

Offene Systeme für Computertelefonie

Zur Veröffentlichung in *Gateway*, **10** (1996), S. 30-39

1. Einleitung

TK-Anlagen sind heute dauerbetriebsfähige Computersysteme mit spezieller Peripherie. Das öffentliche Fernsprechnet mit den vielen angeschlossenen privaten Systemen ist das größte und leistungsfähigste vernetzte Computersystem der Welt. Darüberhinaus ist es ein Multi-Vendor-System und in vorbildlicher Weise international standardisiert. Dennoch haben die TK-Hersteller, anders als die DV-Branche, die Standardisierung der endkundenrelevanten Schnittstellen und Benutzeroberflächen und damit die Öffnung der Systeme für Endkunden, Software- und Systemhäuser bis nicht betrieben. Gründe dafür sind:

- starke Hardwarelastigkeit der Anbieter
- Marktentwicklung jahrzehntelang im Windschatten von Monopolen und Zulassungswesen der Netzbetreiber ohne kundenorientierte Ausrichtung
- Produktdifferenzierung auch in den Schnittstellen als Mittel zur Kundenbindung

Erst seit Kurzem vollzieht sich nun in der TK-Industrie eine Annäherung an die Rahmenbedingungen, die Technik und die Arbeitsweise der DV-Branche. Sie bringt mehr Kundenorientierung und Wettbewerb, Schnellebigkeit der Produkte, Preisverfall der Hardware und gleichzeitig auch eine gewisse Bewegung in Richtung offener Systeme und Standards mit sich. Ein Fokus des Interesses ist dabei unter anderem der explosiv wachsende Markt für CTI-Lösungen.

Die Mehrzahl aller DV-Arbeitsplätze sind heute bereits PC-Systeme. Praktisch alle PC-Arbeitsplätze in größeren Unternehmen sind heute vernetzt. Im home- und SOHO-Bereich sind viele PCs mit großer Leistung, Multimedia-Technik und zunehmend auch mit Modem und/oder ISDN ausgestattet. Dies ist ein enormes Potential, auch für CTI-Lösungen ganz ohne traditionelle PABX-Technik. Computer-Telephony wird heute laut Computer-Telephony Magazine auf einen Jahresumsatz von 3,5 Mrd US\$ eingeschätzt, mit einer Wachstumsrate von 30%, in einigen Bereichen auch über 100%.

Eine Vielzahl von neuen Industriestandards und internationalen Standards für Protokolle und Schnittstellen in den Bereichen PABX und Endgeräte für ISDN bzw. Telefonie für Daten wurde seit Ende der achtziger Jahre entwickelt. Verhältnismäßig bekannt sind neben D-SS 1 z.B. die ECMA-Standards der CSTA- und Q-SIG-Gruppe, die ITU-T Standards H.320 und T.120, sowie im analogen Bereich sehr populär z.B. die Modemstandards V.34 und V.42-bis, die CTI-Industriestandards MVIP, SCSA, TAPI und TSAPI, aber auch PPP, CAPI (inzwischen auch ETSI-Standard) oder der Euro-Filetransfer.

Diese Standards und viele andere, weniger bekannte aus diesem Bereich dienen verschiedenen Funktionen im Bereich der Wide-Area-Vernetzung, die im Moment enorme Zuwachsraten hat, auch in den Bereichen SOHO und home, bei uns vor allem bedingt durch Btx, Internet & Co. Sie beschreiben aber nur technische Funktionen weit unterhalb der Benutzeroberfläche. Das Thema Benutzeroberfläche (vgl. dazu auch ECMA TR/61) wird wohl doch immer noch als zu intim für Standards betrachtet.

Was ist nun das besondere an CT? Dazu zunächst ein Blick auf die Nebenstellenanlagen.

2. Telefonsysteme, Schnittstellen, Standards

Nebenstellenanlagen haben funktional fünf wesentliche Arten von Interfaces:

1. Telefonieschnittstellen (amtsseitig, quer oder endgeräteseitig, als Wähl- oder auch als Festverbindung):

- a/b Schnittstellen (analog, Zweidraht (POTS, plain old telephone-set)
- S-Schnittstellen (digital, Vierdraht, als S0 (Basisanschluß, PRI, auch als Bus) und als S2M (Primärmultiplexanschluß, PMI) amtsseitig mit D-SS1 (früher 1TR6), nebenstellenseitig auch mit Erweiterungen (z.B. DKZE, ECMA 109) oder privatem Protokoll oder quer (hier auch als FV) auch mit ECMA Q-SIG
- U-Schnittstellen (digital, Zweidraht, bei uns nur nebenstellenseitig oder quer, meist mit privatem Protokoll, optional auch mit ISDN-Protokollen (s.o.))

