen.

Zur Entlastung der SIP-Proxys wurde der **Redirect-Server** eingerichtet. Er kann Anfragen von SIP- zu IP-Adresse auflösen und liefert einem anfragenden User Agent die IP-Adresse zurück.

Exkurs SIP kann nicht allein arbeiten und ist auch nicht auf Telefonie fixiert. Es kann ebenso für den Verbindungsaufbau von Multimedia, E-Learning oder Computerspielen verwendet werden. Die Aushandlung von Audio-Codecs und den verwendeten Transportprotokollen (UDP, TCP, SCTP) geschieht über das **Session Description Protocol** (SDP).

2.1.3 Inter Asterisk eXchange protocol

Im Gegensatz zu den anderen, oben erwähnten Protokollen ist IAX kein standardisiertes Protokoll. Es wurde von Mitgliedern des Asterisk-Projekts erfunden, weil die existierenden Protokolle die Fähigkeiten von Asterisk nur unzureichend unterstützen. Im Gegensatz zu den bereits vorgestellten Protokollen trennt IAX nicht die Funktionen für die Steuerung (z. B. SIP/SDP) und den Audiodatenstrom (z. B. RTP), sondern nimmt beide Aufgaben wahr.

IAX existiert in der Version 2, alle Aussagen beziehen sich auf diese Version.

Die Vorteile von IAX gegenüber anderen Protokollen sind:

- ▶ Gute NAT-Fähigkeit, weil nur der UDP-Port 4596 verwendet wird
- ▶ Geringer Anteil an Steuerungsinformationen und damit guter Nutzdachdurchsatz

- ▶ Authentisierungsmöglichkeiten (z. B. Unterstützung einer Public Key Infrastruktur, PKI) und somit sichere Verbindungen
- ▶ Übermittlung von Video, Bildern, Text und HTML
- ▶ Statistikinformationen über die Qualität der Netzwerkverbindung
- ▶ Bis zu 32768 Verbindungen über einen IAX-Kanal

Eine ausführliche, englische Darstellung von IAX finden Sie unter <http://www.cornfed.com/iax.pdf> oder unter <http://archiv.tu-chemnitz.de/pub/2004/0008/data/asterisk.pdf> (deutsch).

2.1.4 Media Gateway Control Protocol/Megaco H.248

MGCP wurde von Megaco abgelöst, beide Begriffe werden teilweise synonym verwendet, weil beide Protokolle – es handelt sich im Prinzip um unterschiedliche Versionen – funktionsgleich sind.

Exkurs

Megaco/H.248 ermöglicht die Steuerung von Gateways durch einen Server. Das vereinfacht die notwendigen Fähigkeiten und die notwendige Konfiguration auf dem Gateway. Es ist mit MGCP auch möglich, dass MGCP-Clients direkt miteinander kommunizieren (Peer-to-Peer Interoperabilität) oder IP-Telefon-Clients im Master-Slave-Modus zu betreiben.

Megaco/H.248 erweitert die Protokolle H.323 und SIP um die oben genannten Funktionen.

Ausführliche Informationen zu MGCP finden Sie unter: <http://en.wikipedia.org/wiki/MGCP>.

2.2 Audio-Codecs

Ein Kodierer setzt Audiodaten in Datenpakete um. Der Dekodierer empfängt die Datenpakete und wandelt sie zurück in Audiodaten. Beim Kodieren können die Audiodaten komprimiert und/oder verschlüsselt werden, müssen sie aber nicht. Wichtig ist nur, dass der Dekodierer korrespondierende Fähigkeiten hat.

Die Qualität, die ein Audio-Codec erreicht, wird in einem MOS (Mean Opinion Score, dt. durchschnittlicher Meinungswert) ausgedrückt. Es wurde anhand von repräsentativen Gruppen ermittelt, wie nahe der eingesetzte Codec der menschlichen Sprache im Original kommt. Dabei bedeutet ein Wert von eins schlechte und ein Wert von fünf eine exzellente Qualität.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht über gängige Audio-Codex und deren Eigenschaften.

Name	kBit/s (netto)	MOS	math. Verzögerung	Qualität
G.711	64	4,4	0,125 ms	gut
G.722	64	4,5	0,125 ms	sehr gut
G.723	5,3/6,3	3,8/3,9	30 ms	befriedigend
G.726	24/32	-/3,85	0,125	befriedigend
G.728	16	3,61	0,625	ausreichend
G.729	8	3,92	10 ms	gut
GSM	4-21	3,8	20 ms	befriedigend
iLBC	14,4	4	30 ms	gut
iSAC	30-60	> 4	33-63 ms	sehr gut
Speex	2,15 - 44,2	> 4	30-34 ms	sehr gut

Tabelle 2.1 Audio-Codex im Vergleich

Der Codec **G.711** entspricht der ISDN-Kodierung und arbeitet ohne Komprimierung. Der reine Sprachdatenanteil beträgt:

$$8 \text{ kHz} * 8 \text{ Bit} = 64 \text{ kBit/s}$$

Zu diesen 64 kBit/s kommen Protokollinformationen für RTP, UDP, IP, Ethernet, so dass das Datenvolumen auf etwa 80 bis 90 kBit/s wächst. Offensichtlich ist damit eine saubere Übertragung von Sprachdaten über eine ISDN-Einwahl (64 kBit/s) oder gar über ein Modem (Upload = 33,6 kBit/s) nicht möglich. Für diesen Fall muss auf einen komprimierenden Audio-Codec zurückgegriffen werden. Kommerzielle Lösungen verwenden den **G.729-Audio-Codec**, der gute Sprachqualität bei guter Komprimierung ermöglicht. Leider ist dieser Audio-Codec kostenpflichtig, so dass er bei der Internet-Telefonie selten zum Einsatz kommt. Dort wird beispielsweise der **GSM-Audio-Codec** verwendet, dessen Sprachqualität hörbar schlechter ist. Alternativen sind **iLBC** oder **Speex**. Beide sind ebenfalls kostenfrei und bieten trotz Komprimierung eine gute Sprachqualität, wobei Speex eine variable Bitrate hat und somit der verfügbaren Bandbreite angepasst werden kann.

Moderne Entwicklungen sind neben Speex der **iLBC-** oder der **iSAC-Audio-Codec**. Beide bieten gute bis sehr gute Sprachqualität.

2.3 Rufnummernplan und Rufnummerhaushalt

Eine zentrale Frage der Telefonie ist der Rufnummernhaushalt. Diese Frage ist für Sie dann relevant, wenn Sie einen Anlagen-Anschluss haben und Ihre Durchwahlen über eine TK-Anlage verwalten oder nur eine Rufnummer besitzen, aber z. B. mit Asterisk eine TK-Anlage betreiben, um kostenlose interne Gespräche führen zu können. Das Gegenteil des Anlagenanschlusses ist der Mehrgeräteanschluss (bei ISDN), es werden bis zu zehn so genannte MSNs beliebig an Telefonendgeräte vergeben.

Es haben sich in Europa Durchwahlpläne durchgesetzt, der Aufbau einer Rufnummer ist:

<Internationale-Vorwahl> <Ortsnetz> <Kopfnummer>
<Durchwahl>

Herr Dörr bei der deutschen Regulierungsbehörde für Telekommunikation (RegTP) und Post in Bonn – laut Impressum verantwortlich für deren Internetauftritt – hat die Rufnummer:

Beispiel

0049 228 14 9921

Dabei steht

- ▶ 0049 für die Internationale-Vorwahl, hier Deutschland
- ▶ 228 für das Ortsnetz Bonn (5200 Ortsnetze in Deutschland)
- ▶ 14 für die Kopfnummer/Rufnummer der RegTP
- ▶ 9921 für die vierstellige Durchwahl von Herrn Dörr.

Damit eine Firma international – also wirklich aus jedem Land dieser Welt – erreichbar ist, darf die Rufnummer nicht mehr als 15-stellig sein. Das obige Beispiel verbraucht lediglich 13 Stellen. Insbesondere in Großstädten sind kurze Kopfnummern knapp, diese sind aber erforderlich, um mehr als 999 Nebenstellen per Durchwahl erreichbar zu machen. Wenn ein Unternehmen eine neue Rufnummer mit Durchwahlen (Fachbegriff: Rufnummernblock) benötigt, muss diese bei der RegTP beantragt werden, dafür wird der Bedarf an Durchwahlen ermittelt.

Exkurs

Wichtigste Grundregel bei der Telefonie ist das Prinzip des Best Match. Wenn also eine Ziffernfolge auf eine konfigurierte Rufnummer passt, dann wird diese Rufnummer auch verwendet.

Ein Beispiel: Sie haben dreistellige Durchwahlen definiert, als z. B. -123. Als Kennzeichnung für externe ISDN-Gespräche verwenden Sie die Ziffer 0 (Amtsholung).

Beispiel

- ▶ Sie richten die Durchwahl -112 in Ihrer TK-Anlage ein. Um die Feuerwehr oder den Notruf erreichen zu können, muss jetzt zwangsweise 0 112 gewählt werden. Wenn ein Benutzer 112 wählt, also ohne Amtsholung, dann telefoniert er mit dem Inhaber der -112.
- ▶ Sie kommen auf die Idee, Ihrer Telefonzentrale für hausinterne Anrufe die Durchwahl 1 zu geben. Die Durchwahl 112 kann nicht erreicht werden, weil alle Gespräche, die mit 1 beginnen – Best Match – zur Telefonzentrale geleitet werden.

Vorsicht Falle Ein Rufnummernplan mit mehreren hundert Nebenstellen ist einigermaßen komplex und es geschieht leicht, dass sich überschneidende Durchwahlen verwendet werden. Eine Liste mit allen Durchwahlen ist die einzige Möglichkeit, den Überblick zu behalten.

2.4 Voraussetzungen im Netzwerk

2.4.1 Allgemeines

Wenn Sie VoIP im Netzwerk betreiben wollen, so handelt es sich um eine anspruchsvolle Anwendung. Da Telefonie eine Echtzeitanwendung ist, die auf fullduplex, also gleichzeitiges Sprechen und Hören ausgelegt ist, sind die folgenden Voraussetzungen im Netzwerk zu beachten:

VoIP funktioniert nur, wenn Sie einen Switch statt eines Hub verwenden. Ein Hub bietet nur halfduplex – CSMA/CD-Verfahren – und daher können Sie wie bei einem Walkie-Talkie entweder nur hören oder nur sprechen. Da Switches für den Heimbereich inzwischen günstiger sind als Hubs, empfehle ich den ausschließlichen Einsatz von Switches.

Hinsichtlich der Verzögerung (engl. Delay), der Laufzeitschwankung (engl. Jitter) und des Paketverlustes (engl. Packet loss) gibt es Empfehlungen:

- ▶ Delay < 150ms für einen Weg (nicht Round-Trip-Time, RTT!)
- ▶ Jitter < 30ms
- ▶ Packet loss < 1 %

Üblicherweise werden diese Werte im LAN erfüllt, daher sollte es kein Problem sein, innerhalb des LAN zu telefonieren.

Wenn Sie allerdings planen, über das Internet zu telefonieren, dann sieht die Sache schon anders aus. Die durchschnittliche **Verzögerung** einer DSL-Verbindung beträgt auf einem Weg – halbe PING-Zeit – etwa 30 ms, wenn kein Fastpath aktiviert ist. Allerdings kommen noch weite-

re Verzögerungen, z. B. das Erzeugen eines Datenpaketes im richtigen Audio-Codec, Verschlüsselung oder Komprimierung dazu.

Die Beratungsfirma ComConsult verwendet das folgende Schema mit mutmaßlichen Werten:

Komponenten	Delay in ms	z. B.
DSL (Audio-Codec)	10	10
Paketierung	15	15
Verschlüsselung (VPN, IPSec)	15	–
LAN	10	10
Reserver für externe Netze	max. 55	30
Entschlüsselung	15	–
Empfangspuffer	20	20
Dekodierung	10	10
Summe	150	95

Tabelle 2.2 Delay-Budget für VoIP von 150ms.

