

**Proseminar IP-Telefonie**  
**Timo Uhlmann**

Universität Ulm  
Sommersemester 2005

Dieses Voice over IP (VoIP) Tutorial entstand im Rahmen des Proseminars im Studienganges Medieninformatik, 4. Semester, an der Universität Ulm. Es soll einen kurzen Einblick in die Technik geben, die hinter dieser jungen Technologie steckt.

Kritik und Anregungen sind jederzeit willkommen und können an [tu3@informatik.uni-ulm.de](mailto:tu3@informatik.uni-ulm.de) gesandt werden.

Ulm, im Mai 2005

## Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Geschichtliches.....	3
1.2	Begriffserklärungen.....	3
2	Protokolle.....	4
2.1	H.323.....	5
Terminal.....		5
MCU.....		5
Gateway.....		5
Gatekeeper.....		5
2.2	Session Initiation Protocol (SIP).....	6
User Agent.....		6
Registrar Server.....		9
Proxy Server.....		10
Redirect Server.....		11
SIP/SIMPLE.....		11
3	Praktisches und Fazit.....	11
3.1	Anbieter.....	11
Kosten.....		11
Telefonnummern.....		12
Notruf.....		12
3.2	Fazit.....	12
3.3	Popularität.....	13
A	Quellen.....	14
B	Codecs.....	15
C	Anbieter.....	15

# 1 Einleitung

## 1.1 Geschichtliches

Die Geschichte des herkömmlichen Telefonnetzes geht zurück bis ins Jahr 1876, als Alexander Graham Bell das weltweit erste Telefongespräch mit seinem Assistenten führte: „Mr. Watson, kommen Sie her, ich möchte Sie sehen.“

Zu dieser Zeit waren Telefonate allerdings nur durch direkte Kabelverbindungen zwischen den Endgeräten möglich.

Kurze Zeit später entstanden Telefonzentralen, in denen eine Verbindung mit dem gewünschten Gesprächspartner manuell durch Umstecken erreicht wurde. Ab Anfang des 20. Jahrhunderts wurden dann automatische Vermittlungsstellen eingesetzt.

So entwickelte sich dann das bis 1990 vorherrschende Telefonnetz, durch das über einzelne Leitungen analoge Tonsignale übertragen werden können. Heute stehen durch ISDN auch Datendienste wie z.B. Fax zur Verfügung.

Gemeinsam haben alle diese Entwicklungsstufen, dass für die Dauer eines Telefonats eine Leitung fest geschaltet wird, egal ob Daten übermittelt werden oder nicht. Die Bandbreite beträgt in der Regel 64 kbit/s in beide Richtungen. Dadurch entstehen unnötig höhere Kosten.

Im Gegensatz dazu wird bei der DSL-Technik eine ständige Verbindung mit dem Telefonnetz hergestellt, die eine wesentlich höhere Bandbreite bietet. Dies wird durch die Nutzung eines grösseren Frequenzspektrums erreicht.

Bei der Internet-Telefonie wird die zu übermittelnde Sprache nun in Datenpakete aufgeteilt, die dann einzeln übers Netz zum Empfänger gesendet werden. Dabei entsteht nur ein Transfervolumen, wenn auch tatsächlich Daten übertragen werden, es muss also keine feste Bandbreite reserviert werden und das Netz kann auch für andere Zwecke genutzt werden. Dies führt zu wesentlichen Kosteneinsparungen.

Anbieter von Internet-Telefonie machen sich dies zunutze:

Gespräche werden soweit wie möglich kostengünstig über das Internet übertragen und erst in der Nähe des Gesprächspartners über ein sogenanntes Gateway ins herkömmliche Telefonnetz eingespeist. Im Idealfall entstehen dadurch nur noch Gebühren zum Ortstarif.

Bemerkenswert ist bei dieser Entwicklung, dass das Internet aus dem Telefonnetz hervorging, sich dann aber durch Techniken wie DSL oder auch Kabel davon löste und mehr oder weniger unabhängig davon wurde. Nun zieht die Telefonie nach und wird wieder ins Internet integriert.