Auf diesen Schnittstellen werden sowohl Verbindungsaufbau und Leistungsmerkmale als auch die eigentlichen Benutzerinformationen (i.w. Sprache) übertragen. Die zugehörige Verkabelung ist bei größeren Objekten teurer als Nebenstellenanlage und Endgeräte zusammen.

2. Steuer- und Kontrollschnittstellen (Hardware V.24, S0 oder Ethernet, höhere Protokollschichten herstellerspezifisch oder nach ECMA 179 (CSTA))

3. Gebührenschnittstelle (meist asynchrone V.24-Drucker- oder Rechnerschnittstelle, Anwendung herstellerspezifisch, oft altertümlich)

4. (Fern-)wartungs- Konfigurations- oder Management-Schnittstelle (Hardware meist V.24 oder S0, unterschiedliche Protokolle, Anwendungen herstellerspezifisch, oft noch altertümlich, erst seit kurzem vereinzelt SNMP)

5. Benutzeroberfläche des Endgeräts (nur Basisfunktionen und einige technische Eigenschaften standardisiert (z.B. Tastenbelegung des Nummernblocks, akustische Technik) häufig national unterschiedlich, alles andere herstellerspezifisch)

Den ersten Versuch zum ISDN-Standard an der Nebenstelle machte die Deutsche Telekom im nationalen ISDN mit DKZE. SEL, Nixdorf und PKI machten mit. Ford of Europe verlangte bereits 1988 als erstes Großunternehmen von Siemens ISDN-Standard Nebenstellen an der HiCom 300, um third-party-Produkte für Daten daran benutzen zu können und bekam sie nach einigen Mühen auch.

Aufgrund der national gegliederten Monopolsituation der öffentlichen Telekommunikation gibt es bisher im Bereich der privaten Systeme keinen freien Weltmarkt und als Folge eine große Anzahl von im Weltmaßstab kleineren und kleinsten Herstellern aber noch keinen beherrschenden Weltmarktführer (die Nase vorn hat hier übrigens Siemens!). Die vorhandenen Bemühungen um internationale Standardisierung bei NStA werden bisher überlagert von den Befürchtungen der Hersteller, dadurch mehr Wettbewerbsmöglichkeiten für andere zu eröffnen, ohne selber entsprechende zu erhalten.

Ein Beispiel: Nach fünf Jahren Q-SIG-Standards (Querverbindungs-Signalisierung für die Vernetzung von TK-Anlagen, interessanterweise ein Standard der ECMA (European Computer Manufacturers Ass.), nicht des ETSI oder CCITT) ist heute immer noch äußerste Vorsicht geboten, wenn man in Erwägung zieht, einen Anlagenverbund oder gar ein Corporate Network aus Anlagen verschiedener Hersteller aufzubauen. Seit etwa 1993 gibt es von den großen Herstellern erstmalig öffentliche Commitments zu internationalen Standards für Nebenstellenanlagen. Einige Taten sind auch schon gefolgt, andere sind noch in Vorbereitung.

Heute bieten z.B. praktisch alle TK-Hersteller an ihren Nebenstellenanlagen optional auch ISDN-Standardschnittstellen an, die jedenfalls für Daten und meist auch für andere ISDN-Dienste nutzbar sind. Von der Verwendung von ISDN-Standard-Telefonen an diesen Schnittstellen raten die Hersteller jedoch immer noch massiv ab, unter Hinweis auf den damit verbundenen Verlust von angeblich wesentlichen privaten Leistungsmerkmalen.

Auch das Telefon ist natürlich heute im Prinzip ein Mikroprozessorsystem mit allen Möglichkeiten. Die Benutzeroberflächen für die privaten Leistungsmerkmale am Endgerät werden von den Herstellern zur Zeit mit erheblichem Aufwand an Material (vor allem LCD) und Software und in hektischer Versions-Abfolge, teilweise auch mit einem gewissen Erfolg, auf intelligent, selbsterklärend und intuitiv bedienbar getrimmt (ohne jede Abstimmung oder gar Standardisierung, versteht sich). Allem technischen Overkill im Endgerät zum Trotz bleibt es aber dabei, was Harry Newton kürzlich so schön sagte: Ein PC kann heute ein großartiges Telefon abgeben, aber selbst das aufwendigste Telefon ergibt nur einen lausigen PC.

