

IP-Telefonie

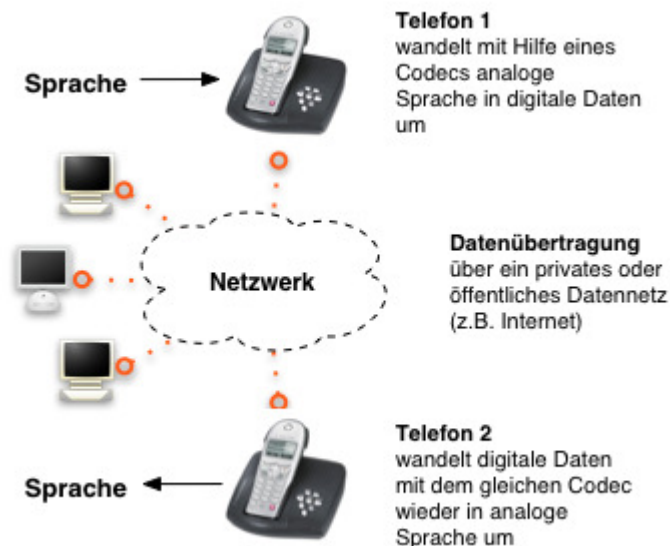
Die **IP-Telefonie**, auch als **Voice over IP** (kurz **VoIP**) bekannt, ist das Telefonieren über ein Computernetzwerk auf der Grundlage des Internet Protokolls. Wird die IP- Telefonie genutzt, um Gespräche über das Internet zu führen, spricht man von **Internet-Telefonie**.

Der wesentliche Unterschied zur herkömmlichen Telefonie besteht darin, dass die Sprachinformation nicht über eine geschaltete Verbindung in einem Telefonnetz übertragen wird, sondern aufgeteilt in IP- Pakete, die auf nicht festgelegten Wegen in einem Netzwerk zum Ziel gelangen. Die IP-Telefonie kann sich die Infrastruktur, also das Netzwerk, mit anderen Kommunikationsdiensten teilen.

Die IP-Telefonie ist eine junge Technologie. Das Ziel der Hardware- und Softwareentwickler ist es, eine Qualität und Zuverlässigkeit zu erreichen, die der klassischen Telefonie entspricht. Eine entscheidende Rolle dafür spielt das Netzwerk, über das die Daten übertragen werden. Der Vergleich zwischen IP-Telefonie und klassischer Telefonie bietet reichlich Stoff für Diskussionen

IP-Telefonie	1
1 Funktionsprinzip	2
2 Gateways	3
3 Internet-Telefonie.....	3
3.1 Verbindungsaufbau	4
3.2 Rufnummern	4
3.2.1 ENUM.....	5
3.2.2 Integrierung in den bisherigen Rufnummernplan.....	5
3.2.3 Andere Ansätze	5
3.3 Verbindungspreise.....	5
3.4 Unsichere Übertragungsqualität.....	6
3.5 Geringere Ausfallsicherheit.....	6
4 Rückgrat der herkömmlichen Telefonie.....	6
5 Einfachere Infrastruktur in Firmen und Institutionen.....	6
6 Entwicklung	7
7 Aktuelle Lösungen	7
7.1 Codecs.....	7
7.2 Signalisierungsprotokolle.....	8
7.3 Software	8
7.4 Hardware.....	9
8 Literatur.....	9

1 Funktionsprinzip



Prinzip eines Gesprächs via IP-Telefonie

Das Telefonieren an sich stellt sich für den Teilnehmer genauso dar wie in der klassischen Telefonie.

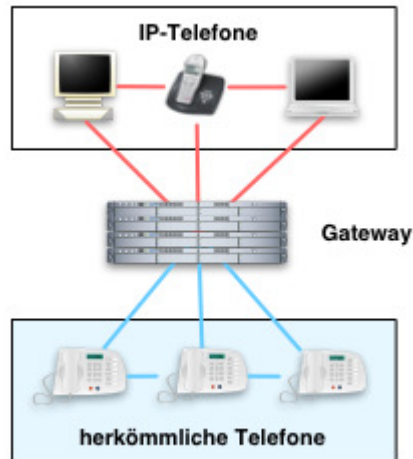
Wie bei herkömmlicher Telefonie wird die Sprache zunächst analog mit einem Mikrofon erfasst. Diese analogen Informationen werden dann durch einen Wandler in ein digitales Format überführt und über Codecs in entsprechende Audio- Binärformate gewandelt.

