

Voice over IP
- Funktionalitäten, Voice over IP-Lösungen und
Wirtschaftlichkeitsanalyse -

Wolfgang Koops, Tobias Stahringer, Christian Thomsen

Oktober 2002

1. Einleitung

2. Grundlagen Voice over IP

2.1 Voice over IP

2.1.1 Vorteile von VoIP

2.1.2 Nutzungsmöglichkeiten von VoIP

2.1.3 Konfigurationen von VoIP

2.2 Die H.323-Umgebung

2.2.1 H.323-Terminal

2.2.2 H.323-Gateway

2.2.3 H.323-Gatekeeper

2.2.4 H.323-Multipoint Control Unit

2.2.5 Media Gateway Controller

3. Design-Richtlinien für IP-Netze

4. Migrationsansätze

4.1 Harte Migration

4.2 Sanfte Migration

5. Vergleich von IP Telefonie-Lösungen

5.1 Bewertungen von IP Telefonie-Lösungen

5.2 Leistungsübersicht und Kostenvergleich der IP Telefonie-Lösungen

6. Wirtschaftlichkeitsanalyse am Beispiel eines Mittelständischen Unternehmens

6.1 Annahmen und Voraussetzungen

6.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Quellenverzeichnis

1. Einleitung

Das Internet Protocol (IP) steht für verbindungslose Datenübertragung in Paketform im Internet. Es dient inzwischen auch Anwendungen, die lange als klassische Vertreter der leitungsorientierten Informationsübertragung angesehen wurden, z. B. der Telefonie. So steht unter anderem die Sprachübertragung in Netzen auf der Grundlage von IP vor der Einführung in Unternehmen, die schon Datenübertragung betreiben. Für eine allgemeine Akzeptanz müssen aber technische und wirtschaftliche Randbedingungen bekannt sein und eingehalten werden.

Kapitel 2 und 3 dieses Beitrags sind technisch orientiert, Kapitel 4 bis 6 sind kostenorientiert verfasst. Zunächst werden die Grundlagen der Technologie Voice over IP (VoIP) dargestellt, um darauf aufbauend den Einsatz von VoIP in Unternehmen zu beschreiben. Es werden deshalb Design-Richtlinien aufgestellt, Möglichkeiten der Einführung von VoIP aufgezeigt, stellvertretend für die VoIP-Anbieter-Branche vier VoIP-Lösungen zum Einsatz in Unternehmen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit bewertet und ein Kostenvergleich vorgenommen. Abschließend folgt eine Wirtschaftlichkeitsanalyse für ein beispielhaft ausgewähltes Unternehmen, das die VoIP-Technik über einen Zeitraum von drei Jahren einführt. Die Eingangsdaten der Untersuchung können leicht an andere Unternehmensdaten und Annahmen angepasst werden, sodass unmittelbar die entstehenden Kosten, das Einsparungspotential sowie die Rentabilität bestimmt werden können.

2. Grundlagen Voice over IP

2.1 Voice over IP

VoIP ist ein Sammelbegriff für Techniken, die es ermöglichen, Telefongespräche, Daten und andere Mehrwertdienste paketorientiert über IP-Netzwerke zu leiten. Synonym wird auch der Begriff IP-Telefonie verwendet. Im Mai 1996 wurde von der International Telecommunication Union (ITU) Studiengruppe 16 die erste Fassung des für die VoIP Technik grundlegenden Standards H.323 verabschiedet. Diese erste Version konnte keine Dienstqualität (Quality of Service, QoS) garantieren und sah keinen Übergang der Daten in das traditionelle Telefonnetz vor. Eine Verbesserung wurde im Januar 1998 durch die Erweiterung des Standards entsprechend der Version 2 erreicht. Die Version 3 beinhaltet Optionen für die Kommunikation von Fax über IP-Netze und Prozeduren zwischen den Gatekeepern einer Zone. Die Version 4 wurde im November 2000 herausgegeben und enthält einen erweiterten Anhang zu Themengebieten wie Fax und Resource Reservation Protocol.

Ziel dieser Rahmenempfehlung ist es, in paketorientierten Netzwerken, die keine bestimmte Dienstqualität garantieren können, die Datenübertragung von echtzeitrelevanten Daten zu regeln. Zu diesen Netzwerken gehören unter anderem Topologien wie Ethernet oder Token Ring nach den Standards der IEEE 802.x Reihe. Diese Topologien wurden für Datenübertragung in räumlich begrenzten Umgebungen (Local Area Network, LAN) entwickelt. VoIP ist vorgesehen für den Einsatz in einem geschichteten Ethernet. Der Einsatz in einem Umfeld von Hubs, also in einem geschichteten Ethernet, empfiehlt sich nicht, da auftretende Kollisionen eine akzeptable Datenübertragung verhindern.

Die H.323 Kommunikation setzt sich aus Audio-, Video- und Steuerungsinformationen sowie Daten zusammen. Zu diesem Thema hat die International Telecommunication Union (ITU) folgende Empfehlungen veröffentlicht:

G-Serie	Transmission systems and media, digital systems and networks
H-Serie	Audiovisual and multimedia systems
Q-Serie	Switching and signaling.

2.1.1 Vorteile von VoIP

Historisch bedingt existieren innerhalb der meisten Unternehmen zwei Kommunikationsinfrastrukturen. Auf der einen Seite steht die Infrastruktur für die Datenkommunikation, auf der anderen Seite die klassische Telekommunikations-Anlage (TK-Anlage) mit ihren Nebenstellen.

Da beide Kommunikationstechniken ihre eigenes Know-how für den Betrieb und die Pflege der Systeme benötigen, ist diese Trennung unwirtschaftlicher als nur eine Systemtechnik. In der Regel verfügen beide Netze über Schnittstellen zur Außenwelt. Diese Trennung wird durch Einführung neuer Technologien auf der Basis des IP obsolet. Während das klassische Telefonnetz bei jedem Telefonat eine Ende-zu-Ende-Verbindung mit einer festen Übertragungsrate von 64 kbit/s etabliert, wird bei der IP-Telefonie die Sprache digitalisiert, komprimiert, in IP-Datenpakete konvertiert und zusammen mit anderem IP-Verkehr über das Datennetz geführt.

VoIP führt die beiden getrennten Welten mit dem Ziel zusammen, die Effektivität und die Produktivität des Unternehmens zu erhöhen. Besonders interessant ist VoIP bei der Neuinstallation eines Gebäudekomplexes. Hier wird nur noch eine Verkabelung für die Kommunikation innerhalb des Gebäudes benötigt. Neben den geringeren Kosten bei einer solchen Installation ergibt sich zusätzlich der Vorteil, dass im Gegensatz zu der getrennten Kommunikationslösung für die Wartung nur noch ein Team von Technikern benötigt wird.

Eine Kostenersparnis bei den Verbindungsgebühren für Ferngespräche kann durch die Wahl eines geeigneten Providers erreicht werden. Gespräche zu anderen Standorten der Firma können über bereits angemietete Datenleitungen abgewickelt werden. Detaillierte Berechnungen und Analysen werden im Kapitel 6 durchgeführt.

2.1.2 Nutzungsmöglichkeiten von VoIP

Im Folgenden werden drei wesentliche Einsatzgebiete der VoIP-Technik beschrieben.

Das Ziel einer Integration von VoIP in ein bestehendes Telefonnetz ist beispielsweise, dass die Benutzer weiterhin mit den vorhandenen Endgeräten über das IP-Netz ohne Qualitätsminderung telefonieren können. Mit dem Einsatz eines VoIP-Gateways ließe sich die Anbindung der vorhandenen Nebenstellenanlage an ein IP-Netz realisieren. Durch den Einsatz von CTI-Servern (Computer Telephony Integration) wird das Telefonieren durch Anzeige von relevanten Daten (z.B. Name, Standort des Anrufers usw.) bei ankommenden Anrufen auf dem Bildschirm komfortabler.

In Call-Centern lässt sich deren Funktionalität durch den Einsatz von VoIP erweitern. Ein Kunde kann beim „Surfen“ im Internet durch ein sogenanntes „Click to Call“ bzw. „Click to Recall“- Angebot auf einer Homepage direkt Kontakt zu einem Call-Center-Agent aufnehmen. Er muss dazu lediglich ein Icon anklicken. Der Kunde muss seine bestehende Internetverbindung nicht abbrechen und auf einen Rückruf des Anbieters warten, sondern kann sofort den Kauf tätigen oder ergänzende Fragen zu dem Produkt stellen. Dazu ist es lediglich notwendig, ein Plug-In für den jeweiligen Browser zu installieren. Bei einem herkömmlichen Call-Center kann der jeweilige Agent vor Angabe der Kundennummer des Anrufers keine Informationen über den Kunden erhalten. Der Einsatz von interaktiven Fragebögen auf der Homepage, die der Kunde vor Anruf ausfüllt und der bei Betätigen des Icons dem bearbeitenden Agent übermittelt wird, ermöglicht ein Routing auf den am besten geeigneten Bearbeiter. Weiter stehen dem Bearbeiter direkt bei Anruf alle erforderlichen Kundendaten zur Verfügung. Durch diese effiziente Kombination kann der Agent die Gespräche schneller bewältigen und dem Kunden eine bessere Qualität anbieten.