## 1.2 Begriffserklärungen

Unter Internet-Telefonie, auch Voice over IP oder kurz VoIP genannt, versteht man nun generell das Telefonieren über Computer-Netzwerke. Dies kann sowohl firmenintern in einem lokalen Netzwerk (LAN), als auch weltweit über das Internet (Internet-Telefonie)

geschehen. Da in diesen Netzen das Internet Protokoll als Grundlage dient kann hier auch schon der wesentliche Unterschied zum herkömmlichen Telefonnetz ausgemacht werden:

- Die Sprachinformation wird in Datenpakete aufgeteilt um über das Netzwerk geschickt werden zu können
- Die Informationen gelangen über einen nicht festgelegten Weg übers Netzwerk an ihr Ziel

Die meisten Anwendungen im Internet nutzen das Transmission Control Protocol, kurz TCP, das eine Verbindung zwischen 2 Endpunkten im Netzwerk herstellt, über die dann Daten gesendet werden können. Der Verbindungsaufbau gewährt einen zuverlässigen, stabilen Datenstrom zwischen Client und Server. TCP prüft dabei die Korrektheit der Daten und stellt die richtige Reihenfolge mittels Sequenznummern sicher. Geht ein Paket verloren so wird es erneut gesendet, was natürlich Verzögerungen mit sich bringt.

Da beim Versand von multimedialen Inhalten allerdings nicht die korrekte, sondern die schnelle Übermittlung der Daten im Vordergrund steht, wird in der Internet-Telefonie das User Datagram Protocol (UDP) verwendet.

UDP ist ein minimales, verbindungsloses Protokoll und ist im Gegensatz zu TCP nicht auf Zuverlässigkeit ausgelegt. Dabei werden die Datenpakete *blind* zum Gegenüber gesandt, es wird dabei weder garantiert, dass die Information überhaupt ankommt, noch dass diese korrekt sind oder in der richtigen Reihenfolge ihr Ziel erreichen.

Dadurch wird erreicht, dass die Laufzeit (das Delay) möglichst klein bleibt. Ab einer Dauer von ca. 150 ms würde sich dieses Delay negativ auf das Gespräch auswirken, da sich die Partner gegenseitig ins Wort fallen oder Echo-Effekte auftreten würden.

Beide unten vorgestellten Protokolle, H.323 und SIP, verwenden das Realtime Transport Protocol (RTP) zur Übermittlung der Sprachpakete. Die Protokolle selbst regeln lediglich den Verbindungsauf- und abbau.

RTP ist ein Standard der IETF, der im RFC 3550 definiert ist. Es setzt auf UDP auf und ist für die Kodierung, das Paketieren sowie den Versand von multimedialen Inhalten (also sowohl Audio, aber auch Video oder Text) zuständig. Eine Erweiterung speziell für Audio und Videokonferenzen bildet der RFC 3551. Er legt sogenannte Payload Types fest, die definieren welcher Codec verwendet wird.

## 2 Protokolle

Derzeit ringen 2 standardisierte sowie einige proprietäre (also hauseigene Entwicklungen von Hard- oder Software-Herstellern) Protokolle um die Vorherrschaft im VoIP-Markt. Die Standards sind H.323 und SIP, ein proprietäres Protokoll ist Skype.

H.323 machte 1996 den Anfang und wurde von der ITU (International Telecommunication Union) entworfen, einer Organisation, die Standards für die weltweite Telekommunikationsbranche entwirft. H.323 ist daher sozusagen der Ansatz von Seiten der Telekommunikations-Industrie. Es ist ein binäres Protokoll, das generell die audiovisuelle Kommunikation in paketbasierten Netzen beschreibt.

SIP ( Session Initiation Protocol) wurde 1999 von der Internet Engineering Task Force (IETF) entworfen, kommt also im Gegensatz zu H.323 aus der Internet-Gemeinde und ist ursprünglich im RFC 2543 [6] definiert, ein Update erfolgte im Jahre 2002 mit RFC 3261.

Im Gegensatz zu H.323 ist SIP ASCII-basiert und sehr internetnah. Die Ähnlichkeit zu HTTP ist verblüffend und vielleicht einer der Gründe, weshalb es beliebter ist als H.323, denn der Vorteil liegt auf der Hand: HTTP ist ein altbewährter Standard, und es gibt schon zahlreiche Clients und Server auf dem Markt, eine SIP-Implementierung stellt also bei weitem keine so grosse Hürde dar wie die einer H.323 Infrastruktur.

## 2.1 H.323

Das Protokoll gehört zur H.32X-Serie, welche unter anderem auch ISDN standardisiert. Es nutzt viele andere Protokolle der ITU, zum Beispiel H.225 zur Anrufsignalisierung.

H.323 ist in 4 Komponenten aufgeteilt: Terminal, Multipoint Controller Unit (MTU), Gateway und Gatekeeper, deren Aufgaben im Folgenden kurz beschrieben werden.

### Terminal

Ein Terminal ist einer von mehreren Endpunkten einer Verbindung. Üblicherweise ist dies ein Programm auf einem handelsüblichen PC oder ein Hardware-Telefon das den H.323-Standard implementiert. Es muss die Übertragung von Sprache durch das RTP-Protokoll unterstützen, optional kann es aber auch Video oder sonstige Daten übertragen.