Je nach verwendetem Codec können die Daten dabei unterschiedlich stark komprimiert werden. Die meisten Codecs benutzen dabei ein Verfahren bei dem, ähnlich wie bei MP3-Dateien, für das menschliche Gehör unwichtige Informationen weggelassen werden. Das verkleinert die Datenmenge und verringert so die zur Übertragung benötigte Bandbreite. Werden allerdings zu viele Informationen weggelassen, leidet auch die Sprachqualität. Die verschiedenen Codec-Verfahren beherrschen die Audiokompression unterschiedlich gut. Manche sind auch speziell dafür ausgelegt, eine niedrige Bandbreite um jeden Preis zu erreichen. Je nach Codec variiert also die erforderliche Bandbreite sowie die Sprachqualität. Damit die Daten nach dem Transport auch wieder korrekt in Sprache umgewandelt werden können, muss der Empfänger denselben Codec wie der Sender benutzen.

Dieses Verfahren der Audiokompression wird übrigens heute schon beim Mobilfunk erfolgreich eingesetzt.

Der Transport der umgewandelten Daten erfolgt dann über ein öffentliches oder privates Computernetzwerk. Die Daten werden dazu in viele kleine Pakete aufgeteilt, weshalb auch *ein* Gespräch nun nicht mehr *eine* ganze Leitung benötigt. Allerdings müssen diese Pakete mit einer gewissen Mindestgeschwindigkeit beim Gegenüber ankommen, damit eine Kommunikation möglich ist. Eine Laufzeit (engl. Delay) von 150 Millisekunden stellt dabei die obere Grenze dar, bis zu der noch ein normales Gespräch möglich ist – bei größeren Werten wird die Verzögerung als störend wahrgenommen. Werden gleichzeitig noch andere Pakete über das Computernetzwerk übertragen, zum Beispiel die Pakete einer Internetseite, dann ist dies eventuell nicht mehr gewährleistet (siehe Absatz "Unsichere Übertragungsqualität").

2 Gateways



Das Gateway ist ein Vermittler zwischen den beiden Technologien

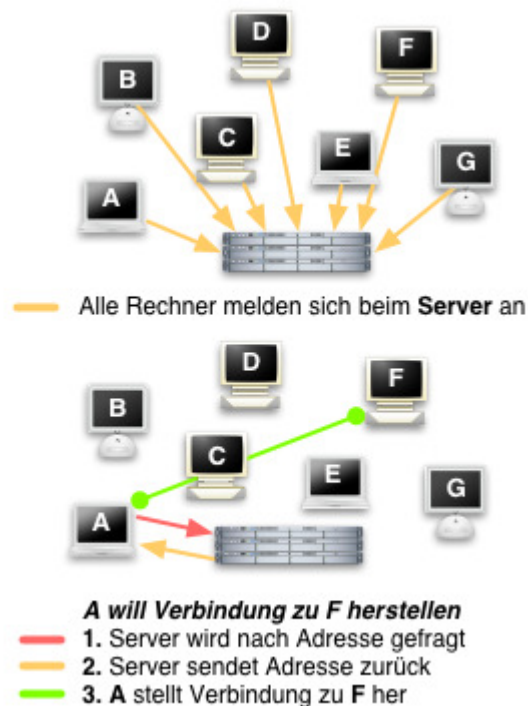
Damit Verbindungen zu herkömmlichen Telefonen hergestellt werden können, werden Vermittlungsrechner, die so genannten Gateways, benutzt. Diese sind sowohl mit dem Kommunikationsnetzwerk des IP-Telefons als auch mit dem Telefonnetz verbunden. Empfangen diese eine Anfrage von einem IP-Telefon, leiten sie diese ins Telefonnetz um, indem sie die gewünschte Nummer anrufen. Erhalten sie einen Anruf aus dem Telefonnetz, leiten sie eine Anfrage an das entsprechende IP-Telefon weiter.