Wenn Sie die obige Tabelle mit den Werten für eine DSL-Verbindung ohne Verschlüsselung durchrechnen, dann kommen Sie auf eine Verzögerung von 95 ms.

Beispiel

Echtzeitkommunikation macht es erforderlich, dass Sprachpakete regelmäßig ankommen. Damit nicht ein einzelnes verlorenes Paket schon Probleme verursacht, wird ein kleiner Teil der Sprachpakete zwischengespeichert (engl. Buffer).

Dieser Puffer gleicht Laufzeitschwankungen (engl.: Jitter) aus und heißt daher Jitter-Buffer. Je größer man den Jitter-Buffer einstellt, desto größer wird die Verzögerung. Ein großer Jitter-Buffer wirkt, weil er Pakete ja zwischenspeichert und damit verzögert, einer kurzen Laufzeit entgegen. Üblich ist ein Jitter-Buffer von 8 bis 16 ms.

Pakete, die außerhalb der für den Audio-Codec erforderlichen Zeitspanne eintreffen, werden verworfen.

Es bleibt als drittes Kriterium die **Paketverlustrate**. Oft wird eine Paketverlustrate von weniger als einem Prozent gefordert. Das ist meiner Meinung nach nicht ganz korrekt. Es kommt dabei auf den verwendeten Audio-Codec an. Diese sind unterschiedlich robust. Tendenziell ist ein

komprimierter Audio-Codec anfälliger für schlechte Qualität bei Paketverlust, weil in einem Datenpaket mehr Audio-Informationen enthalten ist als es bei nicht komprimierten Audio-Information ist. Fallen Pakete weg, ist die Lücke hörbar.

2.4.2 Quality of Service

Ethernet, IP und TCP/UDP sehen keine Dienstgüte vor – anders als beispielsweise ATM – und daher kann eine konstante Bandbreite nicht garantiert werden. Dieser Nachteil der Technologien Ethernet, IP und TCP/UDP soll durch Quality of Service (kurz: QoS) ausgeglichen werden.

QoS ist Mangelverwaltung! Nehmen wir an, Sie haben nicht ausreichend Bandbreite zur Verfügung. Wegen der Laufzeiten können nicht alle Anwendungen zufriedenstellend arbeiten. Um dieses Problem zu lösen, kann man die vorhandene Bandbreite aufteilen und feste Teile bestimmten Anwendungen zuweisen.

Beispiel Ein relativ einfacher Mechanismus sind Prioritätsklassen mit Warteschlangen. Sie definieren zwei Klassen von Daten: »Sprache« und »Anderes«. Immer wenn ein Paket der Klasse »Sprache« in der Warteschlange ist, wird es sofort transportiert. Anders ausgedrückt, nur wenn die Bandbreite nicht durch »Sprache« belegt ist, wird »Anderes« übertragen.

Aber wie werden nun Prioritätsklassen definiert?

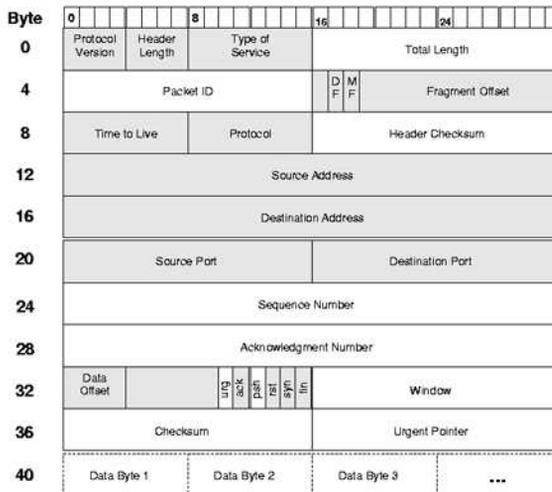


Abbildung 2.1 IP-Protokoll-Kopf; Quelle: Linux-Magazin

Im Protokoll-Kopf, den Steuerungsinformationen des IP-Paketes, gibt es einen »Type of Service«, TOS. Das TOS-Byte (vgl. Abbildung 2.1, erste Zeile, Bit 8 bis 15 und Abbildung 2.2) kann mit unterschiedlichen Informationen gefüllt werden, die acht¹ unterschiedliche Qualitätsstufen erzeugen können.

Inzwischen wird das Byte in professionellen Netzwerken zusammenhängend genutzt und bietet 64 Möglichkeiten per Differentiated Services Codepoint (kurz: DSCP, RFC 2474 + 2475), eine Priorisierung vorzunehmen.

Exkurs

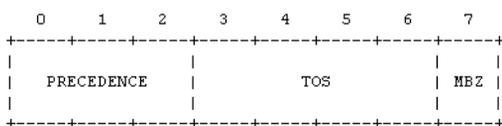


Abbildung 2.2 Einzelne Teile des TOS-Bytes (8 Bit)

Eine genaue Beschreibung des TOS-Byte finden Sie im RFC-1349 (<ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc1349.txt>).

Wichtig ist, dass das TOS-Byte von Netzwerkkomponenten ausgewertet und berücksichtigt werden kann. Üblicherweise priorisieren sich Anwendungen auf dem PC oder auf einem IP-Telefon selbst. Wenn Sie mit einem SIP-Client telefonieren, wird der Datenstrom automatisch als bevorzugt markiert.

Wie wirkt sich QoS aus? Nun, wenn Ihr Router QoS beherrscht, so transportiert er bevorzugt priorisierten Datenverkehr in das oder aus dem Internet. Bisher ist die Fähigkeit QoS allerdings noch nicht sehr ausgeprägt. Nur wenige Router beherrschen QoS. Mein WL500g von Asus beispielweise beherrscht mit einer angepassten Firmware (<http://forum.chu-pa.nl>) QoS. Ebenso ist es bei den WRTG-Routern (<http://openwrt.org>) von Linksys.

Praxis

Alternativ bietet sich ein PC basierter FLI4L-Router (<http://www.fli4l.de>) an, der mit Hilfe des Paketes OPT_QoS ebenfalls QoS beherrscht. Wichtig ist QoS vor allem beim Upload. Der Upload ist beim ADSL das Nadelöhr und liegt zurzeit üblicherweise bei 128 kBit/s. Wenn ein größerer Upload in das Internet stattfindet, wird die Sprachqualität – G.711-kodiert belegt ein Gespräch cirka 80 kBits im Upload – erheblich darunter leiden.

Wenn Sie T-DSL mit 1.024/128 kBit/s einsetzen, können Sie ohne Kom-

Warnung

¹ Acht Klassen über Precedence und fünf Klassen über TOS, eigentlich also 13.

primierung, also mit einem G.711-Codec, lediglich ein Gespräch führen!

2.4.3 Erreichbarkeit

Die Kommunikation zwischen zwei Telefonen im gleichen LAN ist relativ einfach.

Schwieriger ist es, aus dem Internet erreichbar zu sein und in das Internet telefonieren zu können. Der Grund dafür liegt in zwei Techniken, ohne die kaum jemand im Internet surft: **NAT** und **Firewall**.

NAT steht für Network Address Translation. NAT macht es möglich, mit mehreren PCs im Internet zu surfen, auch wenn Sie nur über eine IP-Adresse verfügen. Erläuterungen zu NAT finden Sie in unserem Buch »PC-Netzwerke« ab Seite 81 oder unter http://de.wikipedia.org/wiki/Network_Address_Translation.

Eine **Firewall** filtert Datenpakete anhand bestimmter Kriterien und lässt die Pakete in das LAN/das Internet oder blockiert sie. Es gibt verschiedene Arten von Firewalls, die diese Aufgabe unterschiedlich aufwändig erledigen. Weitere Informationen finden Sie in unserem Buch ab Seite 291 oder unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Firewall>.

SIP-Probleme Im Gegensatz zu vielen anderen Anwendungen möchten Sie bei der Internet-Telefonie immer erreichbar sein und zwar auch von Kommunikationspartnern, deren IP-Adresse Sie noch gar nicht kennen. Aufgrund von NAT ist ein PC in Ihrem LAN jedoch nicht eindeutig adressierbar. Ein spezieller NAT-Eintrag existiert ebenfalls nicht, so dass man Sie nicht anrufen kann. Hinzu kommt, dass ein SIP-Client beim Informationsaustausch mit einem anderen Client oder beispielsweise einem Registrar-Server die lokale IP-Adresse und den Standard SIP-Port 5060 verwendet. Diese Adresse ist jedoch – das ist der Sinn von privaten IP-Adressen – aus dem Internet nicht erreichbar. Der SIP-Client kennt aber auch nicht die offizielle IP-Adresse Ihres NAT-Routers.

Beispiel Sie haben ein IP-Telefon in Ihrem lokalen LAN mit der privaten IP-Adresse 192.168.0.50. Im Internet haben Sie bei einem SIP-Provider einen Account: hugo@sipgate.de. Wenn Sie dem IP-Telefon den SIP-Registrar-Server *regtrar.sipgate.de* zuordnen, registriert² das Telefon sich mit seiner privaten, nicht aus dem Internet erreichbaren IP-Adresse (192.168.0.50).

2 Die Registrierung ist nicht erfolgreich, weil die Antworten des Servers Sie nicht erreichen können.

Die Folge: Niemand kann Sie anrufen, wenn er diese Verbindungsinformation vom Registrar-Server bekommt.

Es gibt einige Lösungen für das NAT-Problem:

Lösungen

- ▶ STUN
- ▶ TURN
- ▶ ICE
- ▶ Application Level SIP Gateway
- ▶ UPnP
- ▶ manuelle NAT-Einträge

Die einfachste Lösung ist **STUN**, Simple Traversal of UDP through NAT. Bei STUN handelt es sich um ein in RFC 3489 spezifiziertes Verfahren, bei dem der STUN-Client – Ihr SIP-Telefon – vor seiner Registrierung beim Registrar-Server Kontakt zu dem angegebenen STUN-Server im Internet aufnimmt, indem er zum STUN-Server Datenpakete sendet. Der STUN-Server empfängt Datenpakete mit einer offiziellen Absender-IP-Adresse und mit einem bestimmten Quell-UDP-Port. Er schickt Antworten an diese Adresse und diesen Port. Über weitere Pakete, in denen der STUN-Client beispielsweise den STUN-Server veranlasst, dessen Absender-IP-Adresse und/oder dessen Absender-UDP-Port zu wechseln. Ziel dieses Vorgehens ist es, herauszufinden, ob überhaupt und wenn ja, welches NAT eingesetzt wird.

Haben der STUN-Server und der STUN-Client endgültig herausgefunden, welches NAT zum Einsatz kommt und wie der STUN-Client aus dem Internet erreichbar ist (vgl. Abbildung 2.3), kommt die SIP-Registrierung. Der SIP-Client – er ist identisch mit dem STUN-Client – verwendet die beim STUN-Verfahren gewonnenen Informationen (offizielle IP-Adresse, UDP-Port) und registriert sich beim SIP-Registrar.

```

Simple Traversal of UDP Through NAT
  Message Type: Binding Response (0x0101)
  Message Length: 0x0024
  Message Transaction ID: 4A8500C5AA595243B2951AC04B70D093
  Attributes
    Attribute Type: MAPPED-ADDRESS (0x0001)
    Attribute Length: 8
    Protocol Family: IPv4 (0x0001)
    Port: 47359
    IP: 80.132.201.236 (80.132.201.236)
    Attribute Type: SOURCE-ADDRESS (0x0004)
    Attribute Length: 8
    Protocol Family: IPv4 (0x0001)
    Port: 3478
  
```

Abbildung 2.3 STUN Antwort enthält u.a. die offizielle IP-Adresse

Durch den Datenverkehr mit dem STUN-Server hat der Router dynamische NAT-Einträge und das SIP-Telefon ist erreichbar. Weil die dynamischen NAT-Einträge nach einer bestimmten Zeit verfallen würden, tauscht der STUN-Client in bestimmten Zeitabständen Daten mit dem STUN-Server aus, um den Eintrag gültig zu halten. Mit der SIP-Kommunikation hat der STUN-Server nichts zu tun.

offizieller UDP-Port	offizielle IP-Adresse	privater UDP-Port	private IP-Adresse
47359	80.132.201.236	47359	192.168.1.10

Tabelle 2.3 Einfacher NAT-Eintrag zur Abbildung 2.3



STUN funktioniert nur, wenn der NAT-Eintrag nicht an der Quell-IP-Adresse und dem Quell-UDP-Port aus dem Internet festgemacht wird, wie beim symmetrischen NAT:

Server-IP	Server-UDP-Port	offizieller Client-UDP-Port	offizielle Client-IP	priv. UDP-Port	priv. IP-Adresse
217.72.200.85	3478	47359	80.132.201.236	47359	192.168.1.10

Tabelle 2.4 Symmetrischer NAT-Eintrag zur Abbildung 2.3

Bei DSL-Routern wird üblicherweise ein einfaches NAT eingesetzt, welches weniger Sicherheit bietet, als das symmetrische NAT, welches daher häufiger bei Unternehmen eingesetzt wird.

