



# Konvergenz der Kommunikationsnetze – Komplexität ohne Ende?

R. Henze

Universität – GH Kassel

**Zusammenfassung** Ein leistungsfähiges und integriertes Kommunikationsnetz ist nicht nur für Multimedia-Anwendungen von großer Bedeutung. Auch hofft der Netzbetreiber mit dieser Vision Investitions- und Betriebskosten in den Griff zu bekommen. Trotz vielversprechender Techniken zur Zusammenführung von Telefon- und Datennetzen, wie ISDN, ATM oder Voice over IP konnte die Konvergenz der Netze bisher noch nicht umfassend erreicht werden. Bei Netzdiensten, Endgeräten und Anwendungen ist eher Differenzierung als Vereinheitlichung zu beobachten. Es wird über Erfahrungen beim Aufbau eines integrierten Universitätsnetzes berichtet.

## 1 Einleitung

Telefon- und Datennetze unterscheiden sich deutlich voneinander. Sprache läßt sich am besten übertragen in kleinen Datenpaketen fester Länge, die in synchronem Fluß übermittelt werden, während Datennetze paketorientiert arbeiten, mit großen Datenpaketen variabler Länge und asynchronem Datenfluß. Vor 20 Jahren, als die von Computern ausgetauschten Datenmengen noch gering waren, konnten sie bequem in Telefonnetzen transportiert werden. Seit Mitte der 90er Jahre bewirkte der Internet-Boom nahezu eine Umkehrung der Verhältnisse. Nur sind Datennetze für Sprachübertragung in hoher Qualität ungeeignet. Sprachübertragung erfordert einen zeitlich gleichmäßigen (isochronen) Übertragungsmodus.

Bisher sind integrierende Ansätze gescheitert, ISDN (Integrated Services Digital Network) an der zu geringen Übertragungskapazität für Computeranwendungen und ATM (Asynchronous Transfer Mode) an der geringen Akzeptanz im Bereich der lokalen Datennetze.

Eine weitere Schwierigkeit, mit der sich der Netzbetreiber konfrontiert sieht, ist die rasant technische Entwicklung, die eher Differenzierung statt Integration hervorbringt, sowohl was die Übertragungsmedien (Kupferkabel, Lichtwellenleiter, Funk) als auch was Anwendungen und Endgeräte betrifft.

## 2 Anforderungen an Kommunikationsnetze

**Unterstützung isochroner Dienste, Multimedia:** Treibende Kraft für die Entwicklung der Kommunikationsnetze ist die exponentiell steigende Leistungsfähigkeit der Rechner-technik. Mit der Erschließung neuer Anwendungsfelder und Nutzerkreise erhöht sich auch der Bedarf an Übertragungskapazität drastisch. Ein Beispiel ist der Siegeszug des WWW. Graphische Aufbereitung der Information und ein rasch wachsender Nutzerkreis ließ das



Verkehrsaufkommen auf den Datennetzen um Größenordnungen steigen. Multimediaanwendungen, mit Integration von Video und Sprache, stellen noch höhere Anforderungen an die Übertragungsrate und fordern zudem isochrone Übertragungseigenschaften. Eine Anschlußdatenrate von 100 Mbps am Arbeitsplatz ist heute unverzichtbar. Davon profitieren auch die klassischen Rechneranwendungen (z.B. File-Server, Backup), die gleichermaßen steigende Datenvolumina zu bewältigen haben.

**Einheitliche Endgeräteschnittstelle:** Die Endgerätesteckdose sollte möglichst einheitlich sein. Während in den Pionierzeiten der Rechnernetzwerktechnik, meist technisch kompetenten Anwendern die Handhabung verschiedener Anschlußvarianten zugemutet wurde (z.B. allein drei bei 10-Mbit-Ethernet auf Kupferkabeln), muß der Zugang heute möglichst einfach und einheitlich sein. Ein Rechner muß sich ähnlich problemlos am Netz installieren lassen wie ein Telefon.

**Einfache Infrastruktur:** Die Vereinfachung der Netzinfrastruktur ist besonders wichtig für den Netzbetreiber. Nur so hat er die Chance, den Betriebsaufwand im Griff zu behalten. Allein der Aufwand für das Datennetz steigt mit der Einführung der 100-MBit-Switched-Ethernet Technik erheblich. Daten- und Telefonbereich sind technisch, organisatorisch und was die Anforderung an die Qualifikation des Personals betrifft, sehr verschieden, so daß eine erfolgreiche Integration deutliche Rationalisierungseffekte erwarten läßt.

**Nachhaltige Verkabelung:** Ein wichtiger Beitrag zur Senkung der Ausbaukosten der Netze ist eine nachhaltige Verkabelung. In den letzten 20 Jahren wurde etwa alle 5 Jahre die Verkabelungstechnik für Datennetze geändert. Daraus folgen nicht nur erhebliche Probleme für den Betrieb. Eine entsprechend häufige Erneuerung der Verkabelung wäre heute nicht mehr bezahlbar, da sie im Gegensatz zu früher flächendeckend stattfinden müßte.

