

Ruf' du mich doch an!

Telekommunikationsnetze für die Telefonie

Erich Pfalzmann, Thomas Wartensteiner

Einleitung

Seit dem ersten Telefonat am 24. Oktober 1861 in Frankfurt im Rahmen einer öffentlichen Vorführung vor dem Physikalischen Verein Berlin (Gründer: J.W. Goethe) veränderte das Telefon die Welt. Der heute weitgehend unbekannte Erfinder **Philipp Reis** und sein neuartiger „Ferntonapparat“ bekamen jedoch bei weitem nicht die Beachtung wie 15 Jahre später sein Kollege **Alexander Graham Bell** mit dem offiziell ersten Telefongespräch am 10. März 1876. Nach diesen ersten Telefongesprächen in äußerst rudimentären Netzen erfolgte eine stetige Erweiterung und ein Wandel der Telekommunikationsnetze für die Telefonie bis heute.



Telefon von Philipp Reis

Klassische Telefonienetze

In klassischen **Telefonapparaten** wird der Schall durch ein Mikrofon in elektrische Signale gewandelt und beim Empfänger wieder als Schallwelle ausgegeben. Die Schallumwandlung auf der Senderseite kann unter Ausnutzung verschiedener physikalischer Effekte erfolgen. So ändert sich zum Beispiel bei einem Kohlemikrofon der elektrische Widerstand unter der Einwirkung von Schallwellen.

Der Frequenzbereich des übertragenen Schalls entspricht hierbei nicht dem Bereich, der vom Menschen gehört werden kann, er ist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit der Signalübertragung eingeschränkt. Aufbauend auf der Erkenntnis, dass hohe Töne für ein verständliches Gespräch nicht benötigt werden, wurde schon seit jeher (und auch noch heute) der Frequenzbereich von 300 – 3400 Hertz für die klassische Telefonie benutzt.

Als **Übertragungsmedium** werden bis heute Telefone hauptsächlich über die Kabelnetze der Telefongesellschaften an die Ortsvermittlungsstellen angeschaltet. Zu Anfang liefen von jedem Telefon zwei Drähte an Telegraphenmasten zu einer Zentralstelle, wo sie auf Glühlampen oder Klappenschranken abgeschlossen wurden. Heute sind 4-Draht-Kupferleitungen, die unterirdisch verlegt sind, üblich.

Mit dem **Vermittlungssystem** beziehungsweise dem Wähldienst wird von einem Telefon aus die Verbindung über eine Vermittlungsstelle zu einem gewünschten Teilnehmer beziehungsweise dessen Telefonapparat herge-

stellt. Eine verbindungsorientierte Übertragung bietet für jeden Teilnehmer für die Dauer seines Gesprächs eine durchgehende Verbindung mit konstanter Datenrate zu seinem Gesprächspartner.

In den Anfangszeiten der Fernsprechtechnik wurde zunächst die Vermittlungsstelle („Amt“) angerufen und der Vermittlungswunsch mitgeteilt. Technische Weiterentwicklungen führten zum Selbstwähldienst mittels eines Nummernschalters (Wählscheibe). Hierbei wurde die gewählte Ziffer durch die entsprechende Anzahl von Stromunterbrechungen an die Vermittlungsstelle gesendet.

Heute ist der Nummernschalter meist durch einen Tastwahlblock ersetzt. Anstelle dieses Impulswahlverfahrens ist bei digitalen Ortsvermittlungsstellen auch das weitaus schnellere Mehrfrequenzwahlverfahren (MFV), auch als Tonwahlverfahren bezeichnet, möglich. Hierbei werden die Ziffern durch zwei sich überlagernde Töne unterschiedlicher Frequenz repräsentiert, welche von der Vermittlungsstelle erkannt werden. Im Englischen wird dieses Verfahren als „dual tone multi-frequency“ (DTMF) bezeichnet.

Mit der Verabschiedung des **ISDN**-Standards (*Integrated Service Digital Network*) 1980 durch die heutige ITU (*International Telecommunication Union*) trat die digitale Telekommunikation ihren Siegeszug an. Dabei werden die Gesprächsdaten der Teilnehmer im Telefonverteiler digitalisiert (A/D-Wandler) und beim gerufenen Teilnehmerverteiler wieder ins analoge Format (D/A-Wandler) zurückverwandelt. Um analoge Endgeräte wie Telefon, Fax, Anrufbeantworter oder Modem an einen ISDN-Anschluss anzuschließen, benötigt man einen a/b-Wandler, der auch als Terminaladapter (abgekürzt TA) bezeichnet wird, oder eine ISDN-Nebenstellenanlage.