### MCU

Wollen 3 oder mehr Terminals miteinander kommunizieren, so baut jedes eine Verbindung zu einer Multipoint Controller Unit auf.

### Gateway

Gateways ermöglichen die Kommunikation zwischen Terminals mit verschiedenen Protokollen. Mit Ihrer Hilfe sind Anrufe aus dem H.323 ins Festnetz oder auch zu einem SIP-Telefon möglich.

### Gatekeeper

Der Gatekeeper wird nicht zwingend benötigt, verbessert jedoch die Qualität im H.323-Netz und bringt einige zusätzliche Funktionen. So ist er beispielsweise für Autorisierung und Authentifizierung von Terminals zuständig oder verwaltet die Bandbreite. Eingehende Anrufe können so beispielsweise abgelehnt werden wenn nicht genügend Bandbreite zur Verfügung steht.

## 2.2 Session Initiation Protocol (SIP)

Wie H.323 ist auch SIP in 4 Komponenten aufgeteilt:

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

### User Agent

Der Useragent ist das Äquivalent zum Terminal im H.323-Netz, also ebenfalls eine Telefonanwendung, die sowohl soft- als auch hardwareseitig implementiert sein kann. Beim User Agent wird zwischen User Agent Client (UAC) und User Agent Server (UAS) unterschieden. Hierbei ist der Client der Anrufer, der Server derjenige, der angerufen wird. Naheliegenderweise werden beide in ein und derselben Applikation vereint; separate Telefone bzw Programme für das tätigen/entgegennehmen von Anrufen machen wenig Sinn. Innerhalb des SIP-Protokolls unterscheiden sich Client und Server dadurch, dass der Client Requests, also Anfragen an den Server sendet und dieser mit Responses, also Antworten darauf reagiert.

User Agents werden durch eine SIP-Adresse eindeutig identifiziert. Diese Adresse hat das gängige URL-Format und ist deshalb ähnlich zu E-Mail Adressen: sip:[user@]host.

User kann entweder ein Benutzername bei einem VoIP-Anbieter oder eine Telefonnummer sein (was im engeren Sinne ebenfalls ein Benutzername ist), host eine Domain oder eine numerische IP-Adresse.

Durch die Ähnlichkeit zu den bereits gebräuchlichen und allseits bekannten E-Mail Adressen kann eine SIP-Adresse oft erraten werden. Sie können beispielsweise auch auf Webseiten in Links eingebunden werden. Ist auf dem Computer, auf dem diese Seite angezeigt wird, ein SIP-Programm installiert, kann die verlinkte Person direkt durch einen Klick auf diesen Link angerufen werden.

Um einen kleinen Überblick zu bekommen, was mit diesen Adressen alles möglich ist, hier einige Beispiele:

- sip:+49-731-50-201@sipgate.de;user=phone  
Dies ist wohl der am häufigsten auftretende Fall einer SIP-Adresse. User beschreibt eine Telefonnummer und host einen VoIP-Anbieter.
- sip:tu3@informatik.uni-ulm.de?subject=Proseminar  
So könnte ein Link auf einer Website aussehen. Abgetrennt durch das Fragezeichen (bekannt aus http-URLs) können optionale Parameter angegeben werden, hier zum Beispiel ein Betreff.
- sip:user@example.com;transport=tcp  
Falls nicht das empfohlene UDP als Transportschicht verwendet werden soll kann dies ebenfalls in der Adresse beschrieben werden.

- sip:192.168.1.10  
 Hier fehlt die user-Angabe der Adresse, ein durchaus alltägliches Szenario wenn der host kein VoIP-Provider sondern IP-Adresse eines endgültigen Benutzers ist. Mehr dazu in der Beschreibung von Proxy- und Redirect-Server. Vorläufig nur die Erinnerung, dass ein Telefon auch nur eine Telefonnummer besitzt.

Falls die IP-Adresse des gewünschten Gesprächspartners bekannt ist und die Hard- bzw Software die Eingabe von IP-Adressen erlaubt, ist bereits ein Gespräch zwischen 2 User Agents möglich. Zunächst sendet der Client eine INVITE-Nachricht an den Server. Diese hat sehr grosse Ähnlichkeit mit der GET-Message des HTTP-Protokolls. Im Header werden Absender und Empfänger der Nachricht genannt, sowie eine eindeutige ID, die dieses Telefonat identifiziert. Ausserdem kann z.B. ein Betreff angegeben werden. Content-Type gibt in diesem Fall an, dass die Nachricht Verbindungsparameter in Form des Session Description Protocols (SDP) enthält. SDP ist in einem separaten RFC spezifiziert [7].

```
INVITE sip:watson@boston.bell-tel.com SIP/2.0
From: A. Bell <sip:a.g.bell@bell-tel.com>
To: T. Watson <sip:watson@bell-tel.com>
Call-ID: 3298420296@kton.bell-tel.com
CSeq: 1 INVITE
Subject: Mr. Watson, come here.
Content-Type: application/sdp
Content-Length: ...
v=0
o=bell 53655765 2353687637 IN IP4 128.3.4.5
s=Mr. Watson, come here.
c=IN IP4 kton.bell-tel.com
m=audio 3456 RTP/AVP 0 3 4 5
```

SDP ist kein Protokoll im engeren Sinne sondern eher ein Format, und es dient dazu, die Parameter auszuhandeln, die später für die Kommunikation via RTP benötigt werden.