Die dritte Nutzungsmöglichkeit ist das Unified Messaging. Dieser Begriff beschreibt die Integration von verschiedenen Nachrichtenarten, wie E-Mail, Voice-Mail oder Fax in ein System. Über einen zentralen Verzeichnisdienst, der die Nachrichten verwaltet und die Datenbank um ankommende Nachrichten ergänzt, lassen sich alle dargestellten Kommunikationsmerkmale vereinigen.

2.1.3 Konfigurationen von VoIP

Es sind verschiedene Konfigurationen für den Einsatz von VoIP denkbar. Zentrales Element dieser Konfiguration ist der VoIP-Gateway, der die Operationen für die Sprach- / Datenkonvertierungen zur Verfügung stellt. Auf diese Weise bleiben IP-Telefonie Gespräche nicht allein auf das Internet bzw. Intranet beschränkt, sondern können vom IP-Netz in leitungsvermittelte Telefonnetze oder umgekehrt geführt werden. Die Abbildungen 1 bis 4 stellen typische VoIP-Umgebungen dar.

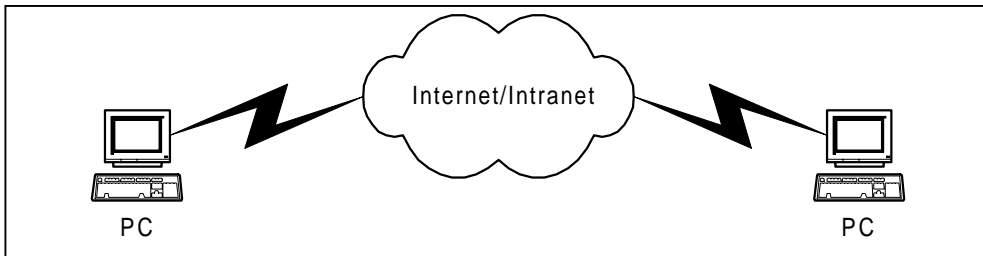


Abbildung 1: Standard IP-Telefonie

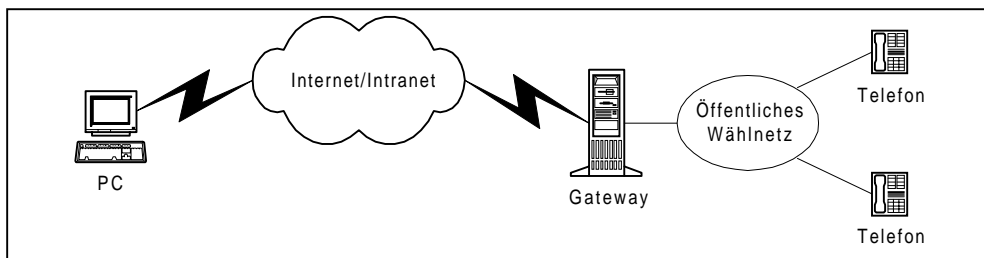


Abbildung 2: IP-Telefonie zwischen PCs und öffentlichen Wählnetzen

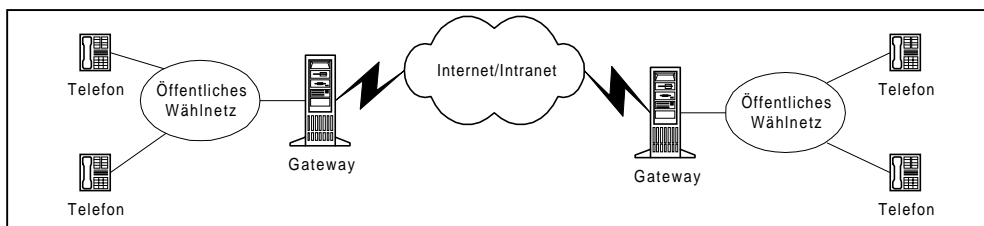


Abbildung 3: Paketbasierte Netze als Kommunikationsmedium

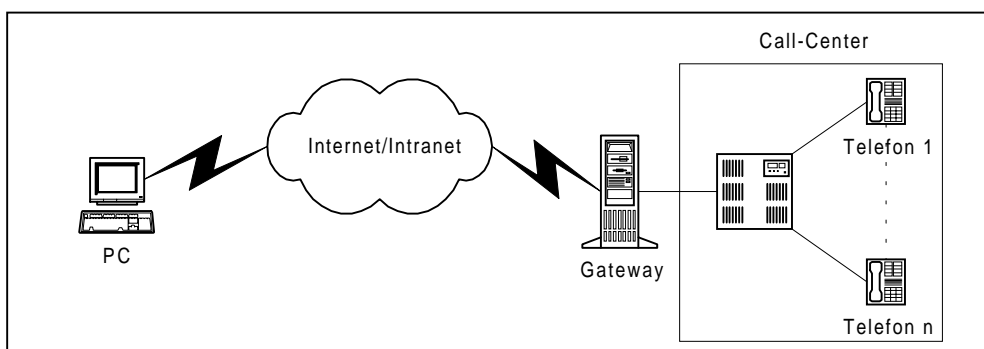


Abbildung 4: IP-Telefonie mit Call-Centern

2.2 Die H.323-Umgebung

Die Abbildung 5 zeigt die einzelnen Komponenten einer H.323-Umgebung.

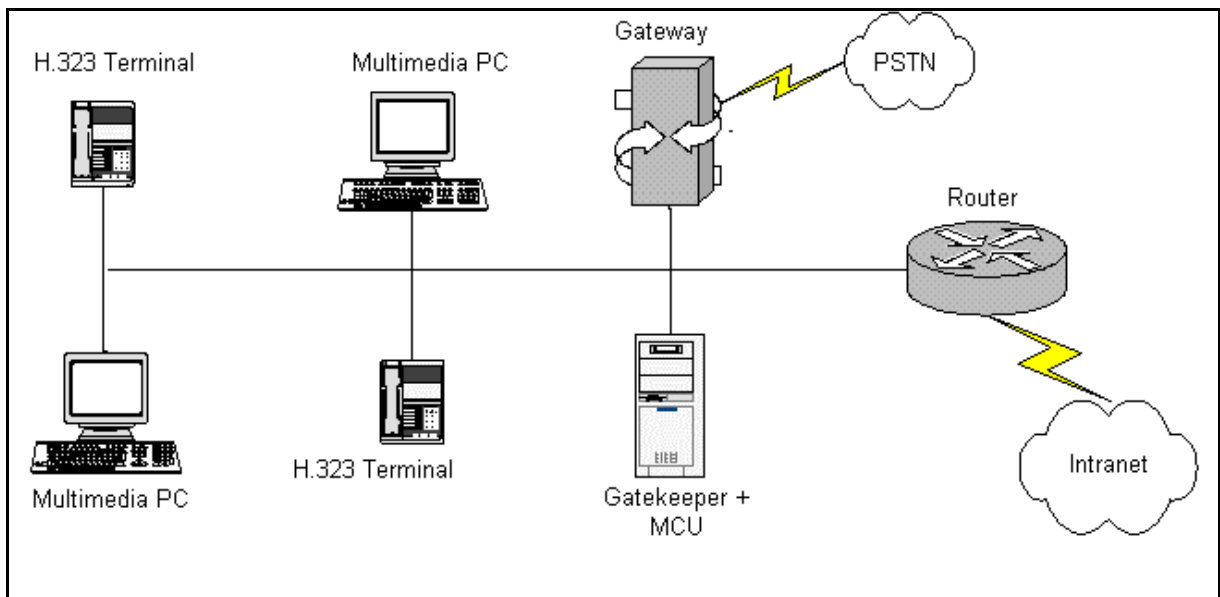


Abbildung 5: Komponenten einer H.323-Umgebung

In dieser Umgebung unterstützen alle H.323-Elemente Sprachkonferenzen, während die Unterstützung von Video- und Datenkonferenzen optional ist. Die vier Komponenten H.323-Terminal, Gatekeeper, Multipoint Control Unit (MCU) und Gateway werden in den weiteren Unterkapiteln genauer beschrieben.

2.2.1 H.323-Terminal

Die Endgeräte, auch Clients genannt, die im LAN zur Kommunikation zwischen den Teilnehmern eingesetzt werden, nennt man H.323-Terminals. Dabei kann es sich einerseits um eine Software (z.B. Netmeeting) auf einem Multimedia-PC oder ein spezielles IP-Telefon handeln. IP-Telefone haben gegenüber einer Multimedia-Software-Lösung einige Vorteile. Sie bieten dem Nutzer eine vertraute Bedienoberfläche und unterscheiden sich im Wesentlichen von einem ISDN-Telefon nur durch den 100- bzw. 10-Base-T-Anschluss. Weiter weisen sie eine höhere Zuverlässigkeit und eine schnellere Reaktionszeit durch eingebettete Systemimplementierung auf.