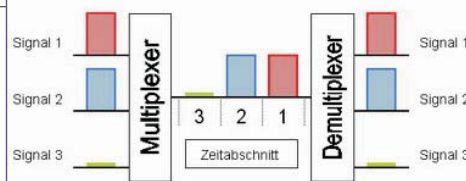


Nebenstellenanlage Siemens HiPath 4000

Durch den Umstieg auf das ISDN-System wurde es möglich, über einen Teilnehmeranschluss mehrere Kanäle zu führen. Beim ISDN-Basisanschluss stehen zwei Kanäle zur Verfügung, die völlig unabhängig voneinander für Telefongespräche, Fax oder Datenübertragungen genutzt werden können; man kann also zum Beispiel gleichzeitig telefonieren und im Internet surfen.

Als zu Grunde liegendes technisches **Übertragungsprinzip** wird das Zeitmultiplexverfahren, TDM (*Time Division Multiplex*) verwendet.

Mithilfe dieses Verfahrens ist es möglich, über eine physikalisch vorhandene Leitung mehrere Verbindungen zwischen Teilnehmern zu ermöglichen. Dabei werden die Daten (Signale) der jeweiligen Teilnehmer (Anschlüsse) zu verschiedenen Zeitpunkten auf der Leitung übertragen.



Dazu werden ein so genannter Multiplexer und ein Demultiplexer verwendet. Die Datensignale der verschiedenen Teilnehmer werden dabei durch den Multiplexer in eine fest vorgegebene zeitliche Reihenfolge gebracht und übertragen. Nach der Übertragung werden diese Daten durch einen Demultiplexer in genau der umgekehrten Reihenfolge wieder separiert und den einzelnen Zielteilnehmern zugeordnet.

Mobiltelefonienetze

Im Wesentlichen beruhen die technischen Grundlagen des Mobilfunks auf denen der klassischen Telefonie. Als Übertragungsmedium dient elektromagnetische Strahlung in der Atmosphäre. Dafür sind für die Teilnehmer spezielle Mobiltelefone und für die Betreiber eines Netzes Mobilfunkmasten, die in ihrem Empfangsgebiet so genannte Funkzellen bilden, erforderlich. Das Vermittlungsprinzip und die verbindungsorientierte Übertragung können auch hier angewendet werden.



Mobiles Endgerät: Siemens SK-65

Unterschiede, vor allem eine geringere Verbindungsqualität und -verfügbarkeit resultieren aus den wirtschaftlich bedingten Einschränkungen:

- Die Überdeckung eines Gebietes mit Funkzellen hängt von den dort errichteten Mobilfunkmasten ab. Die Funkzellen sollen maximal ausgelastet werden, daher wird eine geringere Bandbreite als in der klassischen Telefonie bereitgestellt.
- Die Teilnehmer eines GSM-Netzes sind mobil und können (zum Beispiel während einer Autofahrt) von einer Funkzelle in die andere wechseln. Wenn dieser Wechsel nun während eines Gesprächs passiert, wechselt der Teilnehmer von der Funkzelle eines Mobilfunkmastes in die Funkzelle eines anderen. Dieser Vorgang wird *Handover* genannt und kann Beeinträchtigungen der Verbindung bis hin zum Gesprächsabbruch bedingen.

● Mobiltelefone verfügen über eine begrenzte Akkulaufzeit, denen mit entsprechenden Energiesparmaßnahmen begegnet wird. Zum Beispiel werden im Standby-Modus so wenig Statusmeldungen wie möglich gesendet.

Ende der 50er-Jahre des 20. Jahrhunderts nahmen die ersten Mobilfunknetze ihren Dienst auf. Diese Netze waren jedoch kompliziert und ihre Kapazitäten waren nach einigen tausend Teilnehmern erschöpft. Der erste wirkliche Schritt in Richtung eines allgemein verwendbaren Mobilfunksystems wurde 1987 eingeschlagen, als sich 17 zukünftige Netzbetreiber zu einer Kooperation zusammen schlossen und 1989 die *Gruppe Spéciale Mobile* (GSM), ein erstes technisches Komitee, bildeten.