Exkurs Wenn Sie eine komplexere Netzwerkumgebung haben, wird es z. B. aufgrund von Firewall-Regeln oder symmetrischem NAT nicht möglich sein, mit Hilfe eines STUN-Servers einen SIP-Client im Internet erreichbar zu machen. Die Lösung kann **TURN**, Traversal Using Relay NAT, heißen. Ein TURN-Server weist dem SIP-Client, der auch TURN-Client ist, eine offizielle IP-Adresse und einen UDP-Port zu. Im Gegensatz zu STUN wird also nicht mit Ausprobieren gearbeitet, sondern mit direkten Anfragen. Der Gesprächsdatenstrom läuft zwischen TURN-Client und TURN-Server. Der TURN-Server leitet die Pakete ins Internet weiter (engl. Relay, dt. Relais-Station). Weil alle Pakete durch den TURN-Server laufen, wird dessen CPU belastet. Ein TURN-Server wird üblicherweise nur in Unternehmensnetzwerken bereitgestellt.

Mit dem Verfahren **ICE** (Interactive Connectivity Establishment) kann ein Client das günstigste Verfahren herausfinden. Ist STUN erfolgreich, wird das einfache STUN verwendet. Muss dagegen TURN angewendet werden, verwendet der Client das aufwendige TURN.

Auch ein **Application Layer Gateway** (kurz ALG) für SIP werden Sie nur bei großen Unternehmen finden, die viele hundert Clients haben.

Es handelt sich um eine Erweiterung des NAT-Routers/der Firewall, die auf SIP-Ebene – ISO-OSI-Schicht 7 – Nachrichten interpretieren und umschreiben kann.

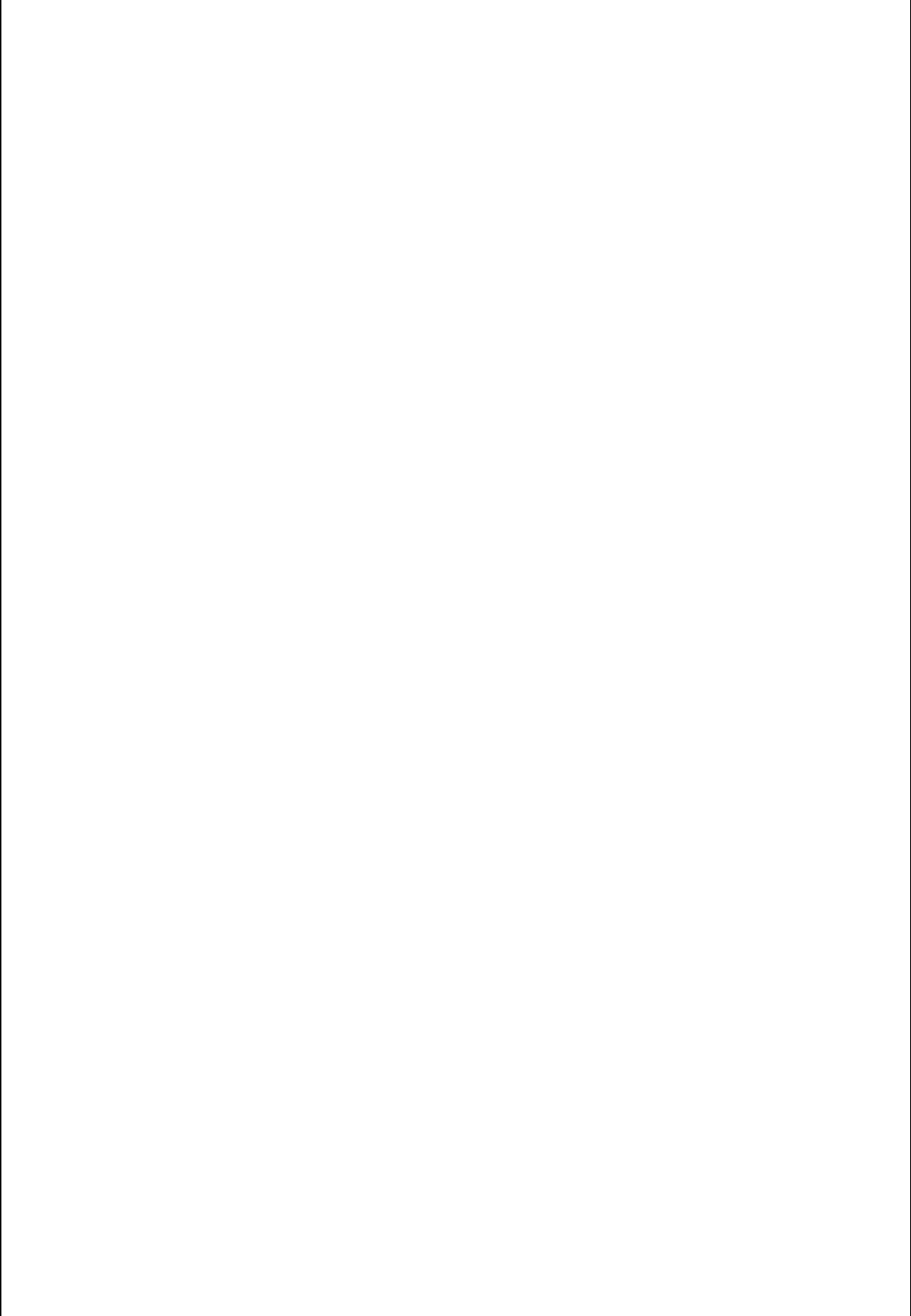
UPnP, Universal Plug and Play, wird in unserem Buch »PC-Netzwerke« ab Seite 97 erklärt, im Internet finden Sie beispielsweise unter <http://de.wikipedia.org/wiki/UPnP> eine Erläuterung. Der SIP-Client und der NAT-Router müssen UPnP unterstützen, damit es für SIP funktioniert.

Bei fast jedem Router können Sie **manuelle NAT-Einträge** einfügen. Bei den DSL-Routern heißt der Einstiegspunkt für die Konfiguration meist Virtual Server.

Ohne den Einsatz einer der oben genannten Techniken zur Umgehung von NAT werden Sie es nicht schaffen aus dem Internet mit Ihrem SIP-Telefon³ erreichbar zu sein. Wenn Sie SIP in einer privaten Umgebung oder einer kleineren Büroumgebung einsetzen wollen, achten Sie darauf, dass STUN unterstützt wird. Es ist die einfachste Möglichkeit, erreichbar zu sein.

Hinweis

³ Es gilt allgemein für SIP-Clients, also auch für SIP-Software auf dem PC.



3 Praxis

In diesem Kapitel werden Ihnen Software- und Hardware-Lösungen vorgestellt, mit denen Sie in VoIP einsteigen können.

3.1 Skype: Einfacher geht es nicht

3.1.1 Allgemeines

Sie wollen einfache und kostenlose Internet-Telefonie mit guter Sprachqualität? Einfacher als mit Skype (<http://www.skype.com>) können Sie es zurzeit nicht treffen.

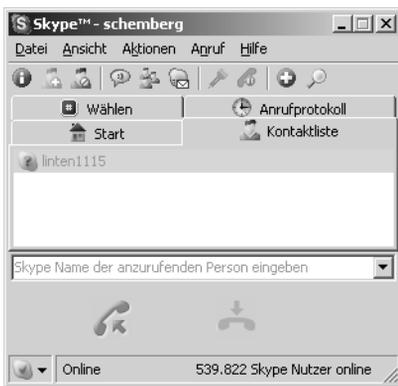


Abbildung 3.1 Skype Kontakt-Liste.

3.1.2 Installation und Konfiguration

Eine Installationsanleitung für Skype ist völlig überflüssig, weil nach einem Doppelklick auf **Setup.exe** alles automatisch abläuft. Beim erstmaligen Start werden Sie aufgefordert, sich zu registrieren, ähnlich wie bei ICQ. Dazu müssen Sie sich einen eindeutigen Benutzernamen geben.

Andere Skype-Benutzer können Sie über diesen Benutzernamen finden und kontaktieren, Ihren aktuellen Status (online, offline ...) sehen sie auch.

3.1.3 Skype benutzen

Skype können Sie nicht ohne Internetverbindung verwenden und seine Verwendung ist nur sinnvoll, wenn Sie mindestens einen Gesprächspartner haben, der ebenfalls Skype benutzt.¹

Damit Sie Ihren Gesprächspartner kontaktieren können, müssen Sie in der Symbolleiste auf die Lupe klicken. Es öffnet sich ein gesondertes Fenster, in dem Sie nach Skype-Benutzern suchen können. Dabei ist es hilfreich, wenn Sie deren Skype-Namen kennen.



Abbildung 3.2 Erweiterte Skype-Suche.

In der erweiterten Suche (vgl. Abbildung 3.2) können Sie neben der Suche nach einem Skype-Namen auch noch nach anderen Kriterien suchen. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf einen Benutzer und wählen Sie **Benutzerprofil anzeigen** aus dem Kontextmenü, um alle Informationen über diesen Benutzer zu sehen (vgl. Abbildung 3.2). Sie können aus dem Kontextmenü den Benutzer direkt anrufen oder ihn zu Ihrer Kontaktliste hinzufügen.

Neben der reinen Kommunikation können Sie auch Dateien versenden/empfangen oder chatten sowie Kontaktinformationen austauschen.

¹ Mittels Skype-Out können Sie sich gegen Gebühr auch zu mit normalen Telefonen verbinden.

Sie müssen üblicherweise keine Firewall-Regeln oder Ähnliches anpassen, alles sollte direkt funktionieren, auch NAT ist kein Problem. Bedingung dafür ist allerdings, dass ausgehende Verbindungen auf den UDP-Ports größer als 1024 erlaubt sind. Der für eingehende Verbindungen verwendete Port ist einstellbar (vgl. Abbildung 3.3), Datenpakete für diesen Port müssen die Firewall passieren dürfen.

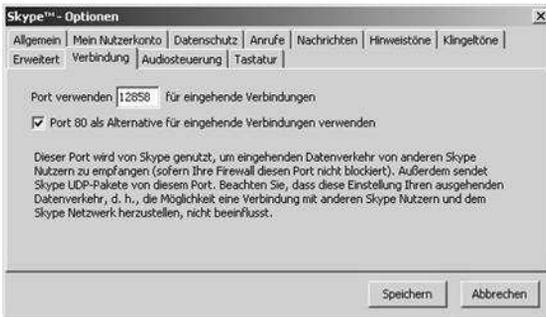


Abbildung 3.3 UDP-Port für eingehende Verbindungen

Nach Aussage von Skype funktioniert die dynamische Portwahl auch, wenn mehrere Skype-Nutzer hinter einem NAT-Router arbeiten.