Neben den obligatorischen Audiokonferenzen und den zusätzlichen Video- und Datenkonferenzen kann ein H.323-Terminal auch die Aufgaben eines Gateways oder einer MCU übernehmen. Aufgrund des Installations- und Wartungsaufwandes werden H.323-Terminals üblicherweise nur zur Kommunikation zwischen Teilnehmern eingesetzt. Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau eines solchen Terminals.

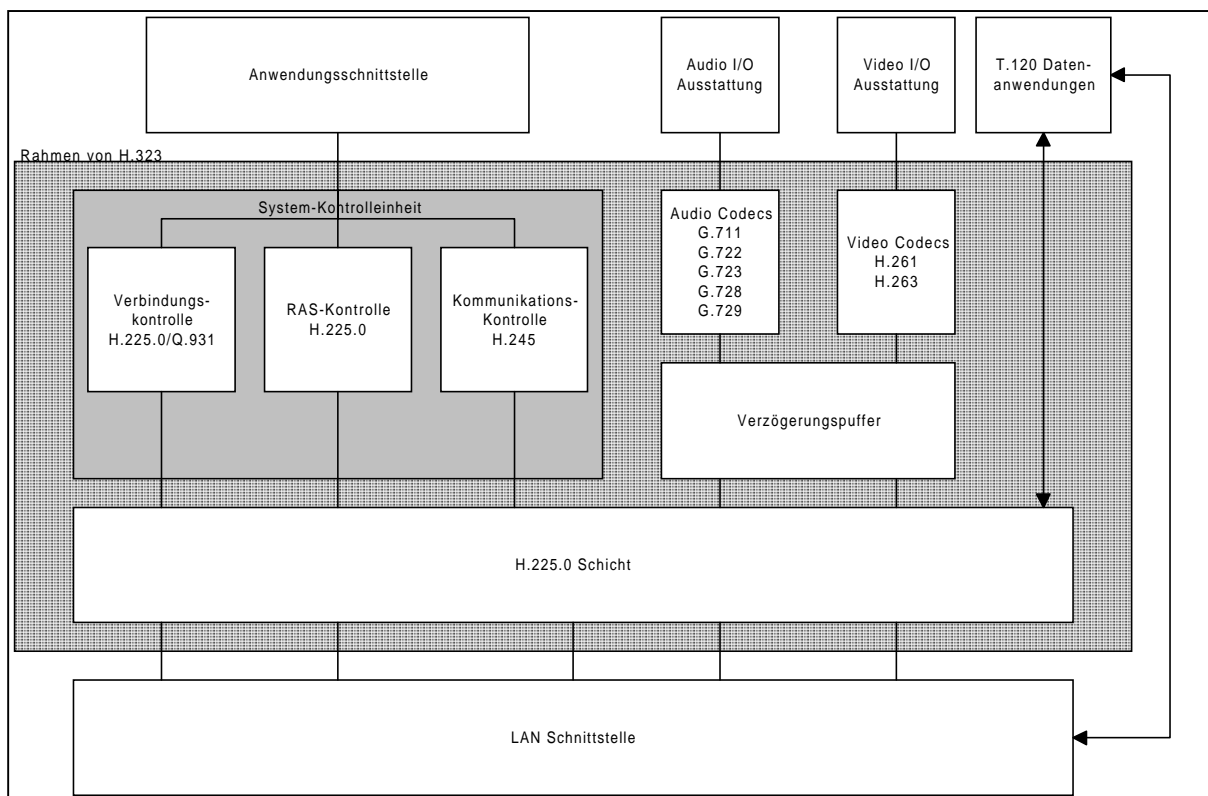


Abbildung 6: Aufbau eines H.323-Terminals

2.2.2 H.323-Gateway

Ein H.323-Gateway ist für die Protokoll- und Übertragungsmedium-Konvertierung verantwortlich. Die VoIP-Gateways unterscheiden sich in der Art des Übergangs in andere H.32x-Netzwerke bzw. in das General Switched Telephone Network (GSTN). Sie dienen hauptsächlich der Übersetzung zwischen den Standards und Protokollen. Ebenso kann ein Anruf in das öffentliche Telefonnetz weitergeleitet werden. Diesen Zusammenhang stellt die Abbildung 7 dar.

Die Kommunikation zwischen dem Gateway und dem Terminal erfolgt dabei über die Standards H.225.0 und Q.931, die in den folgenden Kapiteln noch beschrieben werden. Die Gateways bieten oft die Möglichkeit, die bereits vorhandene TK-Anlage anzuschließen. Dazu unterstützen sie das Q.SIG-Protokoll zur Verbindungskommunikation.

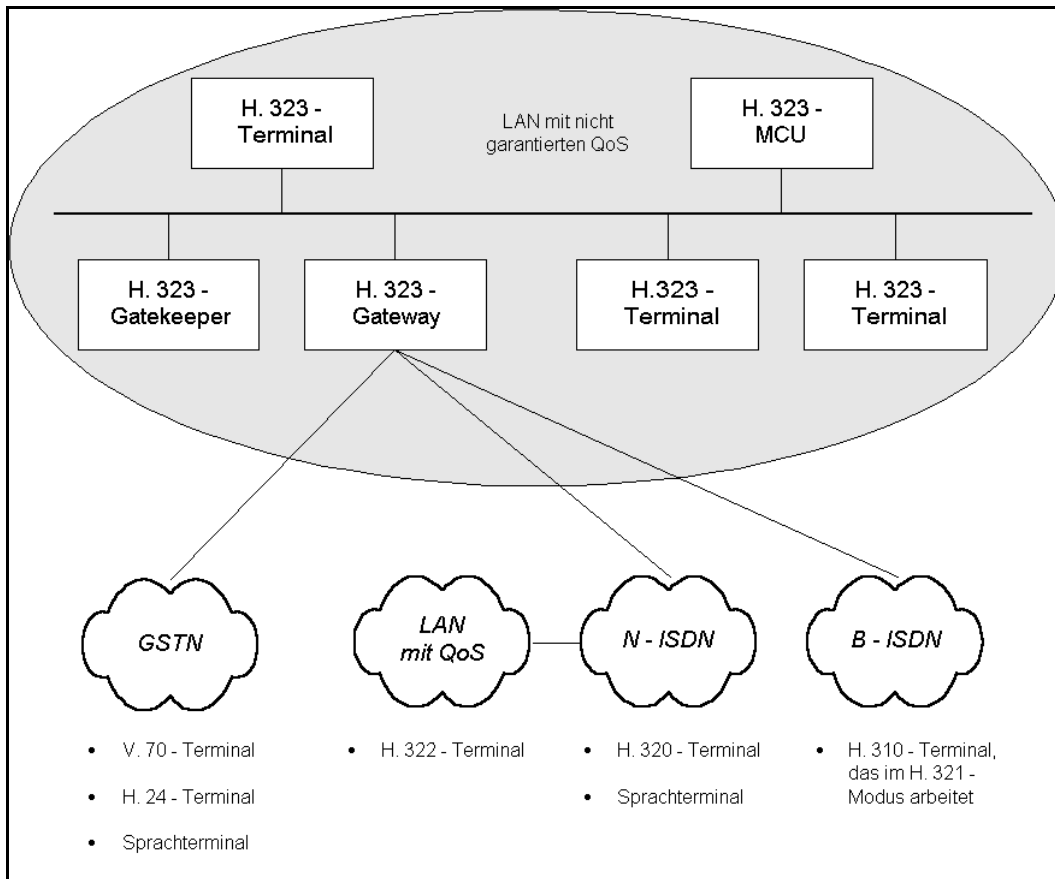


Abbildung 7: Gateway-Übergänge

2.2.3 H.323-Gatekeeper

Ein Gatekeeper kann optional in einem reinen H.323-Netz betrieben werden. Er dient zur Kontrolle des Netzwerkzugangs der Terminals, Gateways und MCU, sowie der Überwachung der Art und Anzahl von Verbindungen. Der Gatekeeper verwaltet die H.323-Zone und führt die Adressumsetzung zwischen Telefonnummer und IP-Adresse bzw. Domainnamen aus. Außerdem unterliegt ihm das Bandbreitenmanagement, d.h. er legt fest, wieviel Bandbreite eines LAN für H.323-Anwendungen zur Verfügung steht. Er beschränkt in Überlastsituationen z.B. die Anzahl der Verbindungen und reserviert somit gewisse Restkapazitäten im LAN. Zusätzlich überwacht er in Konferenzen die Übertragung der Kontrollinformationen zwischen den Teilnehmern. Bei dem Gatekeeper handelt es sich um einen Kommunikationsserver, der die Verbindungssteuerungsfunktionen für ein- und ausgehende Gespräche übernimmt. Dieser Server kann als Windows- oder Linux-Server ausgeführt werden.