Ein GSM-Netz besteht im wesentlichen aus 4 Teilsystemen:

● **Mobile Station (MS):** Die *Mobile Station* besteht üblicherweise aus einer Sende- und Empfangseinheit, Stromversorgung, Display und der Möglichkeit, andere Teilnehmer anzurufen.

● **Base Station Subsystem (BSS):** Besteht aus den entsprechenden Mobilfunkmasten (*Base Transceiver Stations, BTS*), die in Gruppen an einen *Base Station Controller (BSC)* angeschlossen sind. Dieser BSC überwacht die Verbindungen und ermöglicht ein Handover.

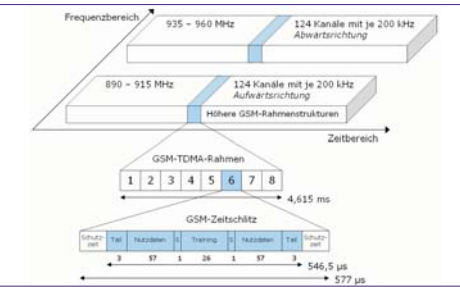
● **Network Subsystem (NSS):** Stellt die eigentliche Vermittlungsstelle (*MSC*) und den Schnittpunkt von Funk- und Telefonnetz dar. (*SS7 Network*)

● **GPRS Core Network:** Das eigentliche Gesprächsdatenetz, das die Gesprächsdaten über ein darunter liegendes IP-Netzwerk sendet und empfängt.

GSM-Daten werden mit einer Mischung aus **Frequenz- und Zeitmultiplex** übertragen. Im Zeitmultiplexbetrieb werden Daten, wie schon weiter oben erwähnt, einfach in zeitlich verschobenen Intervallen übertragen. Beim Frequenzmultiplex wird der zur Verfügung stehende Frequenzbereich der physikalischen Leitung (Luftschnittstelle) zusätzlich in Frequenzkanäle zu je 200 kHz unterteilt.

Diese so genannten Trägerfrequenzen transportieren zeitversetzt 8 Nutzkanäle. Es gibt Kanäle für die Abwärtsrichtung (*Downlink*) und Kanäle für die Aufwärtsrichtung (*Uplink*), die zum jeweiligen Senden und Empfangen verwendet

werden. Die für GSM reservierten Frequenzen sind 900 MHz (Europa), 1800 MHz (gesamte Welt) und 1900 MHz (Amerika).



Für Datenübertragung über Mobilfunktelefonie wird zurzeit UMTS (*Universal Mobile Telecommunications Systems*) erworben. Mit theoretisch möglichen Datenraten bis zu 1.920 kBit/s und verbesserten Übertragungsverfahren soll UMTS den Vorgänger GPRS (*General Packet Radio Service*) mit praktisch erzielbaren Datenraten bis zu 57,6 kBit/s ablösen. Praktisch werden die Bandbreiten bedingt durch die tatsächlich von Mobilfunkbetreibern verwendeten Übertragungsverfahren und der Anzahl der Benutzer in einer UMTS-Funkzelle jedoch meist limitiert.

Im Umfeld von heftigen Diskussionen um Mobilfunkmasten und deren potentiell die Gesundheit gefährdende Wirkung bieten Websites wie www.senderkataster.at die Möglichkeit, sich Standorte von Sendemasten im persönlichen Umfeld anzeigen zu lassen.

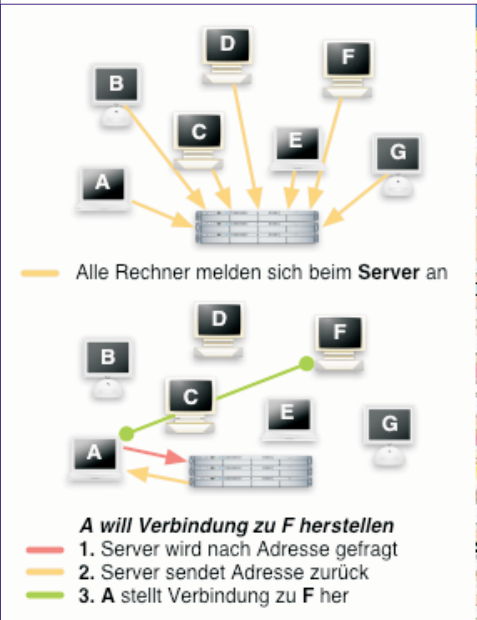
Telefonie über Datennetze

Seit einigen Jahren ergänzt und ersetzt immer mehr **Voice over IP (VoIP)** die traditionellen Telefonsysteme. VoIP bezeichnet das Telefonieren über Datenleitungen in einem Computer-