Die Integration unterschiedlicher Netze durch Gateways wird auch als Konvergenz der Netze bezeichnet. Beschränkt man die Integration nicht alleine auf VoIP und herkömmliches Telefonnetz, sondern bezieht alle Netztypen mit ein, ergeben sich völlig neue Netzstrukturen auf der Basis von IP- Protokollen. Diese neuen Strukturen werden als *Next Generation Networks* (NGNs) bezeichnet. Im Kern würden dann sogenannte *Softswitches* statt herkömmlicher Vermittlungssysteme sitzen, welche die Gateways steuern. Sollte sich dieser Trend durchsetzen, dann wäre dies eine Revolution in der Telekommunikation, vergleichbar mit dem Umstieg von analogen auf digitale Netze in den 80ern. Ein Vorteil, den man sich von einem NGN erhofft ist, daß man alle Dienste und alle Dienstleistungen in jedem Netz anbieten kann, ohne sie für die jeweilige Netztechnologie neu entwickeln zu müssen. VoIP spielt hier eine Vorreiterrolle.

3 Internet-Telefonie

Die IP-Telefonie kann auch genutzt werden, um weltweit Gespräche über das Internet zu führen, die so genannte **Internet-Telefonie**. Wenn beide Teilnehmer einen Internetzugang nutzen, werden die Gespräche sehr preiswert, unabhängig von den Orten, an denen sie sich gerade befinden. Über das Internet kann aber auch Verbindung zu einem Gateway aufgenommen werden, das eine Verbindung in die klassischen Telefonnetze herstellt. Während sich die Übertragungsbandbreiten in begrenzten Netzwerken wie einem Heimnetz, Firmennetz oder ähnlichen noch vorhersagen und beeinflussen lassen, hilft bei der Internet-Telefonie nur die Wahl eines günstigen Codecs.

3.1 Verbindungsaufbau



Verbindungsaufbau durch Abfrage der Adresse beim Server

Damit eine Verbindung zu einem bestimmten Benutzer aufgebaut werden kann, muss dessen Adresse eindeutig bekannt sein. Im Internet ist - zumindest theoretisch - jeder Benutzer über eine IP-Adresse identifiziert. Allerdings verwenden die meisten Benutzer heutzutage keine festen IP-Adressen: Bei jeder Einwahl wird ihnen eine neue *dynamische* IP-Adresse zugewiesen. Außerdem verwenden viele Internet- Nutzer Router, so dass mehrere Geräte die selbe IP-Adresse im Internet verwenden. Es ist also nicht ohne weiteres möglich zu wissen, unter welcher IP- Adresse der gewünschte Gesprächspartner zu erreichen ist.

Eine Lösung trotzdem eine Verbindung zum gewünschten Partner herzustellen ist sich einfach bei einem Rechner mit fester Adresse (der dann Server genannt wird) zu melden. Dieser Server speichert dann die aktuelle Adresse unter der der Teilnehmer erreichbar ist. Wenn eine Verbindung zu einem anderen Teilnehmer aufgebaut werden soll, wird beim Server nach der aktuellen Adresse dieses Teilnehmers nachgefragt. Dieses Prinzip wird heute bereits erfolgreich bei Instant Messengern wie zum Beispiel ICQ oder AIM benutzt. Nachteil dieses Systems ist, dass ein solcher Server von jemandem bereitgestellt werden muss. Ist dies ein kommerzieller Anbieter sind Telefonate zu Teilnehmern bei anderen Anbietern meist nicht oder nur über kostenpflichtige Gateways möglich. Außerdem sind solche Server oft nur schlecht gegen Ausfall geschützt.