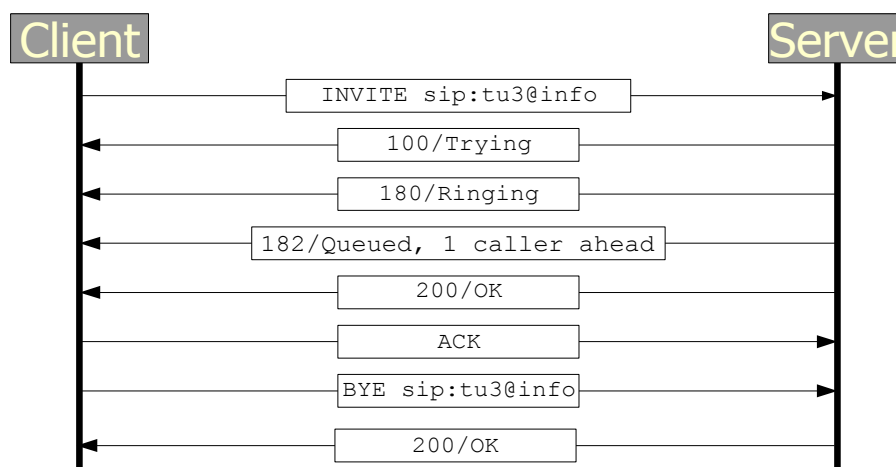


Abb. 1: Direktes Gespräch zwischen Client und Server

Wichtig sind hierbei die Zeilen c (Connection Data) und m (Media), also die letzten beiden Zeilen. Connection Data gibt die Zieladresse an, an welche multimediale Inhalte gesendet werden sollen. Alexander Bells Client erwartet also auf kton.bell-tel.com eingehende Daten. Media gibt genauere Auskunft über die Art der Daten sowie den Port, an den sie gesendet werden sollen. Watsons Client soll also Audio-Daten an Port 3456 entgegennehmen. RTP/AVP gibt an dass dies mit dem Realtime Transport Protocol geschehen soll. Die 4 Zahlen am Schluss sind die oben genannten Payloads, wobei jede Zahl für einen Codec steht. Eine kleine Auswahl an gebräuchlichen Codecs ist in [Anhang B](#) zu finden.

Hat der Server die INVITE-Nachricht empfangen, so sendet er eine 100-Response an den Client. Sie signalisiert, dass Vorbereitungen getroffen werden, den Anruf zu tätigen, z.B. Suchen des Benutzers in einer Datenbank. Ist dies geschafft, so klingelt beim Angerufenen das Telefon und der Server sendet eine 180-Response. Falls die Leitung belegt ist, kann entweder die Response 486/Busy Here gesendet werden oder, wie hier, 182/Queued. Der Anrufer kann dann entweder warten oder es zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal versuchen.

Sobald die Verbindung steht sendet der Server 200/OK an den Client, was dieser mit einer ACK-Nachricht bestätigt. Die 200/OK-Response des Servers enthält die gewünschten Verbindungsparameter im SDP-Format, genau wie in der INVITE-Message des Clients.

Das nun folgende Telefongespräch ist völlig unabhängig vom SIP-Protokoll. Es werden 2 Audio-Kanäle geöffnet, einer für Daten zum Server, einer in die andere Richtung.

Erst am Schluss kommt SIP wieder ins Spiel: Der User Agent, der das Gespräch beenden will sendet eine BYE-Nachricht an sein Gegenüber, welcher dies mit einer ACK-Message bestätigt.

Es gibt einige weitere Requests und viele weitere Responses. Erstere werden der Vollständigkeit wegen alle kurz erwähnt, von den Responses nur eine kleine Auswahl; die vollständige Liste kann in [\[6\]](#) eingesehen werden.