netzwerk auf der Grundlage des Internetprotokolls (IP-Protokoll). Damit verschwindet die bis vor einigen Jahren bestehende strenge Trennung von Telefon- und Datensystemen.

Der signifikante Unterschied zur klassischen Telefonie besteht durch die **paketorientierten** Übertragung. Dabei erfolgt die Nutzung eines Kanals nur, wenn tatsächlich Daten übertragen werden sollen, also wenn gesprochen wird. Dies hat den Vorteil einer potentiell größeren Effizienz, weil auf einer bestimmten Übertragungsstrecke mehr Teilnehmer unterstützt werden können.



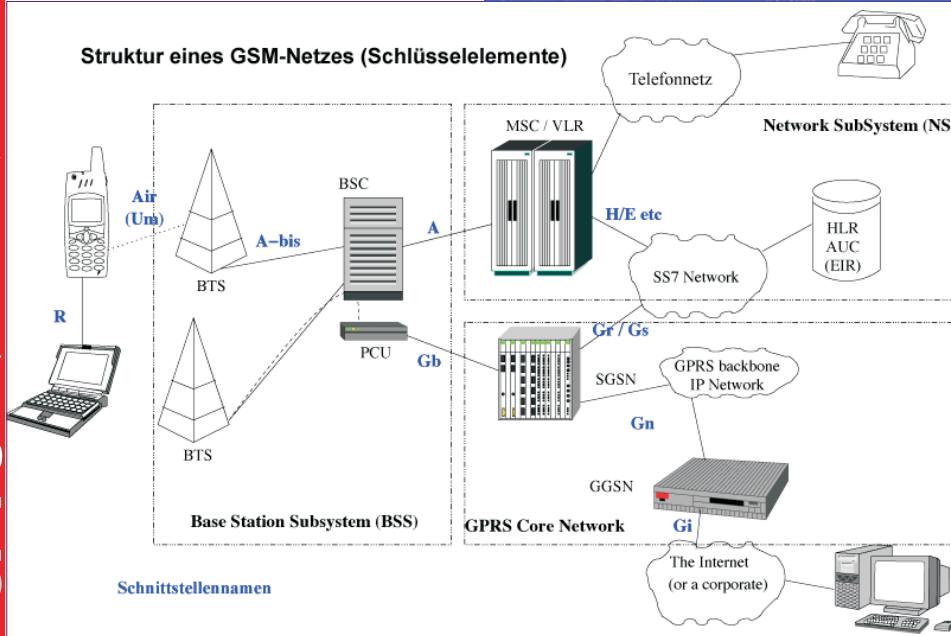
Für diese Art der Übertragung sind grundsätzlich andere Protokolle zur Signalisierung und zur Gesprächsdatenübertragung erforderlich. Ein Signalisierungsprotokoll regelt insbesondere den Gesprächsaufbau, das heißt das Zustandekommen einer Verbindung von Teilnehmer A zu Teilnehmer B. Derzeit verwendete Signalisierungsprotokolle sind zum Beispiel DSS1 im herkömmlichen ISDN-Telefonnetz, H.323, MGCP, SIP und CSTA-III. Der Gesprächsdatenaustausch erfolgt danach mittels Protokollen wie IP oder RTP.

In letzter Zeit wurde VoIP im privaten Bereich durch kleine Clientprogramme wie Skype oder Xlite bekannt, die eine einfache Bedienbarkeit und die Möglichkeit, scheinbar kostenlos über das Internet zu telefonieren, bieten. Diese Applikationen basieren fast alle auf dem Signalisierungsprotokoll **SIP** (*Session Initiation Protokoll*).