3.1.4 Technik

Im Gegensatz zu allen weiteren hier vorgestellten Lösungen verwendet Skype ausschließlich ein eigenes proprietäres Protokoll, welches nicht offengelegt ist und daher ausschließlich bei Skype zum Einsatz kommt. Als Audio-Codex werden wohl iLBC für schmalbandige Internetverbindungen und iSAC für breitbandige Internetverbindungen verwendet, zumindest wirbt die Firma Global IP Sound (<http://www.globalipsound.com>) damit, ihre Audio-Codex an Skype zu verkaufen.

Open Source?

Skype ist sicher. Es wäre sicher kein angenehmes Gefühl für Sie, wenn Sie wüssten, dass Ihr Telefonat über das Internet belauscht werden kann. Skype verschlüsselt deshalb die Verbindungen mit AES 256 Bit. Mitschnitte des Datenverkehrs von Skype z. B. mit Ethereal² zeigen nur unlesbare Daten, weil der Datenteil verschlüsselt ist und nicht durch Ethereal entschlüsselt werden kann. Die Authentisierung von Skype-Nutzern wird über eine Public Key-Infrastruktur sichergestellt, auch wenn die Nutzer nichts davon merken. Man kann sich also nicht als ein anderer ausgeben.

Sicherheit

² Ethereal ist ein Netzwerkpaketanalysator, oft auch als Sniffer bezeichnet.

Peer-to-Peer Skype, gegründet von den Erfindern der Tauschbörse Kazaa, verwendet ein Peer-to-Peer³ Netzwerk. Die Technik von Kazaa, FastTrack, wurde verfeinert und wird nun für Skype verwendet. Im Gegensatz zu allen anderen hier vorgestellten Lösungen gibt es keinen zentralen Verzeichnisdienst, der die Benutzerdatenbank verwaltet. Stattdessen gibt es so genannte Supernodes, die einen Teil dieser Datenbank verwalten. Der Vorteil für Skype ist, dass zusätzliche Benutzer keine Belastung für die Serverinfrastruktur darstellen, sondern CPU-Zeit für das P2P-Netzwerk selbst bereitstellen.

Die Firma Skype muss somit nicht in eine große Serverlandschaft investieren: Ein unschätzbare Vorteil!

Ein neuer Client wird zu einem Supernode geleitet, dieser fragt etwa alle zwei Minuten den aktuellen Status des Skype-Clients ab. Zu einem Supernode wird ein Skype-PC, wenn er ausreichend Speicher (RAM) und Upload-Bandbreite zur Verfügung stellt sowie mindestens 18 Stunden online ist. Ein Supernode ist für ein paar hundert Nodes – Skype-Clients – zuständig. Selbstständig übergibt dieser Supernode an andere Supernodes, wenn die Last zu groß wird (Fachbegriff: Loadbalancing). Weitere Hintergründe zu Skype finden Sie im Interview von Niklas Zennstrom, einem der Erfinder von Skype, mit CNet.com http://news.com.com/Skypes+VoIP+ambitions/2008-7352_3-5112783.html vom Dezember 2003, sowie in einer ausführlichen Analyse von Skype <http://arxiv.org/pdf/cs.NI/0412017>, September 2004.

3.2 SIP-Provider im Internet

3.2.1 Allgemeines

Die Anzahl der SIP-Provider wächst erstaunlich schnell, wird aber vermutlich irgendwann ebenso schnell wieder schrumpfen. Was aber ist überhaupt ein SIP-Provider?

Ein SIP-Client registriert sich üblicherweise bei einem SIP-Registrar-Server und ist dann über eine SIP-Adresse erreichbar. Ein SIP-Provider bietet nun einen – üblicherweise – kostenlosen SIP-Registrar-Server, über den ein SIP-Client unter einer SIP-Adresse erreichbar ist.

³ Peer-to-Peer bedeutet, dass es keine Server gibt, sondern jeder Teilnehmer sowohl Client, als auch – zumindest potentiell – Server ist.

3.2.2 sipgate, nikotel, sipsnip

Die reinrassigen SIP-Provider haben den Trend zuerst entdeckt. Meist handelt es sich um kleinere Anbieter, die vielleicht auf Dauer nicht überleben werden, weil sie die Preise der großen Anbieter nicht unterbieten können. Zurzeit jedenfalls muss man bei den Tarifen sehr genau hinsehen, weil der »lauteste« nicht immer der preiswerteste ist.

sipgate

- ▶ Die Firma Indigo Networks aus Düsseldorf betreibt unter dem Namen sipgate einen SIP-Registrar-Server. Ein aktuelles Verzeichnis der Ortsnetze in denen sipgate eine eigene Rufnummer bieten kann, finden Sie unter:

<http://www.sipgate.de/user/numbers.php>.

Allen Nutzern, die in keinem der Ortsnetze wohnen⁴, bietet sipgate eine 0180-1-Rufnummer, die zu Preisen anrufbar ist, die in etwa den Ortsnetzkosten entsprechen. Die Rufnummer ist kostenlos. Wenn man dort angerufen wird, ist das ebenfalls kostenlos. Ausgehende Telefonate kann man im Prepaid-Verfahren abwickeln, indem man einen bestimmten Betrag »aufladen« und dann zu den veröffentlichten Tarifen abtelefonieren kann.

⁴ Zwangsweise gibt es einen Ortsbezug zwischen Rufnummer und Wohn-/Geschäftssitz.



Abbildung 3.4 Das sipgate Webinterface ist hilfreich

und übersichtlich.

Neben der Möglichkeit eine Rufnummer zu bekommen hat sipgate zurzeit einen kostenlosen Anrufbeantworter geschaltet, der Nachrichten entgegennimmt und beispielsweise per Mail als WAV-Datei weiterleitet.

nikotel

Hinter dem Angebot **nikotel.de** und **voipfone.de** steht die deutsche Firma econo GmbH. Bei nikotel handelt es sich aber um einen US-Anbieter und er ist auch der einzige hier aufgeführte Anbieter, der eine US-Rufnummer anbietet. Nikotel ist schon relativ lange im Geschäft, meines Wissens sogar einer der ersten Anbieter auf dem deutschen Markt.

Eine kostenlose Rufnummer erhält man bei nikotel erst dann, wenn man mindestens 5 € auf dem nikotel-Konto hat. Der kleinste Betrag, den man aufladen kann, ist allerdings 10 €. Eine Übersicht über die zur Verfügung

stehenden Ortsnetze finden Sie unter http://www.nikotel.de/de/nikotalk_vorwahl.popup.htm.

Als einziger Anbieter bietet nikotel die Möglichkeit, Faxe zu empfangen. Diese werden dann per E-Mail zugestellt – ähnliche Dienste sind von Arcor oder web.de bekannt. Die Faxe sind unter »einer deutschen Rufnummer« empfangbar, ebenso bietet nikotel einen Anrufbeantworter.

All diese Leistungen sind aber erst dann verfügbar, wenn Sie ein gewisses Gesprächsguthaben aufgeladen haben.

sipsnip

Die Firma Bellshare GmbH betreibt das Angebot sipsnip. Wie schon bei den anderen Angeboten kann man eine Rufnummer zugeteilt bekommen:

- ▶ 040 Hamburg
- ▶ 0711 Stuttgart
- ▶ 0180-5

Kunden, die weder in Hamburg noch in Stuttgart Ihren Wohn- oder Firmensitz haben, können eine 0180-5-Rufnummer bekommen. Für den Anrufer fallen bei 0180-5 allerdings deutlich höhere Kosten als bei einer normalen Ortsnetzrufnummer an (etwa 0,12 €/min.).

Als besondere Leistung bietet sipsnip unter der Bezeichnung »Stay Connected« die Möglichkeit, andere SIP-Accounts anzubinden. Das bedeutet, sobald man bei sipsnip angemeldet ist, ist man auch für die anderen SIP-Accounts erreichbar. Ausgehende Gespräche lassen sich auch über die anderen SIP-Accounts – mit möglicherweise günstigeren Tarifen – führen.

3.2.3 web.de, freenet, GMX

Auch die bekannten E-Mail-Provider – inzwischen vertreiben alle drei deutlich mehr als nur kostenlose E-Mail-Accounts – sind in die Internet-Telefonie eingestiegen.

web.de

web.de bietet seinen Kunden eine kostenlose Rufnummer in zwei Ortsbereichen:

- ▶ 02222
- ▶ 01212

an. Einen Anrufbeantworter gibt es noch nicht. Wie bei siggate kann man aus dem Verzeichnis der Anrufe direkt oder aus den persönlichen Kontakten wählen.

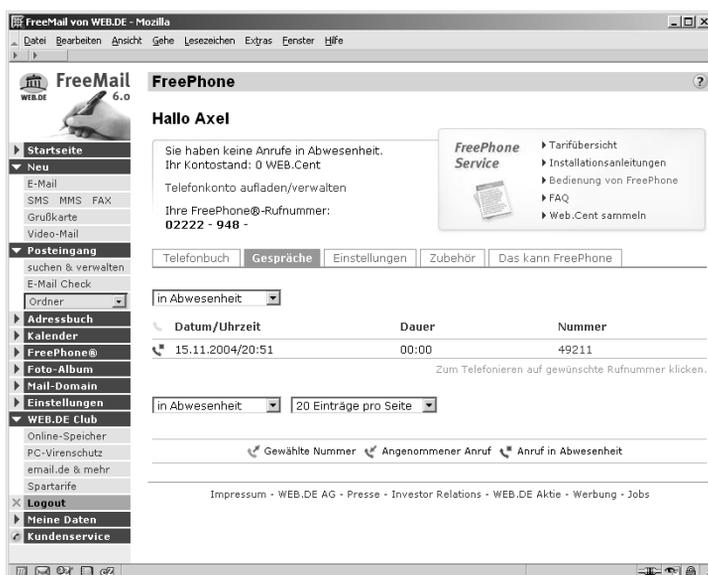


Abbildung 3.5 Das Webinterface vom web.de Freephone.

SIPPS Als Besonderheit erhält man bei web.de einen SIPPS-Client (vgl. Abbildung 3.7) zum kostenlosen Download. Der Client ist für web.de vor-konfiguriert und entspricht nicht einer Vollversion. Selbstverständlich ist es nicht möglich, diese in der Laufzeit unbeschränkte Version an einen anderen SIP-Account anzubinden.



Auf der Webseite steht, man könne sich vor SIP-Spam durch einen »Anruffilter« schützen. Konfigurierbar ist allerdings weiter nichts. Es ist lediglich möglich, die web.de-E-Mail-Adresse nicht als SIP-Adresse zu verwenden.

freenet

Wie web.de bietet auch freenet eine eigene Software-Lösung an: freenetphone. Eine Rufnummer gibt es bei freenet nicht, man ist lediglich unter seiner SIP-Adresse und damit nicht für Oma & Co. erreichbar.

Das freenetiphone (vgl. Abbildung 3.6) ist ein sehr spartanisches Programm, das nur die Grundfunktionen eines SIP-Clients erfüllt. Man ist allerdings nicht gezwungen, das freenetiphone zu verwenden, sondern kann auf andere Programme zurückgreifen.



Abbildung 3.6 Nur das Wesentliche: freenetiphone

Ein Webinterface wie bei web.de oder siggate gibt es bei freenet nicht.

GMX

Der bekannte E-Mail-Provider, der inzwischen auch DSL-Tarife im Programm hat, bietet auch IP-Telefonie an. Es sei erforderlich, so GMX, ein »Phoneboard« zu besitzen. Damit ist offenbar eine AVM Fritz!Box Fon gemeint (vgl. Abschnitt 3.5, TK-Anlagen), auch wenn diese Behauptung technisch keinen Hintergrund hat.

Sie können als GMX-Kunde Netphone, so heißt das VoIP-Angebot von GMX, auch mit einem SIP-Software-Client benutzen. Die erforderlichen Einstellungen finden Sie auf der Seite von Herrn Blechschmitt:

<http://www.chrisblech.de/sipps.htm>.