Requests:

- INVITE  
Lädt einen Benutzer zu einem Gespräch ein
- ACK  
Bestätigung auf Status-Response 200/OK
- OPTIONS  
Fragt den User Agent Server nach seinen Fähigkeiten ab. Dieser antwortet darauf wie auf eine INVITE-Anfrage, also mit einer 200/OK-Response, die als Content SDP mit den zur Verfügung stehenden Codecs enthält. Das Telefon *klingelt* jedoch nicht, und es wird auch keine Verbindung für die Multimediainhalte aufgebaut
- BYE  
Beendet das Telefongespräch
- CANCEL  
Bricht einen Anrufaufbau ab, der zuvor mit INVITE begonnen wurde, auf den



jedoch noch nicht mit 200/OK geantwortet wurde (andernfalls BYE)

- REGISTER  
Registriert einen User Agent beim Registrar Server, siehe folgender Abschnitt

Responses:

- 100 Trying  
Es wird versucht, die Verbindung mit dem Gesprächspartner herzustellen
- 180 Ringing  
Der Benutzer wurde gefunden und er wird vom eingehenden Anruf in Kenntnis gesetzt
- 200 OK  
Die Leitung steht
- 486 Busy Here  
Die Leitung ist besetzt. Falls bekannt ist, wie lange das Gespräch in etwa dauern wird, so kann dies im Retry-After Header mitgeteilt werden.

## Registrar Server

Im Normalfall wird jedoch nicht direkt die IP-Adresse des Anzurufenden eingegeben. Vielmehr sucht man sich in der Regel einen Provider, von dem man eine Telefonnummer erhält und gegen ein geringes Entgelt auch ins Fest- oder Mobilfunknetz telefonieren kann. Der Provider stellt dann Registrar und Proxy oder Redirect Server zur Verfügung, die eben dies möglich machen.

Sobald man sein Hardwaretelefon mit dem Router verbindet oder die Software auf dem PC startet, senden die User Agents eine REGISTER-Nachricht an den Server. Diese ist ähnlich aufgebaut wie die INVITE-Nachricht, ihr fehlt jedoch der Content. Dafür hat sie einen Contact- und einen Expires-Header:

```
REGISTER sip:bell-tel.com SIP/2.0
From: sip:watson@bell-tel.com
To: sip:watson@bell-tel.com
Call-ID: 70710@bell-tel.com
CSeq: 1 REGISTER
Contact: <sip:watson@pc10.informatik.uni-ulm.de>
Expires: 7200
```

In diesem Fall ist Alexander Bells Assistent, Mr Watson zu Besuch an der Uni Ulm. Er hat sich im Windows-Pool eingeloggt und seine SIP-Software gestartet; nun registriert er sich bei seinem Provider bell-tel.com. Alle Anrufe, die der Proxyserver bell-tel.com nun für Watson entgegennimmt werden an pc10.informatik.uni-ulm.de weitergeleitet. Die Registrierung ist 7200 Sekunden, also 2 Stunden gültig. Nach dieser Zeit muss der User Agent den Server erneut per REGISTER daran erinnern, wo er sich befindet, andernfalls erhalten Anrufer eine 404/Not Found Antwort.

## Proxy Server

Der Proxy Server des SIP Netzes verhält sich wie jeder andere Proxy Server: Er nimmt stellvertretend für UAS Anfragen entgegen und sendet auch stellvertretend für diese Antworten an die Clients zurück.

Der Proxy macht sich nun die Informationen des Registrars zunutze. Geht bei ihm ein Anruf für Watson ein, so erfragt er beim Registrar dessen momentane Adresse und setzt den Client davon per 100/Trying in Kenntnis. Sobald er die Adresse von Watson erfahren hat stellt er eine Verbindung zu dessen Server her und wartet die 100/Trying sowie die