Das Telefonieren selbst funktioniert grundsätzlich auf gleiche Art und Weise wie in der klassischen Telefonie. Jedem angeschlossenen Teilnehmer ist eine eindeutige Rufnummer zugeordnet. In einer Computerumgebung basiert die Zuordnung auf der benutzten IP-Adresse und dem verwendeten Port, mit der sich ein Client, der telefonieren möchte, über seine Telefonieapplikation an einem zentralen SIP-Server anmeldet. Der SIP-Server ordnet diese Daten einer weltweit eindeutigen **URI-Adresse** (*Uniform Resource Identifier*) zu, unter der der Client nun jederzeit erreicht werden kann. Diese Adresse gibt anderen Teilnehmern auch die Möglichkeit, den Status (das heißt online/offline) eines Teilnehmers einzusehen.

Anbieter von solchen Programmen und Diensten finanzieren sich hauptsächlich über das (entgeltliche) Herstellen von Verbindungen zu

Struktur eines GSM-Netzes (Schlüsselemente)



Festnetz- oder Mobilfunkteilnehmern. Solche Verbindungen können nur über ein Gateway, das heißt eine Verbindung zwischen dem Computernetz und dem klassischen Telefonnetz, hergestellt werden.

Verschmelzung der Netze: Computer Telephony Integration

Computer Telephony Integration (CTI) steht für die Verbindung zwischen der klassischen Telekommunikation und computerunterstützter Datenverarbeitung. Damit werden lokale Telefonie- und Datennetze miteinander verbunden und der gegenseitige Datenaustausch ermöglicht.

Bei Einzelplatzlösungen ist das Telefon entweder im Computer integriert oder direkt mit diesem verbunden. Vor allem im privaten Bereich werden solche Programme eingesetzt und können dort ihre Vorteile – schnelle Installation, einfache Bedienbarkeit und kostengünstige Integration – ausspielen.

Bei Mehrplatzlösungen ist ein spezieller Server zwischen Computernetzwerk und einem Telefonnetz geschaltet, der die Kontrolle über gewisse Nebenstellen übernimmt. Vor allem größere Firmen mit firmeneigenen Vermittlungsstellen (Nebenstellenanlage) setzen CTI ein, um ihre Produktivität zu steigern und können so Tausende von Teilnehmern mit firmenspezifischen Telefoniefunktionen versorgen. Kleine Nebenstellenanlagen (mit Anschlussmöglichkeit für 4 Endgeräte wie Fax, Telefon, Internetmodem) sind übrigens auch für den Haushalts- oder Unterrichtsgebrauch erhältlich.

Professionelle CTI-Produkte sind heute für folgende Funktionalitäten verfügbar:

● **Journal:** Ein Journal stellt eine Liste mit (verpassten) Telefonrufen, Telefonnummern, Gesprächszeiten, Gebühren sowie Kennzahlen wie Anruhfrequenz und Wartezeiten dar. Mit entsprechenden Anwendungen ist eine Vereinfachung des Kundenkontaktes etwa durch Rückrufe möglich.

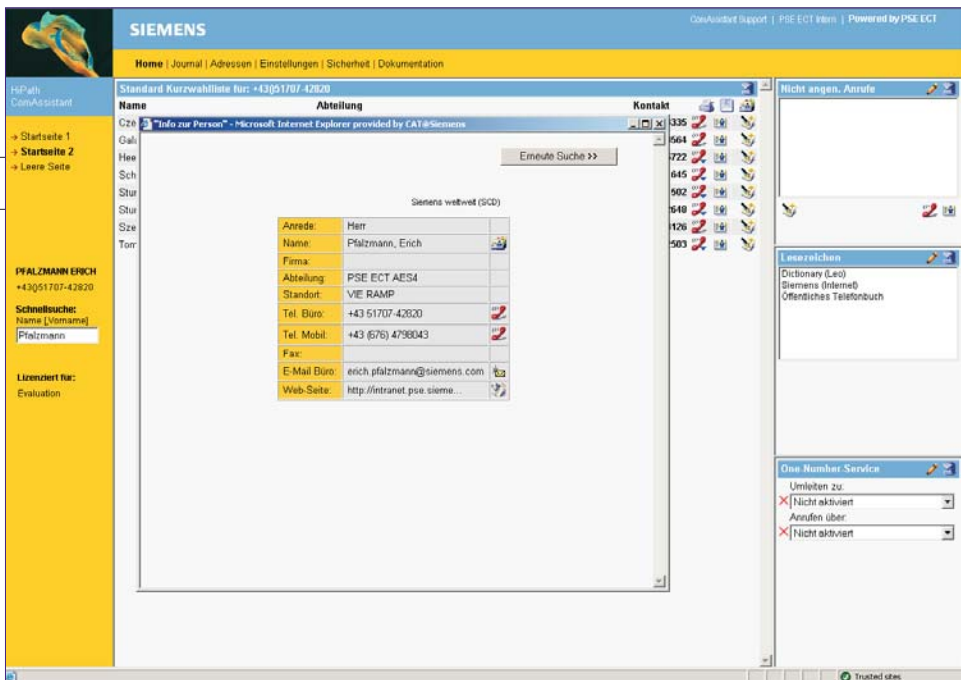
● **Telefonbuch:** Im Firmenumfeld stellt ein Telefonbuch ein Verzeichnis der Telefonnummern von Mitarbeitern, Zulieferfirmen und Abnehmern dar, das firmenintern zentral auf einem eigenen Server gespeichert wird.