Die Kommunikation zwischen den Endgeräten und einem Gatekeeper erfolgt über die in der ITU-T Empfehlung H.225.0 spezifizierte RAS (Registration, Admission and Status) -Signalisierung.

2.2.4 H.323-Multipoint Control Unit

Durch den Einsatz einer MCU werden Konferenzen mit mehreren Teilnehmern und Gateways möglich. Alle Endgeräte, die an einer Konferenz teilnehmen möchten, müssen Verbindung mit der MCU aufnehmen. Die MCU ermittelt dann, welche Sprachverarbeitungsfähigkeiten die beteiligten Endgeräte haben und entscheidet, welcher Codec für die Verbindung zu verwenden ist, und übernimmt das „Media Streaming“, d.h. die Verteilung der Sprachströme.

Diese Einheit besteht aus einem Multipoint Prozessor (MP) und einem Multipoint Controller (MC). Der MC überwacht die Konferenz und den Aufbau und Abbau der Verbindung eines Konferenzteilnehmers. Der MP verarbeitet die zentralen Audio-, Video- und Datenströme der Konferenz. Zusätzlich kann er das Routen von Daten übernehmen, das dann vom MC überwacht wird. Meistens ist die MCU im Gatekeeper oder im Gateway implementiert.

2.2.5 Media Gateway Controller

Um auch größere IP-Telefonie-Netze mit zentraler Signalisierung und übergreifendem Management aufbauen zu können, sieht die Internet Engineering Task Force (IETF) eine ausgelagerte Gateway-Steuerung vor. Sie erfolgt im Media Gateway Controller (MGC). Media Gateways übernehmen die Sprachübertragung mit Kompression / Dekompression, Ausgleich von Jitter und Paketverlusten, Paketierung / Depaketierung, während sich der MGC um die Gateway-Steuerung, die Signalisierung und zentrale Services (z.B. Gebührenermittlung) kümmert. Die Kommunikation zwischen Gateways und Controller erfolgt über das Simple Gateway Control Protocol (SGCP) oder seine Weiterentwicklung, das Media Gateway Control Protocol (MGCP). Im August 2000 hat sich die ITU der vom IETF definierten Gateway-Architektur angeschlossen. Ergebnis der Einigung zwischen ITU und IETF ist das MEGACO-Protokoll (RFC 2885, H.248) für die Kommunikation zwischen Gateway und Controller.

3. Design-Richtlinien für IP-Netze

Beim Einsatz von VoIP haben sich bestimmte Grundsätze bewährt, die zu berücksichtigen empfohlen wird.

a) Technologie

Traditionell wurden in LANs Hubs oder Ringverteiler für die Anschaltung von Endgeräten verwendet. Heute bevorzugt man Switches. Dies ist aus folgenden Gründen auch für die IP-Telefonie sinnvoll. Zum einen beheben sie das Kollisionsrisiko und erhöhen die pro Endgerät verfügbare Bandbreite, zum anderen sind sie, wegen getrennter Links, abhörsicherer.

b) Bandbreite

Die Dimensionierung der Bandbreite des IP-Netzes sollte so erfolgen, dass zumindest der übliche Sprach- und Datenverkehr ohne Beeinträchtigung fließen kann. Überlastsituationen lassen sich dann mit qualitätssichernden Maßnahmen regulieren.

Wird die IP-Telefonie in ein existierendes Netz eingeführt, sind die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Bandbreiten pro Telefongespräch (bidirektional) zu berücksichtigen:

Kodierverfahren	Nutzdatenrate [kbit/s]	Sample-Zeit [ms]	Pakete pro Sekunde	RTP-Nutzlast [Byte]	IP-Paketgröße [Byte]	Ethernet-Paketgröße [Byte]	Bandbreite Ethernet [kbit/s] pro Richtung
G.723.1	6,3	30	33,3	24	64	90	23,976
G.729	8	10	100	10	50	76	60,800
G.711	64	30	33,3	240	280	306	81,518

Tabelle 1: Bandbreitenbedarf

Pakete pro Sekunde = $1 / \text{Sample-Zeit}$

RTP-Nutzlast = Nutzdatenrate * Sample-Zeit

IP-Paketgröße = Nutzlast + 12 Byte RTP-Header + 8 Byte UDP-Header + 20 Byte IP Header.

Ethernet-Paketgröße = IP-Paket + 7 Byte Preamble + 1 Byte Rahmenbegrenzer + 12 Byte MAC-Header + 2 Byte Länge Datenfeld + 4 Byte CRC.

Bandbreite Ethernet = Ethernet-Paketgröße * Pakete pro Sekunde

Zu beachten ist, dass die angegebenen Bandbreiten einer unidirektionalen Kommunikation entsprechen. Nach der ITU Empfehlung G.114 wurde als Paketierungszeit die Standard-Framelänge der Vocoder-Verfahren vorausgesetzt – hinsichtlich Bandbreitenbedarf der ungünstigste Fall, da dabei der größte Overhead auftritt. Er lässt sich verringern, indem mehr als ein Frame pro Paket übertragen wird. Dieses Verfahren verzögert allerdings die Übertragung zusätzlich. Betrachtet man beispielsweise den G.723.1-Codec, dann weist bei einem Frame pro IP-Paket jedes Paket einen Overhead von 167 % (40 Byte : 24 Byte) und eine Paketierungszeit von 30 ms auf. Bei zwei Frames pro IP-Paket beträgt der Overhead nur noch 83 % (40 Byte : 48 Byte), die Paketierungszeit verlängert sich auf 60 ms.

Im Falle einer Sprachdetektion und Pausenunterdrückung reduzieren sich die in der Tabelle angegebenen Bandbreiten in Abhängigkeit von der Wirksamkeit des Sprachdetektors (z.B. um 50%).

c) Verzögerung

Als Richtwert für die Netzdimensionierung gilt, dass die Gesamtverzögerung nach der ITU-T Empfehlung G.114 pro Übertragungsrichtung 150 ms nicht überschreiten darf. Von diesen 150 ms sind die im IP-Telefonie-Gateway oder IP-Telefon auftretenden Verzögerungen abzuziehen, um den verbleibenden Betrag für das IP-Netz zu ermitteln. Dies betrifft in der Regel die in der Tabelle 2 aufgeführten Komponenten.

Verzögerungskomponente	Beispielwert
Kodierung mit Framebildung	30 ms bei MP-MLQ nach G.723.1
Restliche Verarbeitungszeit nach Vorliegen eines Frames	10 ms
Zusätzliche Paketierungszeit	Hängt von der Anzahl der Frames pro Paket ab und ist ungefähr 0, wenn nur 1 Frame pro Paket versendet wird
Netzinterface	Maximal 1 ms
Empfangsseitige Zwischenspeicherung zum Jitterausgleich	Minimal 1 Paket, also beispielsweise 30 ms

Tabelle 2: Verzögerungen in IP-Telefonie-Endgeräten

Mit den genannten Beispieldaten ergibt sich eine Verzögerung von 71 ms, sodass, ausgehend von dem Richtwert von 150 ms, für das IP-Netz 79 ms übrig bleiben. Im IP-Netz fallen vor allem die Übertragungszeiten der verschiedenen Verbindungswege sowie die Verarbeitungs- und Wartezeiten in den Netzknoten an.

Die Übertragungszeiten lassen sich mit den Übertragungsraten der Verbindungswege berechnen. Die Übertragung eines 100 Byte großen Pakets mit 28,8 kbit/s dauert beispielsweise etwa 28 ms. Bei 2 Mbit/s sind es nur noch 400 µs und bei 100 Mbit/s reduziert sich die Übertragungszeit auf 8 µs. Zu den Netzknoten gehören auch Router und Switches.

Switches verursachen keine nennenswerte Verzögerung, wenn die Bandbreite des Uplinks nicht geringer als die Summe der Bandbreiten der gleichzeitig aktiven Ports ist. Wesentlich kritischer sind die Router. Ohne Priorisierung oder Reservierung stellen sie für die IP-Telefonie ein Risiko dar. Zwar kann man beispielsweise mit 10 ms Paketverzögerung pro Router rechnen, aber bei starkem Datenverkehr mit großen Paketlängen wird dieser Wert überschritten.