3.2 Rufnummern

Das unter *Verbindungsaufbau* beschriebene Problem ließe sich mit einem Rufnummernplan ähnlich wie bei der herkömmlichen Telefonie lösen. Es gibt derzeit eine Reihe von Ansätzen die von einer Integrierung der Internet-Telefonie in den bestehenden Rufnummernplan bis hin zu einem ganz neuen System gehen. Wesentliche Gesichtspunkte der Europäischen Union und der deutschen Regulierungsbehörde sind vor allem die Einhaltung aller Vorschriften und mittelfristig die Integrierung von Notrufsystemen in die Internet-Telefonie.

3.2.1 ENUM

Ein aktuell brauchbares Verfahren scheint **ENUM** zu sein. Es wird von einigen Netzbetreibern und sowohl von der deutschen (.de) als auch der österreichischen (.at) Domain-Vergabestelle vorangetrieben.

Bei ENUM wird die Telefonnummer umgedreht und mit Punkten versehen als Subdomain an eine Top Level Domain (normalerweise e164.arpa) angehängt. Aus +49 12345 6789 wird also zum Beispiel 9.8.7.6.5.4.3.2.1.9.4.e164.arpa. Diese Lösung setzt allerdings voraus, dass der Telefonkunde schon über eine Telefonnummer verfügt, für die in der Regel mindestens eine Grundgebühr zu zahlen ist.

Aufgrund der EU-Richtlinien zur Rufnummern-Mitnahme bei Wechsel des Telefonproviders erlebt ENUM derzeit (zumindest in Österreich) den erhofften Aufschwung. Bevor Telefonprovider aufgrund eigener Datenbanken ein Telefongespräch vermitteln, wird überprüft, ob es zu der gerufenen Nummer und dem verwendeten Dienst bei ENUM einen DNS-Eintrag gibt. Wenn ja, wird der Ruf zu der im DNS angegebenen Adresse vermittelt (PSTN- oder auch SIP-Teilnehmer).

3.2.2 Integrierung in den bisherigen Rufnummernplan

In Österreich wurde speziell für konvergente Dienste – unter die auch die Internet-Telefonie fällt – die Vorwahl +43 780 (personal number) geschaffen. Eine ähnliche Lösung wurde auch von der deutschen Regulierungsbehörde empfohlen: nach einer Vorwahl 032 soll ähnlich wie heute beim Mobilfunk mit einer "Blockkennung" ein VoIP-Betreiber ausgewählt werden, danach wäre dann die Endnummer des Teilnehmers zu wählen. Diese Teilnehmernummer soll dann nicht mehr wie heute an einen DSL- Anschluss gekoppelt sein, sondern unabhängig vergeben werden können. Nach diesem Schema sollen auch mobile VoIP-Geräte eine Rufnummer erhalten können.

3.2.3 Andere Ansätze

Der kurzfristige Ansatz, der von einigen Unternehmen gewählt wurde, einfach Nummern mit Vorwahlen von einigen deutschen Großstädten zu verwenden, wurde in Deutschland von der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) auf die Teilnehmer begrenzt die in diesen Ortsnetzen ihren Wohnort haben (Stand 6. Okt. 2004 [1]). Die Begründung ist, dass dadurch der Bezug, den die Telefonnummer in Übereinstimmung mit sämtlichen internationalen Festlegungen zum Wohnort hat, aufgelöst würde.

3.3 Verbindungspreise

Die Verbindungspreise der Internet-Telefonie sind primär davon abhängig, ob beide Teilnehmer mit dem Internet verbunden sind oder nicht. Sind beides Internet- Teilnehmer, fallen bei jedem je nach Vertrag (zum Beispiel Flatrate, Volumentarif oder Zeittarif) sehr unterschiedliche Gesprächspreise an.

Möchte man über das Internet einen Teilnehmer eines Telefonnetz anrufen, so benötigt man ein Gateway für die Verbindung ins klassische Telefonnetz. Die Benutzung des Telefonnetzes zahlt man an den Betreiber des Gateways, die Preise für Telefongespräche sind vergleichbar mit denen von Call-by- Call-Anbietern. Dem Nutzer dieser Angebote bleibt nur der genaue Blick in die Tariftabellen des jeweiligen Anbieters, um zu entscheiden, ob ihm die Internet-Telefonie Kostenvorteile bringt.