Auch persönliche Verzeichnisse, in dem ein Mitarbeiter seine eigenen Nummern speichern und nach entsprechender Authentifizierung wieder abrufen kann, existieren. Anrufe an Einträge dieser Verzeichnisse über PC erleichtern den Teilnehmern den Wahlvorgang.

● **Rufumleitung:** Eine Rufumleitung ist ein Leistungsmerkmal der Vermittlungstechnik und von Nebenstellenanlagen. Damit können ankommende Rufe sofort oder nach einer vorab gewählten Zeit auf eine andere Zielrufnummer weiter- und umgeleitet werden. CTI-Applikationen ermöglichen flexible Umleitungen entsprechend von den Anwendern einstellbaren Kriterien wie Anrufer, Tageszeit oder Erreichbarkeit.

● **Automatische Rufverteilung - Automated Call Distribution (ACD):** Anhand bestimmter Kriterien wie Auslastung der Teilnehmer, Priorität oder Herkunft des Anrufes können eingehenden Anrufe automatisch verteilt und so Ressourcen optimal genutzt werden.

● **Sprachaufzeichnung:** In kritischen Bereichen wie Banken, Versicherungen, Notruf- und Verkehrsleitzentralen ist die Dokumentation



Beispiel für ein CTI Telefonbuch: Siemens HiPath ComAssistant

von Gesprächen ein wichtiges Instrument zur Analyse und Nachvollziehbarkeit von Vorgängen. Mit CTI-Applikationen können hier Ressourcen zur Aufzeichnung bedarfsgerecht eingesetzt werden.

● **Call und Customer Care Center:** Das Ziel dieser Center ist es, Kundenkontakte mit bestmöglicher Qualität innerhalb kürzester Zeit zur Zufriedenheit des Kunden wirtschaftlich abzuwickeln. Dazu werden die Messung der Agentenauslastung und ihrer Performance in einer CTI-Applikation realisiert.

● **Dispatcher:** Für Leitstellen der Energieversorgung, Verkehrssteuerung und für Notfalldienste ist die Verknüpfung von Informationen über den Zustand der gesteuerten Systeme (insbesondere die Verfügbarkeit von Ressourcen, der Ort und Umfang des Bedarfs) und eine dementsprechende Behandlung von Telefongesprächen essentiell. Mittels CTI können für den speziellen Zweck bestimmte Arbeitsplätze (Dispatcher) realisiert werden.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von weiten branchen- und firmenspezifischen Anwen-

dungen und Möglichkeiten. Dafür (und auch für private Anwendungen wie Unterrichtszwecke) stehen spezielle Schnittstellen und Signalisierungsprotokolle wie TAPI (Telephony Application Interface von Microsoft), JTAPI (Java Telephony API von Sun) oder CSTA (Computer Supported Telephony Applications nach ECMA) zur Verfügung.

Quellen

- SUN: <http://de.sun.com/homepage/index.html>
- ECMA: <http://www.ecma-international.org/>
- Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/>
- Microsoft: <http://www.microsoft.com/>
- Siemens: <http://www.siemens.com/>
- Skype: <http://www.skype.com/>
- Xlite: <http://www.xten.com/>

Beispiel für Call Center Funktionalitäten: Siemens HiPath ProCenter