Allerdings ist das Telefonieren bei GMX auf die VoIP-Kunden von GMX und die von 1&1 beschränkt.

3.3 Softphones für SIP

Fast jeder beginnt seine ersten Schritte der Internet-Telefonie mit einem Softphone. Das liegt daran, dass ein Softphone keine Investitionen –

höchstens ein Headset – erfordert und man auf diese Art und Weise die IP-Telefonie ausprobieren kann.

3.3.1 x-lite

Eine wirklich gute und zudem uneingeschränkte Version eines SIP-Clients bietet die Firma xten an. In Deutschland wird xten durch Primeworx vertreten, diese bieten unter: <http://www.globalipphones.com> x-lite auch auf Deutsch an.

Die Funktionen von x-lite:

- ▶ Tastentöne [DTMF]
- ▶ 3 Leitungen
- ▶ Mehrere SIP-Proxies
- ▶ Leitungen halten
- ▶ Eingehende Anrufe abweisen – 'Ignore'
- ▶ Eingehende Anrufe an Anruferbeantworter (Voicemail) weiterleiten – 'Go to Voicemail'
- ▶ Anrufweiterleitung URI/URL Voicemail URL
- ▶ Anrufen/Wahlwiederholung/Auflegen
- ▶ Dynamische CODEC-Auswahl
- ▶ Anrufer ID (Caller ID) [SIP ID]
- ▶ Anruferdaueranzeige
- ▶ Geräuschlosigkeitsgrenzwert
- ▶ Zeichenrückschritt/Löschen/Entfernen
- ▶ Stummschaltung
- ▶ Mikrofon- & Lautsprecherregler
- ▶ Mikrofon- & Lautsprecheranzeigen
- ▶ Letzte Anrufer ID
- ▶ Kürzlich getätigte Anrufe
- ▶ Kürzlich erhaltene Anrufe
- ▶ Wiedergabegerätauswahl
- ▶ Direkte IP zu IP Wahl
- ▶ Telefonbuch [Import/Export CSV]
- ▶ Schnellwahl
- ▶ G.711/SPX/iLBC/GSM Codecs enthalten

- ▶ Lautsprechertelefon
- ▶ Standard PC und PocketPC Hardware
- ▶ NAT/Firewall Unterstützung
- ▶ Angabe der NAT IP um in SIP Benachrichtigungen eingetragen zu sein
- ▶ Unterstützt Windows 98SE/NT4/ME/2000/XP
- ▶ Unterstützt Mac OS X

Sie können mit x-lite bis zu 10 SIP-Accounts verwalten und auf bis zu drei Leitungen telefonieren. Das sollte für den normalen Teilnehmer völlig ausreichen.

Folgende Einstellungen helfen, eine sehr gute Sprachqualität mit x-lite zu erreichen: **Optimum**

Silence (Advance System Settings, Audio Settings, Silence Settings):

- ▶ Transmit Silence: Yes

Es wird auch «Stille» übertragen, also auch dann, wenn Sie oder Ihr Gesprächspartner nichts sagt. Ist der Schalter auf »No« gesetzt, kommt es zu Unterbrechungen, die insbesondere bei Hintergrundgeräuschen unangenehm sind.

- ▶ Microphone Silence Detection Level: 0

Der Grenzwert für das Erkennen von Stille soll abgeschaltet werden, also keine »Silence Detection« durchgeführt werden.

- ▶ Speaker Silence Detection Level: 0
Auch für die Gegenseite keine Stille-Erkennung.

Codec (Advance System Settings, Codec Settings):

- ▶ gsm Enable: No
Schaltet den qualitativ schlechten GSM-Codec aus.

Meiner Erfahrung nach bietet x-lite mit diesen Einstellungen eine sehr gute Sprachqualität, insbesondere bei der Verwendung des G.711 oder des Speex-Codecs.

3.3.2 SIPPS

Seit etwa einem Jahr bietet Ahead, bekannt durch die Brennsoftware Nero, einen SIP-Client an: SIPPS.

Inzwischen gibt es verschiedene Versionen von SIPPS. Die SIPPS light-Version (vgl. Abbildung 3.7) – sie hat beispielweise keinen Anrufbeantworter – können Sie kostenlos zu einem web.de-SIP-Account bekommen.



Abbildung 3.7 SIPPS, als FreePhone von web.de.

Auf den Seiten von SIPPS <http://www.sippstar.com/de/> bekommen Sie eine auf 30 Tage limitierte Demoversion, die alle Funktionen der 19 € teuren Vollversion enthält.

Die Installation von SIPPS ist anfängergerecht und umschiffert insbesondere die Hürde »NAT« durch eine automatisierte Prüfung (vgl. Abbildung 3.8), wie sie auch bei STUN beschrieben wurde.



Abbildung 3.8 STUN wird eingerichtet, weil kein UPnP verfügbar ist.



SIPPS kann per UPnP die Firewall steuern. Alle Experten raten zurzeit vom Einsatz des UPnP ab, weil es massive Sicherheitslücken in Ihrem Netzwerk öffnet. Sie sollten daher UPnP z. B. auf Ihrem DSL-Router und bei Windows deaktivieren.

3.3.3 Firefly

Firefly ist ein sehr simpler SIP-Client, der von der Firma Virbiage zum kostenlosen Download (<http://www.virbiage.com/firefly>) angeboten wird.

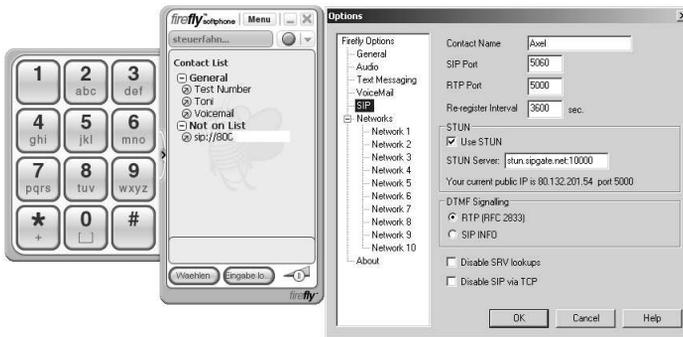


Abbildung 3.9 Firefly, rechts der Options-Dialog zur Konfiguration

Firefly kann 10 Accounts verwalten – entweder SIP- oder IAX-Accounts. IAX ist das Protokoll von Asterisk, einer freien TK-Anlage (vgl. Abschnitt 3.4, Asterisk* – die vollständige TK-Anlage).

Leider kann man bei Firefly kein gesondertes Ausgabegerät für das Klingeln angeben, also beispielsweise die Soundkarte, während Gespräche mit dem Headset geführt werden. Es klingelt also im Headset, meist zu leise, als dass Sie es hören könnten.

3.4 Asterisk* - die vollständige TK-Anlage

3.4.1 Einleitung

Die bisher vorgestellten Lösungen z. B. Skype oder ein SIP-Softphone sind nur in sehr begrenztem Umfang in Unternehmen einsetzbar. Man kann sagen, dass die bisher vorgestellten Lösungen die Internet-Telefonie behandelt haben.

Asterisk ist eine Lösung für IP-Telefonie, an die hinsichtlich Verfügbarkeit, Bedienbarkeit, Komfort und Leistungsmerkmalen strengere Maßstäbe angelegt werden als an die oftmals kostenlose Internet-Telefonie.

Asterisk ist die englische Bezeichnung für das * (Sternchen), das im Zusammenhang mit PCs als so genannte Wildcard (deutsch: Platzhalter) für beliebige und beliebig viele Zeichen fungiert. So listete der DOS Befehl:

```
dir * .exe
```

alle Dateien mit der Endung `.exe` auf. Asterisk, die Soft-PBX, nutzt den Namen, um ihre Philosophie auszudrücken: Asterisk kann beliebige und beliebig viele Aufgaben eines Telefonsystems wahrnehmen.

Asterisk kann eine bestehende TK-Anlage ersetzen oder erweitern, ganz wie Sie es wünschen. Dabei ist Asterisk als Open-source-Lösung, die als Anwendung auf einem Linux-PC läuft, denkbar flexibel zu erweitern, nicht zuletzt wegen seiner Programmierschnittstelle (AGI).

3.4.2 Funktionen

Asterisk zeichnet sich durch eine Funktionsvielfalt aus. Folgende Hauptfunktionen bietet *:

- ▶ Soft-PBX (Verwaltung von Endgeräten, Gesprächsaufbau, Gebühren-daten ...)
- ▶ Gateway (ISDN, SIP, H.323, Skinny, MGCP, IAX)
- ▶ Transcoder (zwischen Teilnehmern mit verschiedenen Audio-Codern)
- ▶ CTI (Computer Telephone Integration)
- ▶ Sprachbox/Voicemail
- ▶ Sprachmenüs (Interactive Voice Response, IVR)

3.4.3 Einsatz

Wie Sie an diesen Funktionen erkennen können, deckt Asterisk den gesamten Bereich einer modernen TK-Anlage ab und ist dazu noch kostenlos.

Zwei Einsatzszenarien sind grundsätzlich denkbar:

1. Migration zur IP-Telefonie
2. Austausch der bisherigen TK-Infrastruktur durch IP-Telefonie

Viele Unternehmen entschließen sich, den Weg der »sanften« **Migration** zur IP-Telefonie zu wählen. Sie wollen so für getätigte Investitionen Bestandsschutz erreichen und gleichzeitig durch Erweiterung der klassischen TK-Anlage, die weiterhin den Kern der TK-Infrastruktur bildet, die

Vorteile von VoIP nutzen. Immer mehr Bereiche werden dann mit VoIP ausgestattet und am Ende der Migration kann auch die TK-Anlage durch eine Soft-PBX abgelöst werden.

In diesem Szenario kann Asterisk an die bestehende TK-Anlage angekopelt werden. Verwendbar sind analoge-, ISDN- oder IP-Verbindungen über entsprechende PCI-Karten. Über diese Kanäle werden die Leistungen von Asterisk an den klassischen Telefonen verfügbar. Erforderlich ist eine so genannte Kopplung zwischen der TK-Anlage und dem Asterisk-Server.

Das zweite Szenario ist der **Austausch** von der bisherigen – klassischen – TK-Infrastruktur mit analogen oder ISDN-Anlagenendgeräten durch IP-Telefonie. Dabei werden die bisherigen Telefone entweder – in begrenztem Umfang – eingebunden oder komplett durch IP-Telefone ersetzt. Üblicherweise sind Unternehmen dann zu solchen Schritten bereit, wenn folgende Umstände zusammenkommen:

- ▶ Die bisherige TK-Anlage ist wirtschaftlich abgeschrieben und soll ausgetauscht werden.
- ▶ IP-Telefonie bietet funktionale Vorteile, die sich positiv – z. B. auf die Produktivität – auswirken.
- ▶ IP-Telefonie ist wirtschaftlicher als der Einsatz klassischer TK-Anlagen gleicher Ausstattung.

Ein oftmals vernachlässigter Punkt sind die in Ihrem Unternehmen erforderlichen Leistungsmerkmale. Eine klassische TK-Anlage bietet viele hundert Leistungsmerkmale. Das ist nicht etwa deshalb so, weil jeder Kunde alle diese Funktionen nutzt, sondern weil jeder Kunde 10 andere nutzt. Mit den derzeit verfügbaren Standard-Protokollen wie SIP oder H.323 – für die es auch Hardware-IP-Telefone gibt – stellen z. B. das Leistungsmerkmal »Rückruf bei besetzt/frei« nicht zur Verfügung.



Aus meiner Erfahrung kann ich Ihnen versichern, dass die Migration deutlich aufwändiger ist als ein kompletter Austausch. Es müssen wesentlich mehr Eckpunkte in das Migrationskonzept integriert werden und der Leistungsumfang wird gegenüber den Einzelleistungsmerkmalen geringer sein. Der Migrationsweg mag zwar zunächst als der goldene Mittelweg erscheinen, aus meiner Sicht ist er aber oftmals Zeit- und Geldverschwendung. Denn Sie planen und realisieren mühsam eine Lösung, die Sie kurz- bis mittelfristig wieder ablösen wollen.