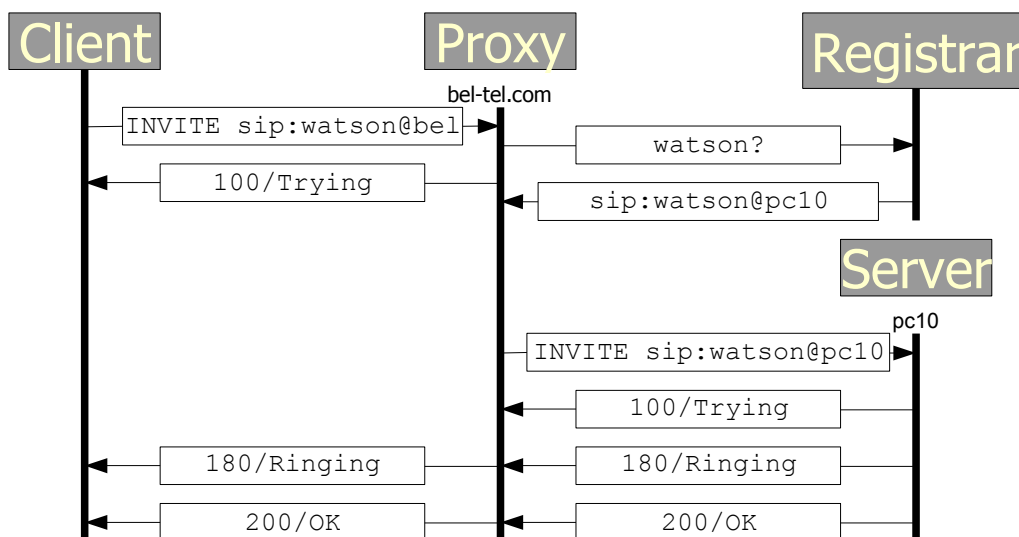


Abb. 2: Gespräch mit Proxy Server (Adressen aus Platzgründen gekürzt)

180/Ringing-Antworten ab. Letztere, ebenso wie die darauffolgende 200/OK-Nachricht leitet er an den Client weiter. Nun hat der Proxy erst einmal Pause, denn die Audiodaten werden nicht über ihn abgewickelt sondern direkt zwischen den User Agents ausgetauscht. Erst beim Beenden des Gesprächs greift er wieder ins Geschehen ein und vermittelt zwischen User Agent Client und -Server.

In einem alltäglichen Szenario mit einem VoIP-Provider, der Anrufe ins Festnetz ermöglicht sieht ein Gesprächsaufbau folgendermassen aus:

Der Anrufer gibt auf seinem Client die Telefonnummer des Gesprächs-partners ein. Der Client sendet dann eine INVITE-Nachricht an den lokalen Proxy mit der Telefonnummer als user-Teil der SIP-Adresse und dem Proxy selbst als host-Teil, siehe dazu das erste Beispiel zu SIP-Adressen. Der Proxy würde dann erkennen dass es sich um einen Festnetzanschluss handelt und eine Verbindung zu einem Gateway herstellen, das nahe zu Ulm liegt, idealerweise in Ulm.

Würde es sich hingegen um eine Telefonnummer eines anderen Sipgate-Benutzers handeln, so würde er eine Verbindung zu dessen User Agent herstellen.

## Redirect Server

Da die Last auf Proxy Servern bei steigender Benutzerzahl stark zunimmt kann stattdessen auch ein Redirect Server zum Einsatz kommen. Dieser kann ebenfalls die IP-Adresse von Benutzern vom Registrar erfragen, stellt dann jedoch keine Verbindung zum Benutzer her, sondern zieht sich aus der Affäre indem er dem anfragenden Client eine 302/Moved Temporarily-Antwort zusendet. Diese enthält im Contact-Header die SIP-Adresse des Benutzers und der Client kann eine direkte Verbindung zum Gesprächspartner herstellen.

```
SIP/2.0 302 Moved Temporarily
From: sip:watson@bell-tel.com
To: sip:a.g.bell@bell-tel.com
Call-ID: 70710@bell-tel.com
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:watson@pc10.informatik.uni-ulm.de>
```

## SIP/SIMPLE

SIMPLE steht in diesem Fall für einen ganz und gar nicht einfachen Ausdruck: SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions. SIMPLE ist eine Erweiterung zu SIP, definiert in den RFCs 3428 und 3856. SIMPLE ermöglicht Instant Messaging-Funktionen im SIP-Netz und bietet einen Präsenzstatus, wie man ihn von bereits bekannten Instant-Messaging Protokollen kennt. Ermöglicht wird dies durch einige zusätzliche Requests, zum Beispiel NOTIFY oder MESSAGE.

Es gibt bereits einige Hardwaretelefone die SIMPLE implementieren. Denkbar ist hier eine SMS-Funktion.

# 3 Praktisches und Fazit

## 3.1 Anbieter

### Kosten

Netzintern ist VoIP generell kostenlos, da die Provider ja nur zwischen den User Agents vermitteln müssen. Auch kooperieren mittlerweile einige Anbieter miteinander und ermöglichen ihren Nutzern kostenlose Gespräche mit ihren Partnern. Hierzu müssen die Provider lediglich ihre Registrar Server miteinander vernetzen, damit diese erkennen, dass es sich beim Gesprächspartner ebenfalls um einen VoIP-Client handelt. Wird dies nicht erkannt, so wandert das Gespräch über ein Gateway ins Festnetz, von dort zum Gateway des zweiten Anbieters und wird dann übers Internet fortgesetzt.

Die Preise für Gespräche ins Festnetz liegen bei 1.5 bis 2 Cent pro Minute. Ist eine vertragliche Bindung oder ein Mindestumsatz vorhanden, so sinken die Preise auf 1 Cent pro Minute oder sogar darunter. So kosten Gespräche beim Anbieter WEB.DE in

Verbindung mit dem WEB.DE Club ins Festnetz 1 Cent pro Minute, Sipgate bietet mit Sipgate 1000 ein Paket an, bei dem für 1000 Gesprächsminuten ins deutsche Festnetz 8.90 Euro anfallen. Der Minutenpreis beträgt also lediglich 0.89 Cent.