Firewalls und Proxy-Server müssen gegebenenfalls zusätzlich betrachtet werden. Bei Proxy-Servern sind Verzögerungen von 500 ms nicht unüblich. Für die IP-Telefonie ist dies inakzeptabel.

d) Service-Level-Garantie

Der Einsatz von Priorisierungstechniken an Engpässen gewährleistet die erforderliche QoS bei schwankender Netzbelastung und wird von den meisten IP-Telefonie Lösungsanbietern mit einer entsprechenden Paketklassifizierung unterstützt.

e) Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit eines Netzes sinkt mit der Anzahl hintereinander geschalteter Netzknoten zwischen Sender und Empfänger. Folglich empfiehlt es sich, diese Knotenanzahl gering zu halten. Eine weitere Erhöhung der Verfügbarkeit lässt sich mit paralleler Redundanz der Netzknoten und Verbindungswege erreichen.

4. Migrationsansätze

4.1 Harte Migration

Eine harte Migration wurde von den Herstellern von VoIP-Systemen zu Beginn der Entwicklung propagiert. Die bestehende TK-Anlage sollte vollständig der VoIP-Technologie weichen. Die Technik wäre vollkommen ausreichend entwickelt, man benötige keine eigenständige TK-Anlage mehr, eine modernes IP-basiertes Telefonsystem zeigt, dass das Unternehmen innovativ ist und sich technologisch nicht verschließt, darüber hinaus werden Wettbewerbsvorteile erzielt.

Demgegenüber stehen häufig langfristig laufende Miet- und Wartungsverträge und gewachsene Strukturen. Anders stellt sich die Situation bei Neubauten oder Start-Up Unternehmen, bei denen von Beginn an Ressourceneinsparungen möglich sind.

4.2 Sanfte Migration

Inzwischen wird auch von Herstellerseiten der Weg einer sanften oder weichen Migration vorgeschlagen, bei der in einer nicht zu kurzen Übergangszeit auf IP-Technologie umgestellt wird. Bestehende Verträge können auslaufen, verlässliche Planungen sind möglich, die meisten Mitarbeiter erhalten genügend Zeit sich umzustellen und Veränderungen behindern weniger den normalen Geschäftsablauf. Nach der Jahre währenden Umstellungszeit hat das VoIP-System vollständig die

Funktion der TK-Anlage übernommen. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse in Kapitel 6 unterstellt sanfte Migration.

Ein noch sanfterer Weg ist möglich, wenn das VoIP-System in eine vorhandene TK-Anlage eingefügt wird und als Unteranlage für spezielle Abteilungen oder Projekte eingebettet ist.

5. Vergleich von IP Telefonie-Lösungen

5.1 Bewertungen von IP Telefonie-Lösungen

In diesem Abschnitt erfolgt eine begrenzte Marktübersicht über verschiedene Hersteller von VoIP-Technologie. Es werden Lösungen der Firmen Cisco Systems, Siemens, Swyx und Innovaphone vorgestellt. Die beiden erstgenannten stehen für größere Firmen, die von Netzwerktechnologie und herkömmlichen Telekommunikationsanlagen zu VoIP gekommen sind. Swyx und Innovaphone repräsentieren junge Unternehmen, die erst durch den Markt der IP-Technologie entstanden sind und einerseits ein Software-basiertes IP-System sowie eine Hardware-Lösung anbieten. Durch diese Auswahl sollen verschiedene am Markt befindliche Lösungen dargestellt werden, die sich im Ansatz unterscheiden, jedoch im Leistungsumfang relativ ähnlich sind.

Ein zusammenfassender Vergleich der IP Telefonie-Lösungen findet im nächsten Abschnitt statt. An dieser Stelle soll eine Kurzbewertung der von den Anbietern vorgestellten Produkte gegeben werden.

Kurzbewertung der Lösungen zur IP Telefonie:

a) Cisco Systems

Die Cisco-Lösung genügt besonders im Punkt Ausfallsicherheit hohen Ansprüchen. Der Media Convergence Server, auf dem der Call Manager arbeitet, kann bei Bedarf redundant ausgelegt werden. Somit ist eine Verfügbarkeit auch gegeben, falls ein System einmal ausfallen sollte. Ein zweiter Server übernimmt dann sofort die Funktion, diese Umschaltung dauert laut Cisco weniger als 100 ms.

Die Stromversorgung der IP-Telefone per Inline Power ist ein weiterer Vorteil. Ist der entsprechende Switch mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung ausgestattet, kann VoIP auch bei Stromausfall aufrecht erhalten werden.

b) Siemens

Für eine Lösung von Siemens spricht, dass ggf. einerseits die eigene Anlage der *Hicom*-Serie mit VoIP-Komponenten ausgestattet oder andererseits ein komplettes IP-basiertes System erworben

werden kann. Innerhalb der einzelnen Produktlinien gibt es an die spezifische Firmengröße anpassbar verschiedene Möglichkeiten. Im Punkt Sicherheit und Stabilität setzt Siemens hohe Maßstäbe. Redundante Technik wird eingesetzt und Unterstützung sowie Support sind auch nach Jahren gesichert.

c) Swyx

Die Lösung *SwyxWare* ist ein System, welches von vielen Fachzeitschriften positiv bewertet worden ist. Es ist sicherlich auch im Vergleich zu Marktführern wie Cisco Systems oder Siemens eine Alternativ-Lösung, die auch finanziell beachtenswert ist. Mit einer Entscheidung für *SwyxWare* erhält man eine moderne VoIP-Telefonie-Lösung, die bequem erweiterbar ist und auch die sanfte Migration bei einer schon bestehenden TK-Anlage ermöglicht.

d) Innovaphone

Eine Lösung von Innovaphone eignet sich ebenfalls gut zur sanften Migration, da Innovaphone eine nahezu beliebige Skalierbarkeit unterstützt. Ein vollwertiger Ersatz der TK-Anlage ist natürlich ebenfalls möglich. Durch den günstigen Einstiegspreis ist eine Anschaffung auch für kleinere Unternehmen denkbar. Die positiven Testergebnisse des Systems machen es deutlich, dass auch mit wenigen Mitarbeitern eine am Markt konkurrenzfähige Lösung positioniert werden kann.

5.2 Leistungsübersicht und Kostenvergleich der IP Telefonie-Lösungen

Für den Einsatz im Unternehmen sind verschiedene Leistungsmerkmale der ausgewählten VoIP-Lösung dringend erforderlich, andere sind nur Komfortmerkmale. Im Folgenden sind die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Lösungen übersichtsartig dargestellt. In Tabelle 3 sind wichtige Leistungsmerkmale aufgeführt, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Eine Unterteilung in einzelne Komponenten, wie den Server oder das Arbeitsplatztelefon, soll die Übersichtlichkeit erleichtern.

Merkmal	Cisco Systems	Siemens	Swyx	Innovaphone
Server				
- Hardware-Lösung	✓	✓		✓
- Software-Lösung	✓	✓	✓	
- Max. Nutzer/Standort	10.000	100.000 (gesamte Produktlinie)	200	1.000
- Redundante Ausbau möglich	✓	✓	keine Angaben	keine Angaben
- H.323 Endgeräte einsetzbar	✓	✓	✓	✓
- Audio Codecs	G.711, G.729A	G.711, G.723.1	G.711	G.711, G.723.1, G.729A
IP-Telefon	IP Phone 7960	OptiPoint 400 Standard	SwyxPhone L420	tiptel innovaphone 200
- LAN Komponente	Switch 10/100 Mbit/s	Switch 10/100 Mbit/s	Switch 10/100 Mbit/s	Hub 10 Mbit/s
- Stromversorgung per LAN	✓	✓	✓	
- Automatische Konfiguration	✓	✓	✓	✓
- Displaytyp	grafisch	alphanumerisch	alphanumerisch	grafisch
- Funktionstasten programmierbar	✓	✓	✓	✓
- Freisprecheinrichtung	✓	✓	✓	✓
PC-Client				
- Herkömmliche Telefoniefunktion		✓	✓	
- CTI Funktion		✓	✓	
- TAPI Unterstützung		✓	✓	

Tabelle 3: Leistungsmerkmale von IP Telefonie-Lösungen

Bei der Kostenübersicht der Tabelle 4 ist zu beachten, dass es sich weitestgehend um Listenpreise vom Juni 2002 handelt, die nicht unbedingt die aktuellen Marktpreise widerspiegeln. Preisnachlässe sind deshalb nicht nur im Einzelfall denkbar. Die Preise von Cisco wurden aus einer Liste abgeleitet, die in US-Dollar verfasst war. Der Dollar-Euro-Kurs wurde mit 1 : 0,95 angenommen.

Der Vergleich zeigt keine wesentlichen technischen Unterschiede. Insofern kann eine Kaufentscheidung nach wirtschaftlichen Kriterien getroffen werden. In diesem Fall bietet sich die Lösung von Innovaphone an.