3.5 VoIP-Hardware

3.5.1 ATA (analoger Terminal Adapter)

Ein ATA ist ein Wandler, der es ermöglicht, normale analoge Telefone als IP-Telefone zu betreiben. Meist haben die Geräte ein Steckernetzteil, verbrauchen entsprechend nur wenig Strom und bieten einen LAN-Anschluss und einen Anschluss für ein analoges Telefon.

Grandstream

Von der Firma Grandstream werden zwei ATA angeboten:

- ▶ HandyTone 286
- ▶ HandyTone 486

Der HandyTone 286 ist ein reinrassiger ATA. Er ist klein, wird mit einem Stecker-Netzteil betrieben und bietet neben einem LAN-Anschluss einen analogen Anschluss.



Abbildung 3.10 Grandstream ATA HandyTone 286; Quelle: Grandstream

Der HandyTone 286 kann entweder über ein angeschlossenes Telefon konfiguriert werden oder über sein Webinterface.

Der HandyTone 486 bietet neben der ATA-Funktion noch die Funktionalität eines IP-Routers. Das Gerät ist ebenfalls über ein Telefon oder über die integrierte Weboberfläche zu konfigurieren. Der Vorteil der Routing-Funktionalität des 486 liegt in der Möglichkeit, Sprachdaten zu priorisieren (Fachbegriff: Quality of Service, QoS). Damit können Sie

verhindern, dass ein Down-/Upload zu Einbußen bei der Sprachqualität führt.

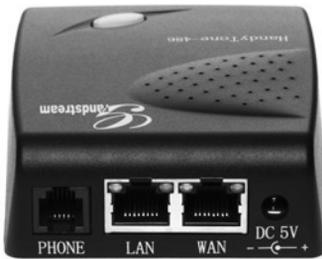


Abbildung 3.11 Anschlüsse des HandyTone 486; Quelle: Sipgate.de

Eine ausführliche deutschsprachige Anleitung zu dem Gerät finden Sie bei Sipgate:

http://www.sipgate.de/img/anleitung_ata486.pdf

Sie können den HandyTone 486 z. B. bei Sipgate.de für 99 € kaufen, den einfacheren HandyTone 286 gibt es z. B. im Online-Shop von Avitos für 89 €.

Cisco

Die Firma Cisco bietet zwei ATA an: ATA-186 und ATA-188, beide können über ein TFTP-Firmware-Upload mit H.323, SIP oder Skinny betrieben werden. An jedem ATA sind jeweils zwei analoge Anschlüsse.



Abbildung 3.12 Cisco ATA 186; Quelle: Cisco.com

Der ATA 186 bietet lediglich eine 10 Mbit/s-LAN-Schnittstelle (vgl. Abbildung 3.12), während der ATA 188 zusätzlich eine weitere LAN-Schnittstelle bietet, an der beispielsweise ein PC angeschlossen werden kann (vgl. Abbildung 3.13).



Abbildung 3.13 Cisco ATA 188 mit Switch; Quelle: Cisco.com

Nach Auskunft einer Preissuchmaschine kostet ein ATA 186 in Online-Shops ab 142 € und ein ATA 188 ab 219 €. Damit liegen die Cisco ATA deutlich über den Preisen von Grandstream.

Die Cisco ATA sind mit einer Skinny-Firmware auch am Cisco Callmanager betreibbar. Das ist ein Vorteil gegenüber den Grandstream-Produkten. Diesen Vorteil können Sie nur nutzen, wenn Sie den Cisco Callmanager einsetzen.

Sipura

Die Firma Sipura bietet verschiedene ATA an. Nach Berichten, die man im Internet findet, sind die Käufer mit den Produkten zufrieden.

Der SPA-2000 bietet zwei analoge Anschlüsse für Telefon oder FAX. Folgende Telefon-Funktionen werden unterstützt:

- ▶ Anklopfen
- ▶ Rufnummernübertragung (CLIP)
- ▶ Rufnummernunterdrückung
- ▶ Namensübertragung
- ▶ Rufweiterleitung (Zeit/Besetzt/immer)
- ▶ Ruhe vor dem Telefon (kein Klingeln)
- ▶ Gesprächsübergabe
- ▶ Dreier-Konferenz
- ▶ Signalisierung von Sprachnachrichten (optisch/aktustisch)
- ▶ Rückruf bei besetzt
- ▶ Berechtigungsklassen für abgehende Gespräche
- ▶ maximale Gesprächsdauer
- ▶ Klingelton intern/extern

- ▶ Warnung bei nicht aufliegendem Hörer
- ▶ Anruferabweisung (selektiv/bei Rufnummerunterdrückung)
- ▶ Schnellwahltasten (8 Rufnummer/Adressen)
- ▶ Wartemusik

Im Online-Handel kostet der SPA-2000 etwa 115 €. Den etwas günstigeren SPA-1000 bekommen Sie für cirka 100 €, er bietet bei gleichen Funktionen lediglich einen Anschluss für eine analoge Nebenstelle.



Abbildung 3.14 Sipura SPA-200; Quelle: Sipura.com

Deutlich teurer ist der SPA-3000 – ab 200 €– er bietet neben den Funktionen des SPA-1000 auch noch einen analogen Anschluss für das Telefonnetz und ist damit eher mit der AVM Fritz!Box Fon (vgl. Abschnitt 3.5.3, TK-Anlagen) vergleichbar.

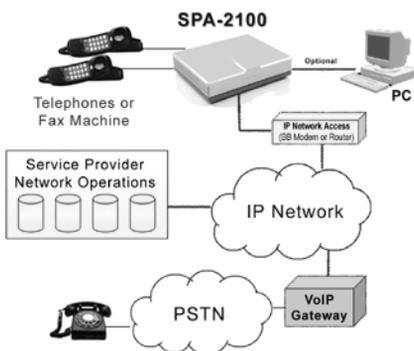


Abbildung 3.15 Verschaltung Sipura SPA-2100; Quelle: Sipura.com

Der SPA-2100 ist ein erweiterter SPA-2000 und bietet neben der normalen LAN-Schnittstelle auch noch einen WAN-Anschluss. Er kann somit

direkt mit dem Internet verbunden werden. Wie auch der Grandstream ATA 486 bietet der SPA-2100 Priorisierung für Sprachdaten (vgl. Abschnitt 2.4.2, Quality of Service).

3.5.2 IP-Phones

Wenn Sie ihre alten Telefone nicht weiterbetreiben und ohne viel Kabelgewirr arbeiten wollen, dann kommt ein IP-Telefon in Betracht. Ein IP-Telefon registriert sich beispielsweise direkt als SIP User-Agent bei einem SIP Registrar.



Bisher sind Alternativen für DECT, also Funktelefone, noch ziemlich rar. Es gibt auch noch einige technische Probleme, beim Einsatz von WLAN, ein Problem ist das Roaming zwischen verschiedenen Access-Points ein anderes der relativ hohe Stromverbrauch von WLAN.

Grandstream

Das günstigste mir bekannte IP-Telefon auf dem Markt ist das Grandstream BT-101. Es bietet folgende Funktionen:

- ▶ SIP Unterstützung
- ▶ STUN-Server (wichtig bei Verwendung von NAT)
- ▶ IP-Adresszuweisung: DHCP oder statisch
- ▶ Rufnummernanzeige
- ▶ Freisprechen (Lauthören + Raummikrophon)
- ▶ Halten von Gesprächen
- ▶ Wahl bei aufliegendem Hörer
- ▶ Stummschaltung
- ▶ Wahlwiederholung
- ▶ 10 Mbit/s Ethernetanschluss

Diese Funktionen reißen die meisten von Ihnen vermutlich nicht vom Hocker, aber es ist üblicherweise ausreichend für das normale Telefonieren.



Abbildung 3.16 BudgeTone 101; Quelle: Sipgate.de

Sie bekommen das BT-101 bei vielen SIP-Providern oder auch in Online-Shops. Es kostet zurzeit meistens 99 € und wenn Sie es bei einem SIP-Provider kaufen ist es vorkonfiguriert, so dass die Inbetriebnahme einfacher verläuft.

Ich habe bisher noch kein BT-101 benutzt, aber mehrfach gelesen, dass die Bedienelemente etwas einfach gestaltet sein sollen. Entsprechend kann es sein, dass designbewusste Benutzer dieses Telefon nur schwer akzeptieren. Eine Alternative können die Telefone von SNOM sein.

Eine ausführliche Bedienungsanleitung finden Sie bei Sipgate.de: http://www.sipgate.de/img/anleitung_bt101.pdf.

Das BT-102 bietet einen Anschluss für den PC, ist ansonsten identisch mit dem BT-101.



SNOM

Die Berliner Firma SNOM ist schon lange Zeit im IP-Telefon-Markt tätig. Die SNOM-Telefone entsprechen wohl eher den deutschen Geschmacksvorstellungen von Design.

Die SNOM-Telefone verwenden ein embedded Linux, dessen Quellen als Source Code zur Verfügung steht.

SNOM bietet folgende Telefon-Modelle

- ▶ SNOM 105 (Nachfolger des SNOM 100)
- ▶ SNOM 190
- ▶ SNOM 200
- ▶ SNOM 220



Abbildung 3.17 Einsteigertelefon SNOM 100; Quelle: SNOM

Das SNOM 105 wird zurzeit für den Preis von 200 € verkauft und bietet folgende Funktionen:

- ▶ grafisches Display mit Hintergrundbeleuchtung (128x64)
- ▶ 2 Ethernet-Ports
- ▶ 1 Port mit PoE-Unterstützung
- ▶ Asiatische Sprachunterstützung (ALS): Japanisch
- ▶ Gespräch halten
- ▶ STUN Client (NAT traversal)
- ▶ Plug and Play-Unterstützung (UPnP)
- ▶ HTTP Server
- ▶ Telefonbuch
- ▶ Konferenz
- ▶ Gesprächsweiterleitung
- ▶ Wahlwiederholung
- ▶ Warteliste
- ▶ 27 Klingeltöne
- ▶ DTMF

Das nächstgrößere Telefon ist das SNOM 190, es bietet diese Funktionen:

- ▶ grafisches Display (zwei Zeilen)
- ▶ 3 dynamische Softkeys
- ▶ 5 programmierbare Funktionstasten
- ▶ Dualer Ethernetanschluss
- ▶ Headset-Anschluss
- ▶ STUN, UPnP, ICE
- ▶ SIP und H.323/H.450

- ▶ Unterstützung für verschiedene Sprachen (National Language Support)
- ▶ unterstützt G.723.1 und G.729 a/b
- ▶ Sicherheit (SIPS, SRTP)
- ▶ NAT-Support

Das Telefon sieht durch seine Maße etwas wichtiger aus und bietet als eines von wenigen Telefonen am Markt schon jetzt SIPS und SRTP, also verschlüsselte und damit abhörsichere Kommunikation mit standardisierten Verfahren (SIP und RTP).



Abbildung 3.18 SNOM 190; Quelle: SNOM

Das SNOM 190 kostet in Online-Shop zurzeit ab 140 € und liegt damit auf dem Niveau eines ISDN-Anlagen-Telefons.

Ich finde das Design der SNOM-Telefon sehr ansprechend, weil sie nicht so klobig sind wie beispielsweise die Telefone von Cisco. Schade finde ich, dass die Schnellwahltasten nicht elektronisch sondern »nur« per Zettel beschreibbar sind.

Cisco

Die Firma Cisco bietet eine relativ große Palette an Telefonen, nur einige können als SIP-Telefon genutzt werden:

- ▶ Cisco CP-7905
- ▶ Cisco CP-7912
- ▶ Cisco CP-7940G

► Cisco CP-7960G

Das **CP-7912/7905** bietet ein vierzeiliges Display und ist vergleichbar mit einem normalen ISDN-Telefon. Das CP-7912 kann den Netzwerkanschluss durch einen integrierten Switch durchschleifen. Entsprechend brauchen keine zusätzlichen LAN-Anschlüsse für IP-Telefonie bereitgestellt werden. Dieser Anschluss fehlt beim CP-7905.