Fast überflüssig zu erwähnen, daß die digitalen Endgeräte auch in der Systemschnittstelle, z.T. bis hinunter zur Bitübertragung unterschiedlich sind. Es gibt heute schon Hersteller mit vier eigenen inkompatiblen Endgerätefamilien. Wie einfach ist es dagegen, analoge Endgeräte an Nebenstellenanlagen anderer Hersteller betreiben konnte (Bei mir zu Hause läuft zum Beispiel ein gutes altes SEL 1032 mit allem Komfort an einer Loewe Diana).

Intern bieten die Nebenstellenanlagen heute jedoch, trotz ausgefeilter Modularität, bisher keinerlei offene Schnittstellen. Wir sind hier etwa auf einem Stand den die DV-Industrie 1980 hatte.

3. Kleiner Überblick über den „CTI-Zoo“

CIT-Lösungen sollen Telefonie (und im weiteren Sinne auch andere Dienste auf dem Telefonnetz, wie z.B. Voice-Mail, Fax, E-Mail, Bildtelefonie) und traditionelle Computeranwendungen für den Anwender sinnvoll integrieren. Dies kann geschehen durch

- a) Integration des Telefons in den Arbeitsplatz-PC (Endgeräteintegration)
- b) Anschluß des Telefons an den Arbeitsplatz-PC (Endgeräteadaptation)
- c) Integration der Nebenstellenanlage in die EDV über einen bzw. als Telefonie-Server
- d) integrierte Endgeräte in einem integrierten Sprach- und Datennetz (Netzintegration)
- e) stand-alone Systeme oder PABX-Add-ons

In den Kategorien a) und b) gibt es seit etwa 1988 eine Reihe von sehr unterschiedlichen Produkten. Als sehr frühe deutsche Vertreter zu nennen wären tina (Stollmann) und Teleint

(CTI). Viele weitere Produkte wurden in diesem Bereich entwickelt, aber keines hat sich bisher massiv durchsetzen können, obwohl sie teilweise auch von TK-Herstellern als OEM-Produkte mit verkauft werden und z.T. Jahres-Stückzahlen im tausender-Bereich erreicht haben.

Einen großen Schub hat Kategorie a) und b) jetzt durch die Microsoft TAPI erhalten, wobei Microsoft hier zunächst nur einen Claim abgesteckt hat, ohne sich bisher festzulegen, was sie selbst an dieser Schnittstelle bringen werden. TAPI ermöglicht jedenfalls den Anwendungssoftware-Anbietern und den Kommunikationstechnik-Anbietern die Arbeitsteilung über eine wohldefinierte Schnittstelle und erfüllt so einen echten Bedarf. Der Zuspruch ist entsprechend groß (weit über 5000 Software-Firmen bestellten den TAPI 1.0 Development Kit). Die Microsoft TAPI 2.0 enthält jetzt zusätzliche Funktionen, die auch eine Verwendung für CTI-Server-Lösungen (s.u.) ermöglicht.

In der Kategorie c) werden heute schon sehr interessante third-party-Lösungen in Form von Telefonie-Servern mit passender Netzwerk-Software (Middle-Ware) und Anbindung an die privaten oder Standard-Schnittstellen der TK-Anlagen laufen, sowie auch spezielle Anwendungssoftware (z.B. Telemarketing- oder Support-Lösungen) dazu verkauft. Die Deutsche Telekom hat z.B. im ersten Halbjahr 96 eine dreistellige Anzahl von Systemen dieser Kategorie für den Geschäftskundenvertrieb beschafft.

Hier ist natürlich auch die TSAPI von Novell und AT&T zu nennen, die praktisch alle größeren TK-Hersteller heute anbieten. Sie basiert auf einer Öffnung der Steuer- und Kontroll-Schnittstelle der PABX entsprechend ECMA 179/180 und hat ebenfalls eine Reihe von guten Softwarefirmen und Systemhäusern auf den Plan gerufen, wenn auch sehr viel weniger als Microsoft/Intel mit der TAPI. Leider bietet sie immer noch nicht alle Funktionen an, die sich der CTI-Entwickler wünscht und die die TK-Anlagen auch an den privaten Steuer- und Kontroll-Schnittstellen bieten.