Annahmen zur Kostenübersicht (Tabelle 4):

- Unternehmensgröße: 100 Mitarbeiter
- Primär-Multiplex Gateway für bis zu 30 gleichzeitig zu führende Extern-Verbindungen
- 5 a/b-Wandler zum Anschluss von 5 analogen Faxgeräten

Cisco Systems	Preis (Euro)
Media Convergence Server inkl. Call Manager 3.1 Software	12.626,--
Router (Serie 2600) inkl. ISDN PRI Modul	4.842,--
100 IP Phones Typ 7960 (à 679,--)	67.900,--
5 Anschlüsse (à 593,--) inkl. Call Manager Lizenzen	2.965,--
Gesamtpreis Cisco Systems	88.333,--

Siemens	Preis (Euro)
HiPath 5500 V3.0 Server inkl. Lizenzen	23.050,--
Server-Hardware (Fremdhersteller), 1 PC	1.500,--
HiPath RG 2500, PRI-Gateway	12.620,--
100 optiPoint 400 (à 450,--)	45.000,--
5 HiPath AP 1100	2.175,--
Gesamtpreis Siemens	84.345,--

Swyx	Preis (Euro)
SwyxServer inkl. Lizenzen	12.950,--
SwyxGate	6.649,--
Server-Hardware (Fremdhersteller), 2 PC	3.000,--
100 SwyxPhone L420 (à 450,--)	45.000,--
5 TA 1100 Terminal Adapter (à 449,--)	2.245,--

Gesamtpreis Swyx	69.884,--
-------------------------	------------------

Innovaphone	Preis (Euro)
IP 3000 Gateway	13.294,--
iPBX Software inkl. Lizenzen	5.090,--
100 tiptel innovaphone 200 (à 405,--)	40.500,--
5 tiptel innovaphone 21 (à 434,--)	2.170,--
Gesamtpreis Innovaphone	61.054,--

Tabelle 4: Kostenübersicht der VoIP-Lösungen

Abschließend soll eine kurze Kritik an der Empfehlung für Innovaphone folgen:

- Keine Entscheidung für den bisherigen Hauslieferanten
- Keine Entscheidung für den Marktführer oder einen großen Anbieter
- Keine Berücksichtigung weiterer Wettbewerber wie Alcatel, 3Com, Avaya oder Nortel Networks
- Entscheidung nur nach Kosten

6. Wirtschaftlichkeitsanalyse am Beispiel eines Mittelständischen Unternehmens

Der Abschnitt 6.1 beschreibt Annahmen und Voraussetzungen zur nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsanalyse. Es werden ein Drei-Jahres-Plan zur Implementierung von VoIP aufgestellt und Kostenverteilungen für die zunächst getrennten Sprach- und Datennetze vorgenommen. In drei Szenarien wird die Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt um im Abschnitt 6.2 in weiteren Szenarien Variationen der Eingangsgrößen vorzunehmen und das Spektrum der möglichen Kosten, Einsparungen und Rentabilitäten aufzuzeigen.

6.1 Annahmen und Voraussetzungen

Annahmen, Voraussetzungen und Vorgaben zur Wirtschaftlichkeitsanalyse sind folgende:

- Dem Unternehmen gehören 100 Mitarbeiter am untersuchten Standort an, es gehören noch einige kleinere Niederlassungen innerhalb Deutschlands zum Unternehmen
- Die vorhandene TK-Anlage des Unternehmens nähert sich dem Ende ihrer Laufzeit, Support- und Wartungsverträge laufen in Kürze aus
- Die TK-Anlage ist durch einen Primärmultiplex-ISDN-Anschluss am öffentlichen Netz angeschlossen

- Es existiert neben der TK-Anlage ein Datennetz mit Arbeitsplatz-PCs und mehreren Servern, die intern mittels mehrerer Abteilungs-Switches und einem Backbone-Switch sternförmig vernetzt sind
- Das Datennetz ist durch einen Router und eine Frame-Relay-Verbindung mit 512 kbit/s zum örtlichen Provider mit dem Internet verbunden
- Eine Firewall mit Demilitarized Zone schützt das Unternehmensnetz vor Angriffen aus dem Internet
- Pro Mitarbeiter beträgt der Aufwand zur Unterstützung von VoIP-Diensten bei der Umstellung 350,- Euro, inkl. Kosten für Gateway-Anbindung, Lizenzgebühren für den Server, Switch-/Router-Aktualisierungen
- Kosten für ein IP-Phone: 470,- Euro
- Ein Mitarbeiter des Datensupports kann jeweils fünf IP-Telefone pro Tag installieren und konfigurieren
- Von den Gesprächsgebühren entfallen 20 Prozent auf Anrufe und Fax-Nachrichten innerhalb des Unternehmens, z.B. zu den Niederlassungen; diese können durch VoIP-Umstellung eingespart werden
- Die jährlichen Wartungskosten von Hard- und Software der IP-Telefonie betragen 8 Prozent der Anschaffungskosten, bei herkömmlicher Telefonie beträgt dieser Anteil 6 Prozent
- Die durchschnittlichen jährlichen gesamten Lohnkosten pro Mitarbeiter werden zu 60.000,- Euro angenommen
- Der Aufwand bei Umzügen, Erweiterungen und Änderungen im TK-Bereich verringert sich bei zur IP-Telefonie gewechselten Mitarbeitern um 75 Prozent
- Die durchschnittlichen jährlichen Lohn- und Lohnnebenkosten betragen für einen Mitarbeiter zur Betreuung der TK-Umgebung 70.000,- Euro, für einen Mitarbeiter des Datenteams 80.000,- Euro
- Der Primärmultiplex-ISDN-Anschluss hat einen monatlichen Grundpreis von 300,- Euro
- Die Internetanbindung mit 512 kbit/s kostet 1.000,- Euro, die mit 1.024 kbit/s kostet 1.300,-, sowie einmalig 500,- Euro für die Umstellung
- Voice-Mail und andere Zusatzdienste der TK-Anlage werden bis zur vollständigen Umstellung unterstützt
- Am Ende des Umstellungszeitraums fallen keine Kosten mehr für die TK-Anlage an
- Das jährliche Budget für das Datennetz beträgt 500.000,- Euro

Es müssen beschafft werden

- IP-Telefone
- Eine auf Windows NT / 2000 Server basierende VoIP-Lösung mit Gatekeeper-Funktion
- Lizenzen zum Betrieb der VoIP-Lösung
- Ein Gateway, welches den Übergang vom IP-Bereich in das ISDN ermöglicht

- a/b-Wandler zum Anschluss analoger Faxgeräte, Telefone und Modems an das Datennetz
- Aktualisierungen für Switches und Router, um Sprachdienste in Normalbetriebsqualität im Datennetz zu ermöglichen

Drei-Jahres-Plan der Implementierung

- 1. Jahr
 - 25 Mitarbeiter werden auf IP-Telefonie umgestellt und erhalten IP-Telefone
 - Installation eines VoIP-Servers
 - Erhöhung der Bandbreite des Internet-Zugangs von 512 kbit/s auf 1024 kbit/s
- 2. Jahr
 - 25 Mitarbeiter erhalten IP-Telefone
 - 25 Mitarbeiter werden mit Soft-Phones für ihren PC ausgestattet
 - Abbau der Stelle des Technikers der TK-Anlage (s.u. Parameter zur Analyse), ggf. sofortige Einsparungen nach dem 1. Quartal
 - Redundante Installation einer Frame-Relay-Verbindung
- 3. Jahr
 - 25 Mitarbeiter erhalten IP-Telefone
 - Die TK-Anlage wird außer Betrieb genommen
 - Installation eines redundanten VoIP-Servers
 - Installation einer Unified-Messaging-Umgebung, welche die vorhandenen Voice-Mail- und Faxsysteme überflüssig macht

Kostenverteilung im Datennetz nach Tabelle 5 und im TK-Netz nach Tabelle 6.

35 % Anlagen	11 % Hard- und Software für das Datennetz 2 % Management-Software 14 % Hard- und Software für PCs 8 % Hard- und Software für Server
56 % Personal	13 % Support von Desktop- und Serveranwendungen inkl. Helpdesk 7 % Desktopsupport 36 % Support der Netzinfrastruktur
9 % Netzkosten und Wartung	1 % Desktop- und Serverwartung 1 % Netzwartung (Switches, Router, ...) 7 % Verkabelung und Einwahlzugänge

Tabelle 5: Kostenverteilung im Datennetz

24 % Anlagen	10 % TK-Anlagen Hard- und Software 7 % ISDN-Telefone 7 % Anwendungen (Voice-Mail u.a.)
34 % Personal	14 % Umzüge, Erweiterungen und Änderungen

	20 % Netzdesign, Administration, Support
42 % Netzkosten und Wartung	36 % Leitungskosten 6 % Wartungskosten

Tabelle 6: Kostenverteilung im TK-Netz

Folgende Szenarien werden zunächst zur Wirtschaftlichkeitsanalyse herangezogen:

- Szenario 1: - Das jährliche Budget für das TK-Netz beträgt 300.000,-- Euro
- Mitarbeiter, die für das TK-Netz zuständig sind: 0,5
- Szenario 2: - Das jährliche Budget für das TK-Netz beträgt 500.000,-- Euro
- Mitarbeiter, die für das TK-Netz zuständig sind: 1,0
- Szenario 3: - Das jährliche Budget für das TK-Netz beträgt 700.000,-- Euro
- Mitarbeiter, die für das TK-Netz zuständig sind: 1,5

6.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Ergebnisse einer ersten Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigen die Abbildungen 8 bis 10.