Abbildung 3.19 Cisco CP-7912; Quelle: Cisco.com

Die höherwertigen Modelle der Firma Cisco sind schon mehrere Jahre auf dem Markt, trotzdem sind CP-7940 und CP-7960 deutlich teurer als die Businessclass-Telefone CP-7912/7905.



Abbildung 3.20 Cisco CP-7940; Quelle: Cisco.com

Der höhere Preis resultiert aus den zahlreicheren Funktionen. Diese Funktionen können jedoch meiner Meinung nach vor allem bei der Verwendung von Skinny, dem proprietäres Signalisierungsprotokoll des Cisco Callmanagers, nützlich sein.

Der Unterschied zwischen CP-7940G und CP-7960G ist der, dass beim CP-7940G rechts neben dem Display zwei Tasten angebracht sind. Jede dieser Tasten kann entweder mit einer Schnellwahl oder mit einer Leitung belegt werden.

giptel

Bei giptel scheint es sich um einen asiatischen Hersteller zu handeln, der seine Produkte über einen deutschen Distributor, die Prime Worx GmbH, in Deutschland vertreibt.



Abbildung 3.21 G100 von giptel; Quelle: Nikotel.de

Die kostengünstigen Telefone sehen sehr ansprechend aus und bieten ausreichend Funktionen. Hier die Funktionen laut Hersteller für das G100:

Anrufmerkmale:

- ▶ Displayanzeige Anrufannahme und Nummer
- ▶ Anrufsignalisierung im Display
- ▶ Automatische Anrufweiterleitung
- ▶ Wahl bei aufgelegtem Hörer
- ▶ Wahlwiederholung
- ▶ Lautsprecher/Freisprechen
- ▶ Schnellwahl
- ▶ Telefonbuch mit bis zu 100 Einträgen

Ausstattung:

- ▶ Pixel-basiertes LCD Display
- ▶ Mehrsprachige Web-Administration
- ▶ 24 Softkeys

- ▶ Mit Hilfe der Menü-Tasten können Telefoneinstellungen eingesehen und geändert, sowie Anruflisten eingesehen werden.
- ▶ Entgangene und beantwortete Anrufe per Knopfdruck
- ▶ Mute-Taste: Stumm stellen von aktiven Anrufen. Information im Display
- ▶ Lautstärke Regelung für Lautsprecher und Telefonhörer
- ▶ Schnellwahlfunktion
- ▶ Telefonbuch mit 100 Einträgen
- ▶ Gesprächstransfer per Knopfdruck
- ▶ Wahlwiederholfunktion (Redial)
- ▶ Weiterleitung bei Nichterreichbarkeit, keine Antwort oder besetzt.
- ▶ Klingelmelodien zum Nachladen.

Dieses Telefon wird zum Preis von 119 € z. B. von Nikotel angeboten.

Das G200 von giptel bietet zusätzlich zu den Funktionen des G100 noch einen LAN-Anschluss für einen PC und verfügt über einen integrierten Switch. Im Vergleich zum G100 bietet das G200 erweiterte Funktionen, wie z. B. die Dreierkonferenz.



In Internet-Foren ist zu lesen, dass der Betrieb der giptel-Telefone nicht problemlos ist. Dabei scheint die automatische Codec-Wahl oftmals zu schlechter Gesprächsqualität zu führen, weil G.729 statt G.711 ausgewählt wird. Andere Probleme wie Gesprächsabbrüche sind wohl mit einer neuen Firmware behoben worden. Informieren Sie sich über den aktuellen Stand, bevor Sie zugreifen.

Kaufen

Es ist nicht immer einfach, das gewünschte IP-Telefon zu kaufen. Bisher sind diese Telefon nur im Internet erhältlich.

SIP-Provider-Shops

Einige Modelle – vorwiegend Grandstream und Giptel – werden von den SIP-Providern über eigene Online-Shops vertrieben. Die Geräte sind komplett vorkonfiguriert und daher besonders leicht in Betrieb zu nehmen.

Online-Shops

Neben den SIP-Providern habe ich unter 5.4, Online-Shops (Produkte von Hersteller) eine subjektive Auswahl von Online-Shops aufgeführt, die IP-Telefone vertreiben. Ich habe diese Online-Shops nicht ausprobiert, daher kann ich keine Empfehlungen geben. Sicherlich ist die Liste nicht vollständig, möglicherweise auch schon wieder veraltet. Mein Ziel ist

es, Ihnen den Erwerb z. B. eines SNOM-Telefons zu einem akzeptablen Preis einfacher zu machen, was sich meiner Erfahrung nach noch recht schwierig gestaltet.

Ich selbst habe ein günstiges Angebot bei Ebay gefunden. Sie sollten aber vor dem Bieten überprüfen, ob das Telefon wirklich »Neu« ist oder Sie nicht nur auf die »ORIGINALverpackung« bieten. Ebay

3.5.3 TK-Anlagen

Voice over IP ist auch den meisten TK-Anlagen nicht vorbeigegangen. Die meisten professionellen TK-Anlagen unterstützen heute VoIP. Bei TK-Anlagen für Privatanwender hat sich dieser Trend bisher allerdings noch nicht durchgesetzt.

AVM

Die Firma AVM bietet mit der Fritz!Box Fon eine kleine TK-Anlage, wie sie bei einigen Privathaushalten zur Verwaltung von einigen Telefonen, oftmals auch zum Anschluss von mehreren analogen Telefonen an ISDN⁵ zum Einsatz kommt.

Als Anschlüsse bietet die Fritz!Box Fon einen WAN-Anschluss für DSL, einen LAN-Anschluss, einen ISDN/analogen Anschluss für die Verbindung zum Ortsnetz-Provider und zwei analoge Anschlüsse für zwei analoge Nebenstellen.

Die Telefonmerkmale entsprechen denen von einfachen TK-Anlagen:

- ▶ Interne Rufumleitung
- ▶ Externe Rufumleitung
- ▶ Dreierkonferenz
- ▶ Halten, makeln, parken von Gesprächen
- ▶ CLIP (Rufnummernanzeige)
- ▶ Kurzwahlen für Internet und Festnetz
- ▶ Interne Nebenstellen-Konfiguration für SIP-Accounts

Zwei Merkmale unterscheidet die Fritz!Box Fon von einem normalen ATA:

⁵ Also als a/b-Wandler.

- ▶ Interner Router mit QoS-Fähigkeit
- ▶ Anschluss an das Telefonnetz über ISDN/analog

Der integrierte Router – wie schon beim HandyTone 486 und beim Sipura SPA-3000 – kann Sprachdaten priorisiert übertragen (vgl. Abschnitt 2.4.2, Quality of Service) und verhindert schlechte Sprachqualität.

Die Fähigkeit, gleichzeitig die Telefone für SIP-Telefonie und für das normale Festnetz (ISDN/analog) zu verwenden, ermöglicht nicht nur, wahlweise über Internet oder Festnetz zu telefonieren, sondern gewährleistet auch die gleichzeitige Erreichbarkeit über SIP und das Festnetz.

3.5.4 Headsets

Wenn Sie in die Internet-Telefonie einsteigen, dann starten Sie üblicherweise mit der Internet-Telefonie. Damit keine unnötigen Kosten während der Probierphase entstehen, verwenden fast alle Anwender ein so genanntes Softphone (vgl. Abschnitt 3.3, Softphones für SIP), also eine Software, die mit Hilfe einer Soundkarte den PC zum SIP-Telefon werden lässt.

Damit Sie telefonieren können ohne einen Hall zu erzeugen, benötigen Sie ein Headset. Der Preis entscheidet bei einem Headset oftmals über die Qualität.

Billig-Version

Ein einfaches Headset kostet ab 4 € und hat zwei Klingenstecker (Microphone/Speaker), die in die Soundkarte des PC gesteckt werden. Schon zeigt sich der erste Nachteil, denn Sie können Ihre Aktivboxen und das Headset nicht parallel betreiben.

Ein wesentlicher Nachteil dieser sehr preisgünstigen Ausstattung ist es, dass On-Board-Soundkarten üblicherweise mit sehr wenig Hardware auskommen müssen. Die eigentliche Leistung erbringt eine Software auf dem PC unter dem Betriebssystem, auch Treiber genannt.



So ist es nicht verwunderlich, wenn die Soundkarte eine Verzögerung von bis zu einer Sekunde in der Sprachverbindung verursacht. Eine Optimierung des Netzwerkes ist völlig unnötig, weil die Verzögerung durch den Treiber der billigen Soundkarte verursacht wird.

Wenn Sie das Headset angeschlossen haben, dann klingelt es nur noch im Headset, vermutlich ist das aber zu leise, um es zu hören. Ein Ausweg ist eine zweite Soundkarte oder ein USB-Headset.

Wenn Sie eine gute Soundkarte einsetzen, so mag es möglich sein, über ein solches Headset mit akzeptabler Qualität zu telefonieren, ansonsten ist es wirklich nur für die ersten Schritte geeignet. Eine Lösung kann neben einem Hardware-Telefon ein USB-Headset/USB-Handset sein. **Fazit**

USB

Ich bin Besitzer eines Plantronics DSP-400 und somit einigermaßen vorgeeignet. In fast allen Foren liest man von der guten Qualität, die Plantronics bei den Headsets bietet. Auch die Firma LogiTech stellt USB-Headsets her.

Die USB-Headsets, also die, die über eine eigene Soundkarte mit DSP verfügen, beginnen mit dem Produktnamen DSP (Digital Signal Processor). Das preisgünstigste Headset ist das DSP-100 mit nur einer Ohrmuschel. Nur unwesentlich teurer sind die größeren Headsets DSP-300 und das zusammenklappbare DSP-400, alle Headsets liegen preislich bei etwa 65 €.