Gespräche ins Mobilfunknetz sind allerdings recht teuer, hier kommt man mit einem Call-by-Call Anbieter meist billiger weg: Die Minutenpreise liegen hier zwischen 20 und 25 Cent.

## Telefonnummern

Eigentlich hat die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) die Nummerngasse 032 für VoIP vorgesehen, doch dies geschah erst recht spät, sodass die meisten Anbieter schon vorher Nummern vergaben. Deshalb vergeben sie in der Regel Nummern aus dem Festnetz.

Bei Sipgate erhält man Ortsgebundene Telefonnummern in über 1000 Ortsnetzen, unter anderem auch Ulm.

WEB.DE bietet Nummern mit der Vorwahl 01212 an, die jedoch einige Nachteile haben. So sind sie aus den Mobilfunknetzen von Vodafone und O2 nicht zu erreichen. Ausserdem sind die Kosten höher als ins Festnetz, die Deutsche Telekom verlangt beispielsweise 7 Cent pro Minute.

## Notruf

Ein grosses Problem stellt momentan noch der nationale Notruf mit den Nummern 110 und 112 dar. Wählt man eine dieser Nummern aus dem Festnetz, so wird der Anruf an eine lokale Notrufzentrale umgeleitet. Da VoIP jedoch nicht ortsgebunden ist, stellt sich hier die Frage, wohin der Anruf weitergeleitet werden soll. Hier gibt es momentan noch unterschiedliche Ansätze.

Einige Anbieter, vor Allem solche, die ortsabhängige Nummern vergeben, leiten den Notruf an die Zentrale dieses Ortsnetzes weiter, was wohl die beste Lösung darstellt.

Andere Provider lösen dieses Problem eher notdürftig: Wählt man hier 110 oder 112, so landet man bei der Notrufzentrale, die für das Ortsnetz zuständig ist, in dem der Provider seinen Firmensitz hat.

Manche ziehen sich aus der Affäre indem sie Notruf einfach nicht anbieten.

Solange dieses Problem nicht gelöst wird ist VoIP natürlich kein voller Ersatz für den herkömmlichen Telefonanschluss.

Eine Liste der bekanntesten Anbieter ist in [Anhang C](#) zu finden.

## 3.2 Fazit

VoIP ist eine sehr vielversprechende Technologie. Es gibt derzeit 2 Protokolle, H.323 und SIP. SIP ist allerdings wesentlich einfacher zu implementieren und wird sich deshalb wohl

durchsetzen. Alle grossen Anbieter auf dem deutschen Markt setzen deshalb SIP ein.

Der wohl grösste Pluspunkt ist die Kostenersparnis. Mit steigender Anzahl an Nutzern wird es immer wahrscheinlicher sein, dass Bekannte ebenfalls SIP nutzen und somit kostenlose Gespräche möglich werden. Da SIP ortsunabhängig ist kann man sein Telefon auch in den Urlaub mitnehmen und dort sehr günstig nach Hause telefonieren.

Für grössere Firmen bietet VoIP zusätzlich den Vorteil, dass nur noch ein Netz und die zugehörige Hardware gewartet werden muss, da das Festnetz praktisch wegfällt. Dies hat allerdings den Nachteil, dass man den Techniker nicht mehr per Telefon erreichen kann, sollte das Netzwerk ausfallen.

Neben den oben genannten Problemen mit den Notrufnummern gibt es noch ein weiteres Hemmnis, nämlich die Festnetzgebundenheit der DSL-Anschlüsse. Die deutsche Telekom vergibt diese nämlich nur in Zusammenhang mit einem herkömmlichen Telefonanschluss, der mit gut 10 Euro monatlich zu Buche schlägt. Die RegTP prüft dies allerdings momentan; und sollte sie dies abschaffen wäre der Weg für VoIP endgültig frei, denn für eben diese 10 Euro bekommt man bei Sipgate bereits 1000 Freiminuten ins Festnetz.