Versit [Kasten] hat nun Anfang des Jahres eine neue TSAPI Spezifikation auf Basis von ECMA-CSTA Phase 2 angekündigt. Hiervon ist aber noch nichts realisiert worden.

Erste CTI-Lösungen dieser Kategorie für den SOHO-Bereich (für ISDN-Mini-TK-Anlagen der Eumex-Klasse und PC-PABX) liegen auch bereits vor.

Die Variante, die TK-Anlage als Komponente (z. B. PC-Karte) in den Server zu integrieren ist bisher noch weniger etabliert, obwohl TK-Anlagen als PC-Adapter bereits seit Anfang der 90er, allerdings damals noch ohne CTI-Ansatz, zu haben sind (Teles in Berlin war hier Pionier).

Bei Kategorie d) gibt es zwei Varianten. Die eine wäre mit ATM als integriertem Sprach-Datenetz möglich. Darauf müssen wir, auch mangels standardisierter ATM-Features, wohl leider noch etwas warten, obwohl vereinzelt schon Versuche gemacht werden. Die andere Variante gibt es schon, sie heißt Telefonie über LAN und erregt zur Zeit (auch in Zusammenhang mit ISO-Ethernet) einiges Aufsehen. Zu nennen sind hier jedenfalls unser Berliner Pionier Netserve und der US-Shooting-Star Claflin&Clayton.

Kategorie e) umfaßt die High-End-Systeme der großen TK-Hersteller, die, vor allem für große ACD-Anwendungen, Zusatzfunktionen per Adaption oder Integration erhalten haben und auch die interessantesten speziellen CTI-Systeme (z.B. von Aspect, Davox, EIS, Melita und anderen). Die Integrierbarkeit von Systemen der Kategorie e) in vorhandene Infrastrukturen

ist meist nur eingeschränkt, sie entstammen der Tradition der geschlossenen Systeme. Der Trend geht aber auch bei diesen Systemen zu mehr offenen Schnittstellen, bei den TK-Herstellern auch zu mehr offenen third-party-Produkten (Siemens z. B. mit Softek und CSB, Telenorma mit Telesnap, Micrologica u. a. m.).

4. Neue und offene Architekturen für CTI-Systeme

Viele CTI-Anbieter haben in den letzten Jahren interessante Techniken und Softwarearchitekturen für ihre Produkte entwickelt oder aus anderen Bereichen (z.B. PC) übernommen, die Produkte sind aber durchweg nicht offen. Offene Telefoniesysteme sollen, so wie PC-Systeme es heute sind, offen sein für Fremdhardware, Fremdsoftware und spezialisierte Anwendungen. Scheinbar eine einfache Anforderung, zumal beim heutigen Stand der PC-Technik. Bei näherem Hinsehen zeigen sich aber doch einige Problemzonen:

Auf der Seite der Anwender:

- vom Telefonsystem ist man harten Dauerbetrieb gewöhnt, vom PC regelmäßigen Absturz
- Das Telefon gehört traditionell zur Hausinstallation (...klein, schwarz, dumm, aber langlebig)

Auf der Seite der Hersteller:

- die traditionellen I/O-Geräte der DV sind Tastatur, Maus, Bildschirm und Drucker, die traditionellen Datenarten sind Zeichen, Text, Bild. Darauf basieren die Systemarchitektur, die Anwendungen, die LANs, die Betriebssysteme. In der EDV-Branche muß das Thema Telefonie (und Video) gelernt und die erforderlichen Mittel (vor allem in der Software) erarbeitet werden
- In der TK-Branche muß das Design offener Systeme mit Standardkomponenten erarbeitet werden. Man ist noch daran gewöhnt, alles, auch Hardware und Betriebssystem selbst zu entwickeln

4.1 Realzeitanforderungen und Signalverarbeitung

Ein wesentliche Besonderheit bei allen Anwendungen, die mit Telefonie zu tun haben (und noch mehr natürlich bei Video) besteht in der Anforderung der isochronen Ein- und Ausgabe und Verarbeitung von Sprache (und ggfs. Video). Hierfür sind PCs und LANs ursprünglich nicht ausgelegt. Auch ein schneller PC erreicht heute mit einem Sprachkanal (Erkennung, Synthese oder Modem) oder einem H.320-Bildtelefon-Kanal Vollbeschäftigung. Auch der reine I/O-Betrieb von 30 B-Kanäle à 64kbit Vollduplex über den PC-Bus (z.B. bei einer PC-Voice-Box) frißt schon erheblich Systemressourcen. Bei Sprache sind kleinere Aussetzer noch tolerierbar, bei der Übertragung von komprimierten Video-Daten können schon kleinste Daten-Verluste zu sehr lästigen Bildausfällen führen.