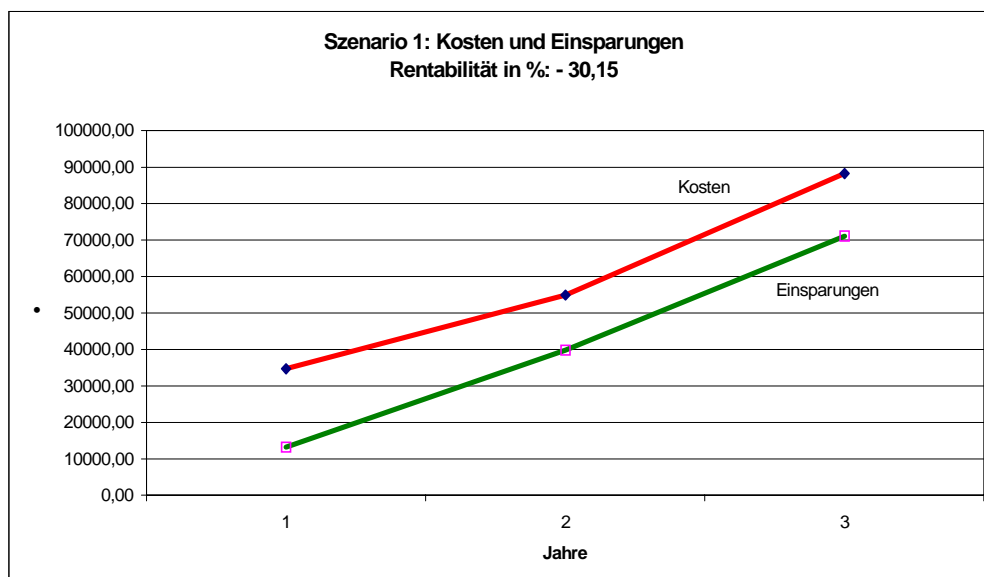


Abbildung 8: Einsparungen und Kosten bei Szenario 1

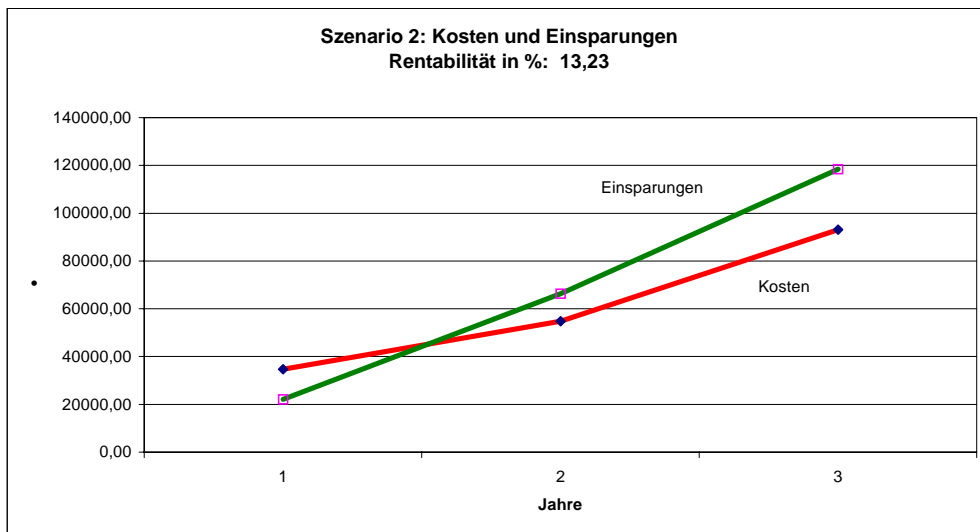


Abbildung 9: Einsparungen und Kosten bei Szenario 2

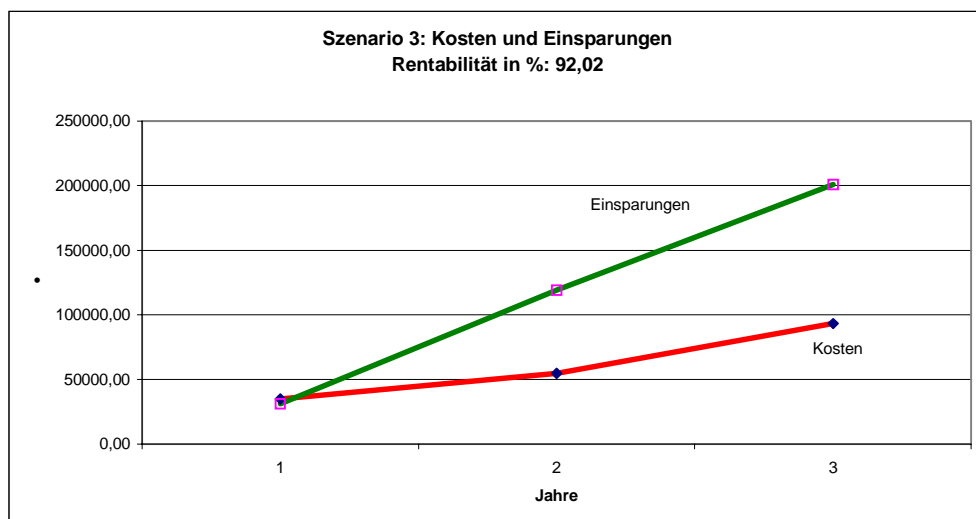


Abbildung 10: Einsparungen und Kosten bei Szenario 3

In allen drei Szenarien belaufen sich die Kosten nach dem dritten Jahr auf ca. 90.000,-- Euro. Die Einsparungen werden umso größer, je größer der für die TK-Anlage zuständige Mitarbeiterstab war. Entsprechend steigt die Rentabilität.

Das VoIP-Einführungsgargument, sehr hohe Rentabilitäten seien zu erzielen, hängt entscheidend von den Voraussetzungen ab. Wenn die TK-Anlage in Betrieb ist und kaum Wartung und Support benötigt, können auch keine Personalkosten eingespart werden. Gerade diese tragen aber zu den von VoIP-Lösungsanbietern berechneten hohen Rentabilitäten bei. Hohe Rentabilitäten sind also leicht, z.B. durch eine relativ große für die TK-Anlage zuständige Mitarbeiterzahl, rechnungstechnisch erzielbar.

Ausgehend von Szenario 2 mit mittlerem Personalbestand für die TK-Anlage und mittlerem Budget für das TK-Netz sollen nun zwei vorherige Eingangsgrößen als variable Untersuchungsgrößen dienen:

1. Der Aufwand bei Umzügen, Erweiterungen und Änderungen im TK-Bereich verändert sich bei zur IP-Telefonie gewechselten Mitarbeitern um 25 %, 50 % bzw. 75 %;
2. von den Gesprächsgebühren entfallen 10 %, 20 % bzw. 30 % auf Anrufe und Fax-Nachrichten innerhalb des Unternehmens, z.B. zu den Niederlassungen, die durch VoIP-Umstellung eingespart werden können.

Das jährliche Budget für das TK-Netz: beträgt 500.000,-- Euro;

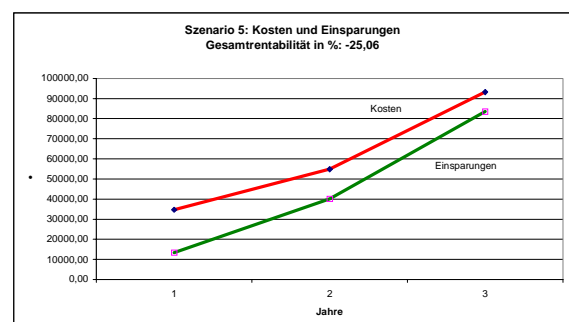
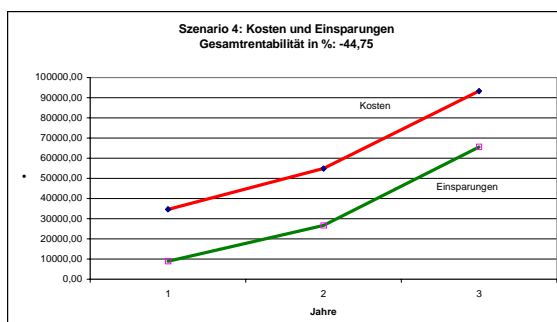
Mitarbeiter, die für das TK-Netz zuständig sind: 1,0.