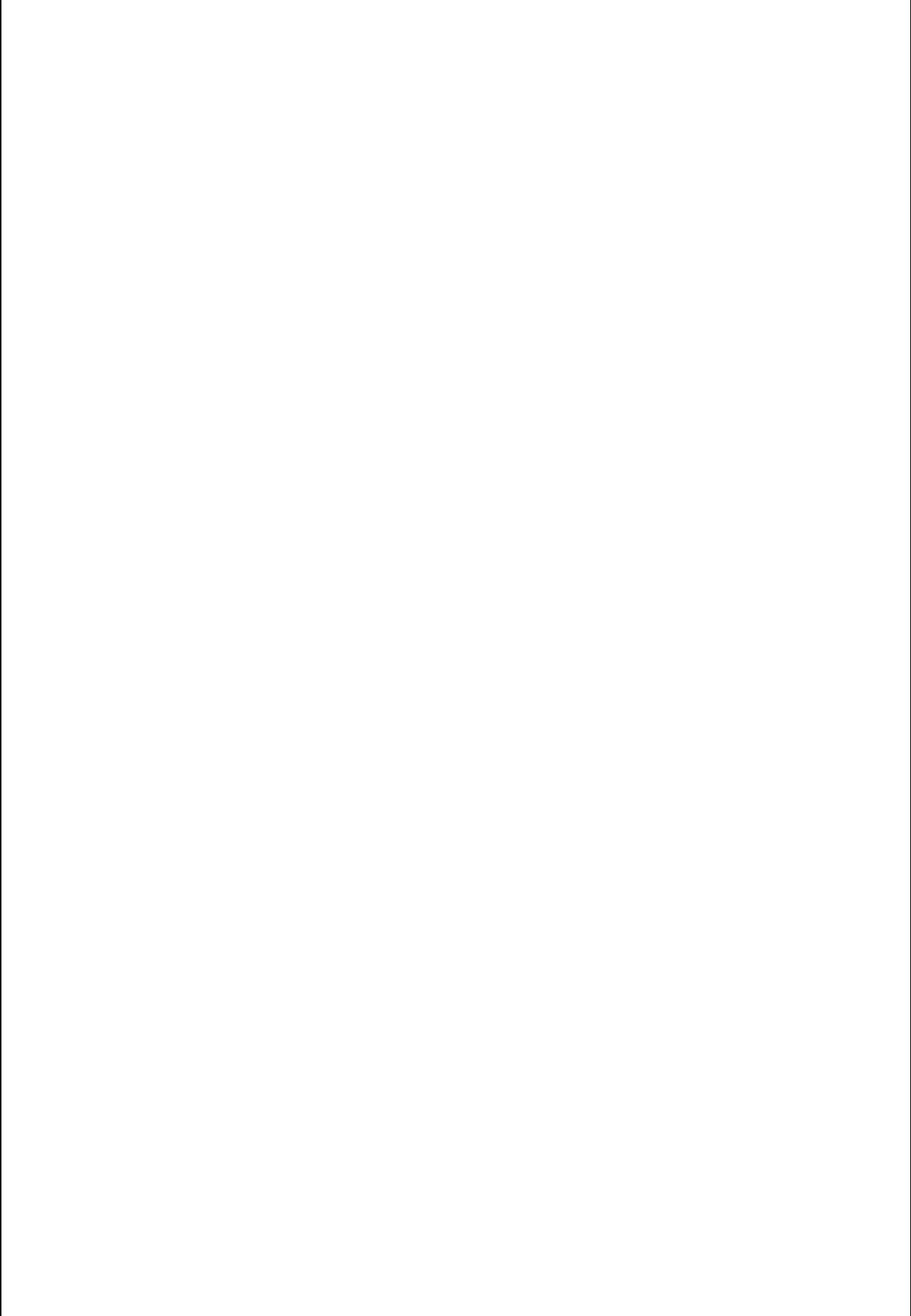
Der Vorteil der USB-Headsets ist nicht nur die exzellente Sprachqualität: Das Headset präsentiert sich als weitere Soundkarte im PC. Viele Softphones bieten die Möglichkeit, das Klingeln über die eingebaute Soundkarte und damit über die Aktivboxen wiederzugeben. Die Aufnahme- und Wiedergabequelle ist aber das USB-Headset.

Bluetooth

Daneben gibt es natürlich auch Bluetooth-Headsets. Ein solches Headset lässt sich nicht nur als Alternative zur Freisprecheinrichtung im Auto nutzen, sondern auch mit einem Softphone und einem Bluetooth-Dongle am PC.

Bisher habe ich noch nicht viel Gutes über Bluetooth-Headsets gelesen, oftmals kommt es zu Hall-Problemen oder zu Sprachverzögerungen. **Probleme**

Preislich liegt ein Bluetooth-Headset, z. B. das M3000 von Plantronics, gleichauf mit einem USB-Headset um 60 €. Allerdings benötigen Sie noch ein Bluetooth-Dongle für den PC, der meist über den USB-Port angeschlossen wird und preislich bei 30 € liegt.



4 Glossar

Viele gute Erklärungen finden Sie beispielsweise unter:

<http://de.wikipedia.org/>

Begriff	Übersetzung	Erläuterung
ALG	Application Layer Gateway	Erweiterung einer Firewall um die Fähigkeit, Datenpakete der Anwendungsschicht zu verstehen und zu modifizieren.
AMR	Adaptive Multi-Rate	Sprachcodierungsverfahren.
CELP	Code Excited Linear Predictive	Sprachcodierungsverfahren, das z. B. bei GSM verwendet wird.
CBR	Constant Bit Rate	Immer gleichbleibende Datenrate eines Audio-Codec.
CoDec	Coder Decoder	Elektronische Verpackung eines Audio-Signals bzw. Entschlüsselung.
DPCM	Differential Pulse Code Modulation	Sprachcodierungsverfahren bei Audio codecs.
DSCP	Differentiated Services Codepoint	Priorisierungsverfahren im IP-Protokollkopf.
DSP	Digital Signaling Processor	Mikroprozessoren, die auf Echtzeitanwendung optimiert sind.
DTMF	Dual Tone Multi-Frequency	Tastentöne eines Telefons.
ENUM	telephone NUmber Mapping	Telefonnummern sind über einen DNS-Server in IP-Adressen auflösbar und somit sowohl im Internet, als auch im Festnetz erreichbar.
ICE	Interactive Connectivity Establishment	Probiert verschiedene Wege, um eine Kommunikation zu ermöglichen (STUN, TURN, IPv4, IPv6. . .).
ICQ	I seek you	Ein Programm, bei dem man den Online-Status von »Buddies« sehen kann.
ITSP	IP Telephony Service Provider	Ein SIP-Provider.
IWV	ImpulsWahlVerfahren	Statt Tönen werden verschieden lange Impulse für das Wählen verwendet.
IVR	Interactive Voice Response	Sprachmenüs, die mittels DTMF-Tönen oder Sprache gesteuert werden können.
MCU	Multipoint Control Unit	Ermöglicht gleichzeitige Datenströme zwischen mehr als zwei Teilnehmern (Konferenz).

Tabelle 4.1 Glossar

Begriff	Übersetzung	Erläuterung
MFV	MehrFrequenzwahlVerfahren	Tonwahlverfahren im Gegensatz zum Impulswahlverfahren (IWW).
NAT	Network Address Translation	Adressumsetzung zwischen privater und offizieller IP-Adresse.
PCM	Pulse Code Modulation	Sprachcodierungsverfahren.
PUI	Phone User Interface	Benutzeroberfläche eines Telefons.
QoS	Quality of Service	Dienstgüte im LAN anhand von Merkmalen.
RFC	Request For Common	IETF-Norm, z. B. HTTP.
RTCP	Real Time Control Protocol	Überwachungsprotokoll für RTP. Teil Fehler, Jitter, Verzögerung usw. mit (RFC 1890, 3551).
RTP	Real Time Protocol	Verpackt u.a. Audiodatenströme und wird normalerweise per UDP übertragen (RFC 1889, 3550).
SCTP	Stream Control Transmission Protocol	Das Stream Control Transmission Protocol (SCTP) wurde von der Internet engineering task force (IETF) als neues Transportprotokoll vorgeschlagen und im Oktober 2000 in RFC 2960 veröffentlicht. Als Transportprotokoll steht SCTP auf der selben Stufe des OSI-Referenzmodell wie TCP und UDP (Layer 4). Quelle: wikipedia.
SDP	session description protocol	Das eigentliche Datenprotokoll von SIP.
SIPS	Secure SIP	Verschlüsseltes SIP (Signalisierung).
SRTP	Secure RTP	Verschlüsseltes RTP (Media).
STUN	Simple Traversal of UDP through NATs	Möglichkeit trotz NAT SIP zu betreiben.
TOS	Type Of Service	Byte im IP-Protokollkopf, vgl. DSCP.
TURN	Traversal Using Relay NAT	Umgehung der Nachteile von NAT.
UPnP	Universal Plug and Play	Kommunikationsverfahren verschiedener Netzwerkgeräte.
VBR	variable bit rate	Nach Erfordernis angepasste Datenrate eines Audio-Codecs.

Tabelle 4.2 Glossar

5 Links

5.1 Projekte/Software

URL	Beschreibung.
http://www.asterisk.org	Die Asterisk-Homepage.
http://www.enum-center.de	ENUM Portal für Deutschland mit Abfragemöglichkeit für ENUM-aktivierte Rufnummern.
http://www.freeplaymusic.com	Verzeichnis mit Wartemusik im MP3-Format, für private Verwendung kostenlos.
http://www.karl.aegee.org/asterisk.nsf/HT/sound-de	Deutsche Sprachdateien für Asterisk.
http://www.sipfoundry.org	OpenSource-Lösungen zu SIP von PingTel.
http://www.sipps.de/deu/index.html	SIPPS Softphone und SIPPSTAR, eine Soft-PBX.
http://www.sippstar.com/de	SIPPS Software-Client für SIP, kostenpflichtig.
http://www.skype.com	Skype Homepage.
http://www.virbiage.com/firefly/index.php	IAX und SIP-Softphone, frei und kostenlos.
http://www.xten.com	Hersteller der kostenlosen SIP-Software x-lite. Gegen eine geringe Gebühr gibt es auch eine PRO-Version mit mehr Funktionsvielfalt..

Tabelle 5.1 Projekte/Software

5.2 Information

URL	Beschreibung.
http://de.bach-online.de/blog/index.php?p=18	Erfahrungsbericht zur Einrichtung von Asterisk.
http://graphics.cs.uni-sb.de/~rainer/voip/asterisk-faq.html	Eine Asterisk FAQ.
http://voip.otaku42.de/wiki/VoIP-Links	Linkliste zu Asterisk und VoIP.
http://voip.step-forward.de/index.php	Insbesondere Neuigkeiten/News zu VoIP.

Tabelle 5.2 Information

URL	Beschreibung
http://www.ip-phone-forum.de	Deutschesprachiges Internetforum zum Thema VoIP mit vielen Informationen auch zu Asterisk.
http://www.lowpass.de/skype.htm	Erläuterung zu Skype.
http://www.speex.org	Informationen zum Opensource-Audio-Codex Speex.
http://www.voip-info.de	Deutschesprachiges Portal zu VoIP.
http://www.voip-info.org	Englischsprachiges Forum mit einem Wiki zu Asterisk.

Tabelle 5.3 Information (Fortsetzung)

5.3 Hersteller

http://www.auerswald.de	Hersteller der ABox, einer Kopplung von analoger TK-Anlage mit einem ATA.
http://www.cisco.com	Produziert die Telefone CP-79xx.
http://www.giptel.de	Hersteller des sehr günstigen G100 und des G200.
http://www.grandstream.com	Hersteller des sehr günstigen IP-Telefons BT-101 und der HandyTone 286 und 486, die oft bei SIP-Providern angeboten werden.
http://www.plantronics.de	Hersteller von Headsets und USB-Headsets.
http://www.sipura.com	Hersteller von verschiedenen ATAs, sowie eines eigenen IP-Phones.
http://www.snom.de	Deutscher Hersteller von SIP-Telefonen mit europäischem Aussehen.
http://www.zyxel.de	Hersteller des WLAN-IP-Phones P2000W.

Tabelle 5.4 Hersteller

5.4 Online-Shops (Produkte von Hersteller)

http://www.as-etrad.de	Cisco, Grandstream, SNOM (inalp), Zyxel.
http://www.avitos.de	Auerswald, Cisco, Corinex, Grandsteam.
http://www.comattack.de	Grandstream, SNOM.

Tabelle 5.5 Online-Shops (Produkte von Hersteller)

http://www.internettelefonie-shop.de	gipitel, Sipura, MeritPhone, Zyxel.
http://www.ip-produkte.com	Cisco, gipitel, Grandstream, Innovaphone, Polycom und SNOM.
http://www.pc-planet.de	Grandstream, Sipura, SNOM.
http://www.schelle.ag	SNOM (Tedas).

Tabelle 5.6 Online-Shops (Produkte von Hersteller (Fortsetzung))

5.5 SIP Provider

http://freephone.web.de	Kostenlose Version von SIPPS und kostenlose Rufnummer.
http://www.1und1.de	Nebenbei-Geschäft
http://www.bluesip.de/	Volle ENUM-Unterstützung.
http://www.freenet.de/freenetiphone	Günstiger Tarif für Gespräche ins deutsche Festnetz.
http://www.mediascape.de	Nur in einigen Städten verfügbar. Setzt einen DSL-Anschluss bei Mediascape voraus.
http://www.purtel.com	Kostenloser Anrufbeantworter, voller ENUM-Support.
http://www.qsc.de	DSL-Anschluss bei QSC ist Voraussetzung.
http://www.sipgate.de	Kostenloser Anrufbeantworter, gutes Webinterface.
http://www.sipsnip.de	Sammelaccount für andere SIP-Provider.
http://www.voipfone.de	Relativ günstige Auslandstarife.

Tabelle 5.7 SIP Provider