### 3.3 Popularität

Eine Idee, wie VoIP in den letzten 2 Jahren immer populärer wurde kann diese Grafik geben. Hier wurde der Heise-Newsticker [\[8\]](#) darauf untersucht, wie häufig das Stichwort 'VoIP' in der Überschrift einer Meldung auftauchte:

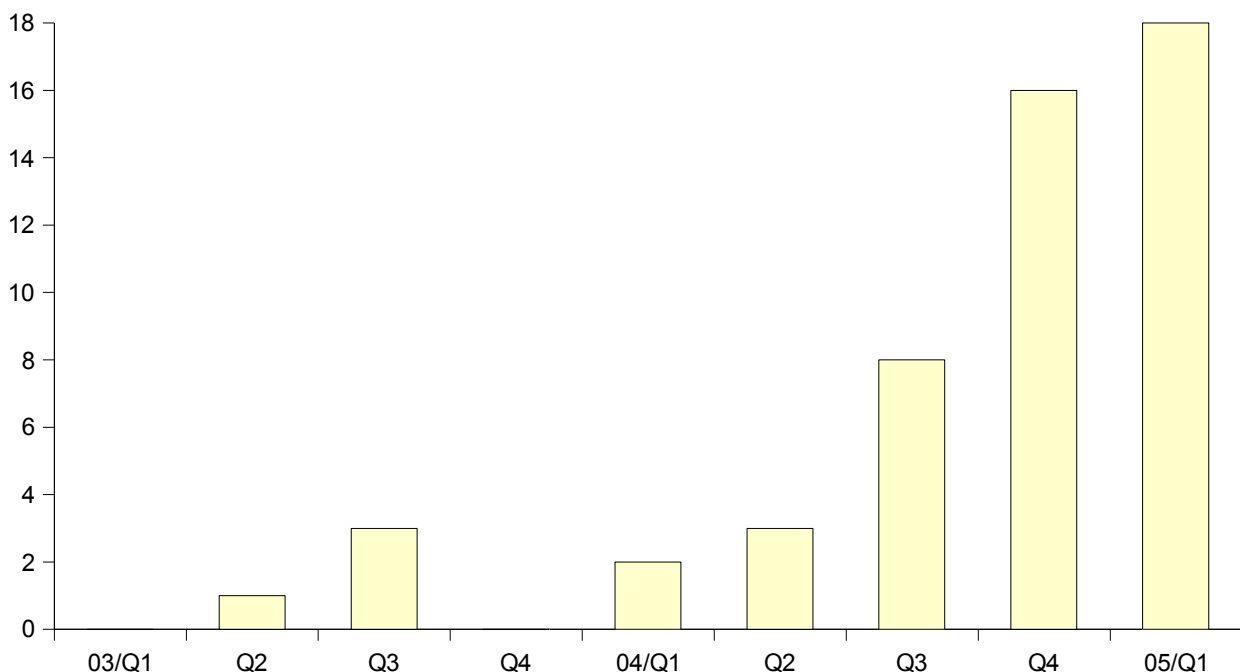


Abb. 3: Stichwort 'VoIP' im Heise-Ticker

## A Quellen

In diesem Anhang folgt eine Auflistung der verwendeten Quellen, sofern diese Informationen lieferten, die massgeblich am Inhalt dieses Dokumentes beteiligt sind.

Die Auflistung erfolgt chronologisch geordnet.

- [1] Wikipedia, Telefonnetz  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Telefonnetz>
- [2] Wikipedia, IP-Telefonie  
<http://de.wikipedia.org/wiki/IP-Telefonie>
- [3] Andreas Hitzig, Verbindung schaffen, Protokolle im Überblick: H.323 und SIP  
iX 9/04, S. 32
- [4] Wikipedia, H.323  
<http://de.wikipedia.org/wiki/H.323>
- [5] Wikipedia, Session Initiation Protocol  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Session\\_Initiation\\_Protocol](http://de.wikipedia.org/wiki/Session_Initiation_Protocol)
- [6] Handley, et al., Request For Comments 2543, SIP: Session Initiation Protocol  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>
- [7] Handley, et al., Request For Comments 2327, SDP: Session Description Protocol  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2327.txt>
- [8] Heise Newsticker  
<http://www.heise.de/newsticker>

## B Codecs

Die folgende Abbildung gibt eine kurze Übersicht über einige verwendete Codecs. PT steht hierbei für die Payloads, wie sie in SDP zur Aushandlung des Codecs verwendet werden.

	<b>PT</b>	<b>Codec</b>	<b>Kbps netto</b>	<b>Kbps brutto</b>
1		PCMU	64	87.2
3		GSM	13	?
18		G.729	8	31.2
4		G.723.1	5.3/6.4	20.8/21.9
?		G.726	24/32	47.2/55.2
15		G.728	16	31.5

Abb. 4: Auswahl an gebräuchlichen Codecs

## C Anbieter

Eine handverlesen Auswahl an bekannten Anbietern in Deutschland

- 1&1  
<http://www.1und1.de>
- AOL  
<http://www.aol.de>
- Freenet  
<http://www.freenet.de>
- Sipgate  
<http://www.sipgate.de>
- T-Online  
<http://www.t-online.de>
- WEB.DE  
<http://web.de>