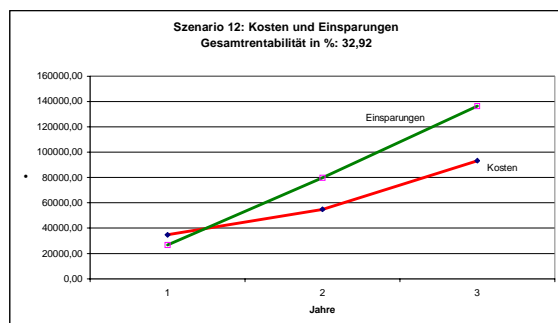
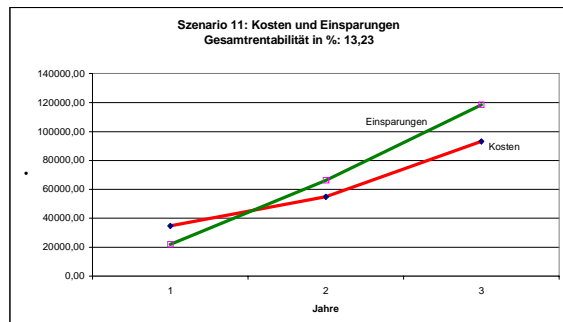
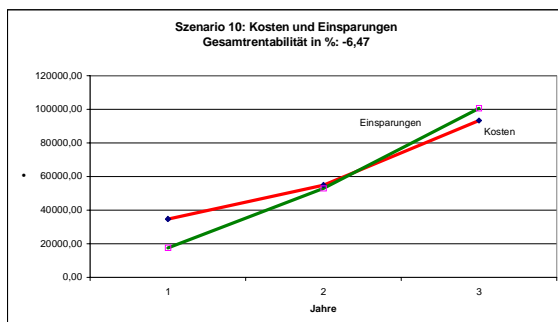
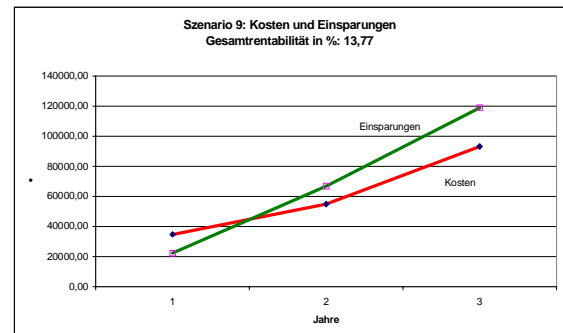
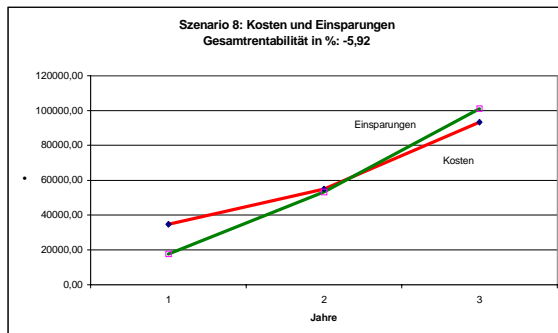
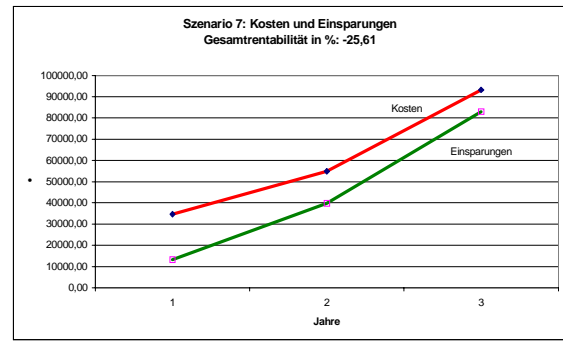
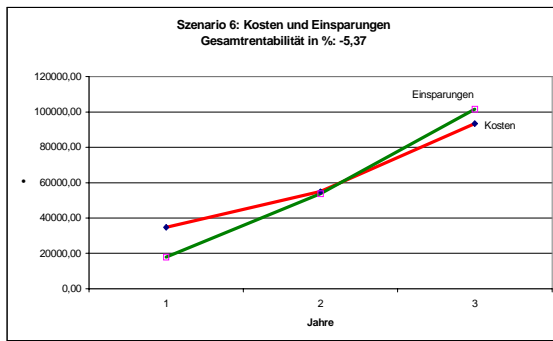
Tabelle 7 stellt erzielbare Rentabilitäten in Abhängigkeit der Aufwandsverringering und der Gebühreneinsparung in den Szenarien 4 bis 12 dar.

Szenario	Aufwandsverringering in %	Gebühreneinsparung in %	Erzielte Rentabilität in %
4	25	10	-44,75
5	25	20	-25,06
6	25	30	-5,37
7	50	10	-25,61
8	50	20	-5,92
9	50	30	13,77
10	75	10	-6,47
11	75	20	13,23
12	75	30	32,92

Tabelle 7: Rentabilitäten der Szenarien 4 bis 12

Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen den zeitlichen Verlauf der Kosten und Einsparungen der Szenarien 4 bis 12.





Abbildungen 11 bis 19: Einsparungen und Kosten bei den Szenarien 4 bis 12

Wenn sich der Aufwand bei Umzügen, Erweiterungen und Änderungen im TK-Bereich bei zur IP-Telefonie gewechselten Mitarbeitern nur um 25 Prozent verringert, kann keine positive Rentabilität erzielt werden. Ebenso ist die Rentabilität in allen Fällen negativ, wenn die Einsparungen von

Gebühren für Anrufe und Fax-Nachrichten innerhalb des Unternehmens durch Umstellung auf VoIP nur 10 Prozent ausmachen. Andererseits sind aber auch positive Rentabilitäten zu verzeichnen. Wie abzusehen war, treten diese bei höherer Aufwandsverringerung und höheren Einsparungsmöglichkeiten auf.

Die Rentabilitätsspanne liegt unter den gemachten Annahmen und Voraussetzungen etwa bei 80 Prozent um Null herum. Es kann demnach nicht allgemein verbindlich formuliert werden, dass das Einsparungspotential größer als das Kostenaufkommen ist. Weitere Berechnungen zeigen, dass die Rentabilität auch bei geringen Gebühreneinsparungen und Aufwandsverringerungen von 10 bzw. 25 Prozent auf über 20 Prozent wächst, wenn nur die für die TK-Anlage zuständigen Mitarbeiter zwei oder mehr waren.

Für den Einsatz von VoIP sprechen weitere bisher nicht betrachtete Argumente. Die Installation einer Unified-Messaging-Umgebung im dritten Jahr steigert die Produktivität der Mitarbeiter durch Zeiteinsparungen bei der täglichen Büroarbeit und weniger Medienbrüchen bei der Erstellung von Dokumenten. Neben den finanziellen Ergebnissen kann eine weitere Produktivitätserhöhung festgestellt werden, da nur noch eine Technik in einem Netz zu unterstützen ist.

Quellenverzeichnis

- [1] Protocol Directory. <http://www.protocols.com>
- [2] The International Engineering Consortium: H.323. Web ProForum Tutorials. <http://www.iec.org>
- [3] R. Sellin: VoIP im Unternehmensnetz. Der Fernmelde-Ingenieur. 54. Jahrgang.
Heft 8. September/Oktober 2000
- [4] Swyx Communications AG: Leitfaden IP – Telefonie. <http://www.swyx.com>
- [5] Yuval Boger: Fine – tuning Voice over Packet services. <http://www.radcom-inc.com>
- [6] ITU – T: H.323 (09/99) . Paket-Based Multimedia Communications Systems.
- [7] John Postel: Internet Protocol. RFC 791. September 1981
- [8] Thomas Dumas: Next Generation Telephony. Whitepaper. <http://www.agilent.com>
- [9] Stefan Pracht: Troubleshooting H.323 Signaling. Whitepaper. <http://www.agilent.com>
- [10] Stefan Pracht: Voice Quality in IP Networks. Whitepaper. <http://www.agilent.com>
- [11] Oded Agam : Voice over IP Testing – A Practical Guide. <http://www.radcom-inc.com>
- [12] Next-Gen VoIP Services and Applications Using SIP and Java. <http://www.techguide.com>
- [13] Niclas Ek: QoS on the MAC level. <http://www.tml.hut.fi>
- [14] Tao Ma: Bringing Quality Control to IP QoS. <http://www.networkmagazine.com>
- [15] Anita Karve: IP Quality of Service. <http://www.networkmagazine.com>

[16] Awduche, D. Requirements for Traffic Engineering Over MPLS. RFC 2702. September 1999

[17] Schulzrinne, Henning. Comparison of H.323 and SIP. September 1999

<http://www.cs.columbia.edu/sip/h323-comparison.html>

[18] QoS protocols & architectures. White Paper. <http://www.qosforum.com>

[19] Hersteller-Homepages:

<http://www.cisco.de>

<http://www.siemens.de/hipath>

<http://www.swyx.com>

<http://www.innovaphone.de>