CIT-Server und Server-integrierte Nebenstellenanlagen müssen diese Funktionen ggfs. für eine Vielzahl von Sprachkanälen realisieren. Dazu können besondere Architekturerweiterungen sinnvoll sein, die die Delay-arme Übertragung und Verteilung von isochronen Signalen im System ermöglichen, im Sinne eines zweiten Busses für isochrone Signale. Darüberhinaus muß natürlich die entsprechende Processing-Power bereit gestellt werden. Das geschieht über Adapter mit leistungsfähigen Signalprozessoren und ist heute unproblematisch.

Hierzu werden, neben verschiedenen anderen Lösungen und leider ohne wesentliche Beteiligung deutscher Hersteller in USA seit 1990 MVIP (Multi-Vendor Integration Protocol, von Natural MicroSystems, Rhetorex und Brooktrout 1990 entwickelt) und seit 1993 SCSA und TAO ([Kasten]) als Ansätze für offene Schnittstellen entwickelt. Natürlich waren auch bei SCSA anfangs, ähnlich wie in der Anfangszeit der CAPI, noch gewisse Kompatibilitäts- und vielleicht auch Interpretationsrisiken vorhanden.

4.2 Kompatibilität und Interoperabilität

Noch mehr als bei der Vernetzung von Nebenstellenanlagen ist das Thema Interoperabilität für CTI-Lösungen heute ein großes Problem. CTI-Lösungen sind in aller Regel schon im Einzelnen Multi-Vendor-Systeme von hoher Komplexität, so daß sie selbst technisch versierten VBs regelmäßig Kopfschmerzen bereiten. Die Interoperabilität von CTI-Lösungen verschiedener Hersteller ist heute nahezu null, es fehlt dazu praktisch an allem. Auch speziell angefertigte Anpassungen sind hier problematisch, zu groß ist die Gefahr, daß schon beim ersten Release-Wechsel einer Komponente nichts mehr geht und man sich unkalkulierbare Pflegeaufwände einhandelt.

Zum Glück sind solche Anforderungen aufgrund der noch nicht so hohen Verbreitung von CTI-Lösungen bisher noch einigermaßen selten, die Tendenz ist jedoch exponentiell steigend. Das ECTF ([s.Kasten]) hat sich zur Förderung eines freien CTI-Marktes insbesondere das Thema Interoperabilität ganz oben auf die Fahne geschrieben.

5. Fazit

Computer-Telefonie ist ein noch junges, aufstrebendes Geschäft und wird die „uralte“ Branche der privaten Telefonesysteme in den nächsten Jahren möglicherweise kräftig durchschütteln. Während die etablierten DV-Hersteller noch Telefonie lernen und die TK-Hersteller sich auf freie Märkte, Kundenorientierung und Softwaredesign in offenen Systemen einstellen, ist es möglich, daß bei CTI neue Player das gesamte Establishment rechts überholen.

Einiges dürfte aber trotz aller Unübersichtlichkeit und brodelnden Bewegung aus neuen Technologien und Standards, neuen Anbietern, neuen Lösungen und neuen Märkten feststehen:

- CTI wird in allen Bereichen, Großunternehmen, KMU, SOHO und auch home ein großes Geschäft.
- Interoperabilität und offene CTI-Systeme stehen vor der Tür, sind aber noch nicht eingetreten
- vom einheitlichen (Standard-?) Telefon-GUI ist bisher noch nichts zu sehen

Beim Auto hat es ja schließlich auch einige Jahrzehnte gedauert, bis das Gas rechts, das Steuer und die Kupplung links und Hupe und Bremsen in der Mitte waren.

Wer heute CTI-Lösungen sucht, findet bereits eine verwirrende Vielzahl an fertigen Systemen, Komponenten und Produkten vor (s. dazu auch die www-links im Kasten). Noch vor einem Jahr war man häufig froh, wenn sich überhaupt eine akzeptable CTI-Lösung fand. Heute gibt es auch in schwierigen Fällen eigentlich immer Alternativen. Informieren Sie sich

genau und versäumen Sie nicht, bereits im Voraus möglichst zuverlässig die Benutzerakzeptanz für die neue Lösung (z.B. durch rapid prototyping) und ihre Auswirkungen auf den Arbeitsablauf im Unternehmen (durch Organisationsanalyse) zu prüfen. In beiden Bereichen werden nach unserer Erfahrung im Zuge der technischen und kaufmännischen Begeisterung für die Innovation leicht neue Problemzonen übersehen.