Bei Auslandsgesprächen ist der Standort des Gateways entscheidend: bis zum Gateway wird der günstige Internetzugang benutzt, danach gelten die Telefonpreise des Gatewayanbieters. Über ein deutsches Gateway können Gespräche ins Ausland teurer werden als durch die Wahl eines günstigen Call-by-Call-Anbieters im Festnetz.

3.4 Unsichere Übertragungsqualität

Da das Internet in seiner heutigen Form (Stand 2004) keine gesicherte Übertragungsqualität zwischen Teilnehmern garantiert, kann es durchaus zu Übertragungsverlusten und Aussetzern kommen, so dass die Sprachqualität nicht der von herkömmlichen Telefonnetzen entspricht. Im Extremfall kann die Sprache bis zur völligen Unverständlichkeit verzerrt werden.

Eine Priorisierung der "Sprachpakete" ist daher sinnvoll. Das heute im Internet verwendete Protokoll IPv4 bietet die Priorisierung zwar, jedoch wird sie von den Routern in Internet in der Regel nicht beachtet. Priorisierung alleine gewährleistet auch nur bei Überkapazität den sauberen Durchgang von VoIP. Zugangskontrolle (Admission Control), Service Contracts (Stichwort RSVP) sind hier weitere Schlagworte.

Im Internet ist "Best Effort" Transport der Status Quo, das heißt alle Pakete werden gleich behandelt. Sorgfältig geplante und konfigurierte private IP-Netze können heute (2004) vollständige Quality of Service gewährleisten (auch mit Ethernet als Weit- Transportschicht). Damit ist privates VoiceOverIP eine mögliche Standard-Lösung innerhalb von Firmen. Im öffentlichen Internet sind wir davon noch Meilen entfernt.

Manche Leute versprechen sich vom Nachfolgeprotokoll IPv6 die flächendeckende Bereitstellung von Quality of Service, doch verfügt schon IPv4 über Prioritätsmarkierungen im Paket. IPv6 bringt Effizienzsteigerungen, das Grundproblem Quality of Service ist auch damit nicht schlüssig gelöst. Ob die Infrastruktur diese Markierungen (Priorität, DSCP Code) berücksichtigt oder nicht ist letztendlich eine finanzielle Frage. Die Zukunft wird zeigen ob die Internet-Provider für mehr Geld auch qualitativ höherwertige IP-Ströme bereitstellen werden.

3.5 Geringere Ausfallsicherheit

Auch die Ausfallsicherheit ist im Internet derzeit nicht so hoch wie bei herkömmlichen Telefonnetzen. Vermittlungsstellen des Telefonnetzes sind heute in der Regel redundant ausgelegt, so dass bei Ausfall innerhalb kürzester Zeit die zweite Vermittlungsstelle übernehmen kann. Im Internet ist diese Sicherheit nicht gegeben, im Gegenteil, es gibt einige wenige zentrale Netzknoten, die bei Ausfall schnell flächendeckend den gesamten Verkehr lahmlegen könnten.

4 Rückgrat der herkömmlichen Telefonie

Bereits heute wird die IP-Telefonie in großem Stil von Netzbetreibern (in Deutschland also hauptsächlich von der Telekom) benutzt, um Telefongespräche im Hintergrund abzuwickeln. Dadurch, dass mehr Gespräche über ein Kabel geführt werden können, wird der Preis für ein einzelnes Gespräch günstiger. Die Netzbetreiber benutzen dabei jeweils zwei Gateways, die das Gespräch einmal in das IP- Netz und einmal wieder zurück in das herkömmliche Netz umleiten. Die Probleme wie sie bei der Internet- Telefonie auftreten, müssen dabei nicht auf die Netzbetreiber zutreffen. Wenn ausreichende Sicherungen und Übertragungsressourcen vorhanden sind, ist es durchaus möglich Gespräche in gleicher oder besserer Qualität als über die herkömmlicher Telefonie zu führen.