Gehen Sie sicherheitshalber davon aus, daß für CTI heute, abgesehen natürlich von dem vom Anbieter garantierten Funktionsumfang, leider noch das Prinzip gilt „Nichts paßt, nichts ist kompatibel“. Aber es gibt immer mehr CTI-Lösungen, die sich sehr gut rechnen (ROI < neun Monate), so daß man trotzdem problemlos einsteigen kann. Also: Mitmachen, mitgewinnen, aber mit Augenmaß!

Kasten **ECTF**

Das ECTF (Enterprise Computer Telephony Forum) ist ein nicht-kommerzieller Zusammenschluß von Computer-Telephony-Herstellern mit dem Ziel, die Entwicklung eines offenen, wettbewerbsorientierten Marktes für kommerzielle Computer-Telefonie-Lösungen und die Entwicklung entsprechender Standards und Konventionen zu fördern. Ähnlichkeiten mit dem ATM-Forum sind beabsichtigt. Die bisher 34 „principal members“ sind bis auf CSELT, Ericsson, Fujitsu und Siemens alle US-Unternehmen. Unter den 36 „auditing members“ sind unter anderem Bosch Telecom, die Deutsche Telekom AG, DeTeWe, Philips, OKI, Mitsubishi, Telecom Finland und Telecom Italia vertreten. Erste wichtige Aktion war die Überarbeitung des SCOSA TAO-framework, die von Dialogic, einem der fünf Gründungsmitglieder, vorgelegt worden und die Freigabe der daraus entwickelten Implementierungs-Vereinbarung für CTI-Anwendungen ECTF S.100.

Kasten **SCOSA und TAO**

Die von Dialogic 1993 vorgestellte SCOSA (Signal Computing System Architecture) besteht aus den zwei Teilen SCOSA Hardware Model und SCOSA TAO (Telephony Application Objects)-Framework. Das Hardware-Model definiert im Wesentlichen eine schnelle serielle Verbindung von Karten in einem System (z.B. PC oder VMEbus) und die Verbindung von Systemen für isochrone Signale und ist insofern die Antwort von Dialogic auf MVIP. SCOSA ist heute in Produkten von mindestens dreißig Herstellern implementiert, man könnte fast sagen, täglich werden es mehr. Das SCOSA TAO Framework definiert APIs, Funktionen und Objekte, und soll es ermöglichen, daß konforme CTI-Anwendungen hardwareunabhängig laufen können, etwa so wie WOSA dies für Drucker ermöglicht, nur etwas komplexer, da es bei CTI um eine größere Anzahl von unterschiedlichen Medien und Funktionen geht.

Kasten: **Links zum Thema CTI**

ECMA: <http://www.ecma.ch/>
ECTF: <http://www.ectf.org/>
MVIP: <http://www.mvip.org/>
Versit: <http://www.versit.com/>
Computer Telephony Magazine: http://www.ctexpo.com/ct_home.html
Dialogic, SCOSA: <http://www.dialogic.com/>
Advanstar (Voice, CallCenter/CTI): <http://www.advanstar-expos.com/communications/>

Kasten **Versit**

Versit ist eine „low-key“-Arbeitsgruppe der Unternehmen Apple, AT&T, IBM und Siemens, die sich mit verschiedenen Kompatibilitäts- und Standardisierungsthemen befaßt, nicht nur im Bereich CTI, sondern auch PDI (Personal Data Interchange), C&M (Conferencing and Messaging) und wired&wireless connectivity.

Der Autor: Prof. Dr. Günter-Ulrich Tolkiehn, Jahrgang 1950, Hamburger, diplomiert und promoviert in Festkörper- und Röntgenphysik, begann bereits während seines Studiums mit Software- und Hardware-Entwicklung, ist seit 1982 in der Kommunikationstechnik tätig, bis 1992 bei Stollmann, seitdem im eigenen Unternehmen (Tolkiehn & Partner Management-Beratung TeleCommunication). Er wurde 1996 für den Aufbau des Gebiets ISDN, Neue Medien und Multimedia zum Professor für Informations- und Kommunikationstechnik an der Technische Fachhochschule Wildau berufen.