5 Einfachere Infrastruktur in Firmen und Institutionen

Innerhalb von Firmen und Institutionen kann Voice over IP dazu genutzt werden, die Telefonanlage mit dem Computernetzwerk zusammenzulegen. Die Telefongespräche werden über das Netzwerk übertragen: Gespräche im Haus laufen über VoIP, Gespräche nach außerhalb werden über ein Gateway ins normale Telefonnetz geleitet. Die Migration genannte Umstellung von klassischer Telefonie auf VoIP erfolgt oft schrittweise. Teile einer Firma, bevorzugt neue Abteilungen, erhalten die neue Technik. Die Struktur der Anlage wird in so genannten Szenarien beschrieben, die mehrere Übergänge zwischen konventioneller Telefonie und VoIP enthalten können. Durch VoIP wird die Telefonverkabelung und Teile der Telefonanlage eingespart. Die Sprachqualität und Zuverlässigkeit der Telefontechnik hängt jetzt aber komplett von der Netzwerktechnik ab.

6 Entwicklung

Nach mehreren Anläufen Ende der 1990er Jahre, in denen sich die IP-Telefonie nicht durchsetzen konnte, hoffen die Anbieter, dass mit der Verbreitung von Internet- Verbindungen mit hoher Bandbreite, zum Beispiel DSL, und dem Vorliegen von mehreren internationalen Standards die Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz gegeben sind. Allerdings sind bisher alle Versuche, Voice over IP über DSL zu standardisieren, bei allen internationalen Standardisierungsorganisationen wie der International Telecommunication Union (ITU), dem European Telecommunications Standards Institute (ETSI) oder dem American National Standards Institute (ANSI) mangels Interesse wieder eingestellt worden. Die Geschäftspläne namhafter Herstellerfirmen von VoIP-Equipment zeigen außerdem, dass in den nächsten Jahren als Anwendungsgebiet für Voice over IP hauptsächlich der Bereich der Firmennetze als relevanter Umsatzträger eingeschätzt wird, vor allem mit dem Verkauf von neuen Routern.

Seit Anfang 2004 versuchen mehrere Firmen, die Internet-Telefonie auch an **Privatkunden** in Deutschland zu verkaufen. Die hohe Anzahl von DSL-Anschlüssen und DSL-Neueinsteigern in Privathaushalten soll für Kunden sorgen. Ein kompletter Umstieg auf IP-Telefonie ist aber nur in wenigen Städten über spezielle Provider möglich, da ein DSL-Anschluss bei der Deutschen Telekom nur in Verbindung mit einem Telefonanschluss möglich ist.

Zu den Anbietern gehören die Internet-Telefongesellschaft **Indigo Networks** aus Düsseldorf ("Sipgate") und die Hamburger Firma **econo Deutschland GmbH**, die Produkte der **Nikotel Inc.** aus San Diego (Kalifornien) vertreibt. Die Hamburger Freenet.de AG bietet neben DSL-Anschlüssen auch Internet-Telefonie an. Die Karlsruher Web.de AG hat ihre Ablehnung der Internet-Telefonie aufgegeben und bietet seit August 2004 neben der internetgesteuerten Telefonvermittlung auch eine VoIP- Lösung an.

7 Aktuelle Lösungen

7.1 Codecs

Bei der Wahl eines Codecs für die IP-Telefonie muss man einen guten Kompromiss zwischen der zu übertragenden Datenmenge und der Sprachqualität anstreben. Neben der Datenkompression entscheidet auch der verwendete Algorithmus über die Sprachqualität. Folgende Codecs werden zur Zeit für VoIP verwendet (benötigte Netto/Brutto-Bandbreiten in Klammern):

Anmerkung: Die Brutto-Bandbreite ist abhängig von der Samplezeit. Als extremes Beispiel sei hier der Codec G.723.1 genannt, der je nach Samplezeit (20/30 ms) eine Bruttobandbreite von 10.66 bis 16.27 kbit/s abdeckt.

ITU-T-Standards (netto / brutto):

- **G.711a** bzw. **G.711u** – (64 kbit/s / 87,2 kbit/s)
- **G.722** – (48, 56 oder 64 kbit/s / ?)
- **G.723.1 ACELP** – (5,6 kbit/s / 16,27 kbit/s)
- **G.726** – (16 kbit/s / 39,2 kbit/s)
- **G.726** – (24 kbit/s / 47,2 kbit/s)
- **G.726** – (32 kbit/s / 55,2 kbit/s)
- **G.726** – (40 kbit/s / 63,2 kbit/s)

- **G.728** – (16 kbit/s / 31,5 kbit/s)
- **G.729** – (8 kbit/s / 31,2 kbit/s)

Weitere Standards:

- **GSM** – von ETSI (13 kbit/s)
- **iLBC** – Internet Low Bandwidth Codec – Entwurf der IETF (13,33 kbit/s bzw. 15,2 kbit/s netto)
- **SpeeX** – Teil des Xiph.org-Projekts (variable Bitraten)

7.2 Signalisierungsprotokolle

Der Rufauf- und -abbau erfolgt über ein von der Sprachkommunikation getrenntes Protokoll. Auch die Aushandlung der Parameter für die Sprachübertragung erfolgt über diese Protokolle. Verbreitete Signalisierungsprotokolle sind:

- **SIP** – Session Initiation Protocol, IETF RFC 3261
- **H.323** – Packet-based multimedia communications systems, ein ITU-T-Standard
- **Skinny Client Control Protocol** – von Cisco (nicht zu verwechseln mit SCCP (Q.71x) der ITU- T)
- **MGCP und MeGaCo** – Media Gateway Control Protocol H.248
- **MiNET** – von Mitel
- **IAX** – Inter-Asterisk eXchange protocol

7.3 Software

Inzwischen gibt es eine Reihe von Programmen auf dem Markt, die es dem Benutzer durch die Nutzung des Signalisierungsprotokolls SIP erlauben, Gespräche über VoIP zu führen:

- **daViKo** (Gratis für Privatanwender) – für Windows
- **EW2** (SIP MCU) - für Windows
- **iPhone** (Gratis) – für Windows
- **linphone** (GPL) – für Gtk/Linux
- **KPhone** (GPL) – für Qt/Linux
- **RAVCOMS** (Rapid Audio Video Communication System) - für Windows
- **Skype** (Gratis, proprietäres Protokoll) – für Windows, Linux, Mac OS
- **x-lite** (Gratis) – für Windows, Mac OS X und LindowsOS
- **SIPPS** für Windows
- **Asterisk** (IP-basierte Nebenstellenanlage) – für Linux

- Windows Messenger - für Windows

7.4 Hardware

Inzwischen gibt es eine Reihe von Herstellern auf dem Markt, die es dem Benutzer durch die Nutzung des Signalisierungsprotokolls SIP erlauben, Gespräche über VoIP zu führen:

SIP Protocol:

- AVM (FRITZ!Box Fon)
- Cisco (7905, 7940, 7960 - jeweils mit SIP-Firmware)
- DOSCH & AMAND (COM-ON-AIR VoIP)
- Giptel (G200)
- Grandstream (ATA286, ATA486, BT101, BT102, GXP-2000)
- Siemens (OptiPoint 400 SIP, Siemens Gigaset SX541)
- Sipura (SPA-1001, SPA-2000, SPA-2100, SPA-3000, SPA-841)
- SNOM (190)
- elmeg (IP290)
- PLANET (<http://www.mammut-projekt.de/link/1035.html>) (VIP-150T)
- Vlines (VD100, VD120)
- Zyxel (P2000W)

IAX2 Protocol:

- Vlines (VD100, VD120)

H.323 Protocol:

- levelone (VOI-1020)

8 Literatur

- **IP-Telefonie. Handbuch.** von Egmont Foth, FOSSIL-Verlag 2001, ISBN 3931959333
- **Voice over IP** von Rolf-Dieter Köhler, mitp 2001, ISBN 3826640675
- **Voice Over IP** von Jochen Nölle, VDE-Verlag 2003, ISBN 3800727080
- **Voice over IP. Die Technik** von Prof. Anatol Badach, Hanser Verlag 2004, ISBN 3-446- 22697-4