**Hohe Verfügbarkeit:** Mit der allgemeinen Nutzung der Netze steigen auch die Anforderungen an die Zuverlässigkeit. Eine Universität, die in Zukunft sämtliche Verwaltungsvorgänge aber auch einen großen Teil von Lehre und Forschung über Kommunikationsnetze abwickelt, braucht ein Netz, daß eine mindestens so hohe Verfügbarkeit garantiert wie bisher das Telefonnetz.

**Datenschutz:** Der Datenschutz wird auf einem integrierten Netz in Zukunft noch wichtiger sein als auf dem Telefonnetz. Denn es werden hier nicht nur vertrauliche Sprachmitteilungen ausgetauscht, sondern auch Geschäftsvorgänge abgewickelt.

**Flexibilität bezüglich Protokollen und Anwendungen:** Der Aufbau eines leistungsfähigen und zukunftssicheren integrierten Netzes ist in einer großen Organisation aus Kostengründen kaum in einem Schritt möglich. Computer- und Netzwerktechnik sind weiterhin in vitaler Entwicklung begriffen. Netzwerkdesign muß daher flexibel sein gegenüber Änderungen, die neue Anwendungen und Protokollen fordern. Ein Netz ist ein verteiltes System, mit einer immer aufwendiger werdenden Infrastruktur. Es läßt sich nicht so einfach erneuern, wie in der Vergangenheit ein Mainframe-Computer.

### 3 Ausbaustrategie für ein Universitätsnetz

Die Universität Gesamthochschule Kassel (GhK) ist eine Universität mittlerer Größe, verteilt über 8 Standorte in 2 Städten. Die Integration von Sprach- und Datennetz begann

1996. Zu dieser Zeit erforderte das drastische steigende Verkehrsvolumen im Datenetz einen Ausbau über die 10-MBit-Yellow-Cable Technik hinaus. ATM, mit isochronen Eigenschaften und ausreichend skalierbarer Übertragungsrate, war verfügbar. Die Übertragungsleitungen zwischen den Standorten waren doppelt vorhanden, jeweils für die Verbindung der Telefon(TK)-Anlagen und zur Übertragung des Datenverkehrs. Der Mietpreis für diese Leitungen war relativ hoch. Daher lag es nahe, die Integration zuerst hier und in einem Kernbereich des Netzes, am Übergang zu den Provider-Anschlüssen, zu realisieren. Eine Investition, die sich bereits nach 2 Jahren amortisierte. Eine Übersicht des integrierten Backbone-Netzes zeigt Abb.1. Durch redundante Standortverbindungen ist die Betriebssicherheit erhöht. Damit wird insbesondere der Zugang zu den externen Netzen abgesichert. Das Netz wird heute noch so betrieben. Die Kopplung der TK-Anlagen über ATM war von Beginn an problemlos. ATM im Anwenderbereich wurde selten genutzt, einige Male für Videoübertragungen von Kongressen. Außerdem sind die Server im Rechenzentrum und die Server für Netzdienste über ATM angeschlossen.

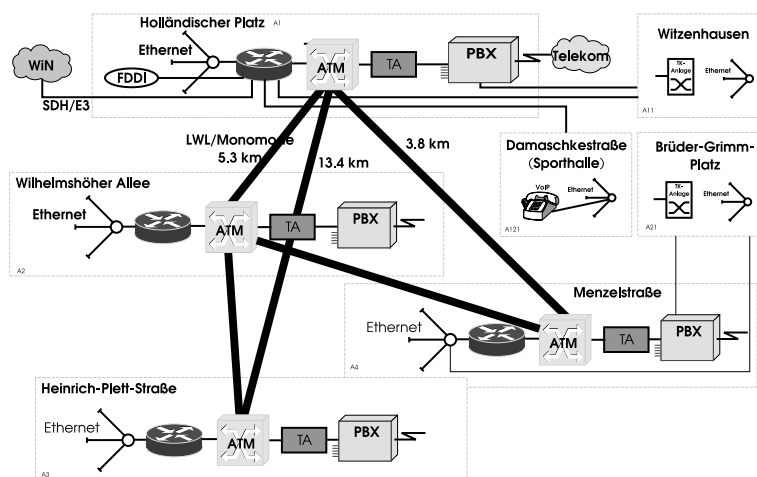


Abbildung 1. ATM-Backbone des Hochschulnetzes

Der nächste Schritt war die Bereitstellung eines leistungsfähigen Datenetzanschlusses (100-MBit-Ethernet) am Arbeitsplatz. Die Verkabelung dafür ist mit Lichtwellenleiter (LWL) realisiert. Diese Technik hat die größten Bandbreitenreserven. Außerdem sind die Kabel leichter und über größere Entfernungen verlegbar als Kupferkabel, was Aufwand für Infrastruktur einspart, insbesondere für die Ausstattung der Datenverteileräume. Abb.2 zeigt schematisch die Vernetzung eines Gebäudes. An jeder Datensteckdose enden 2 Netzanschlüsse, die zur Erhöhung der Ausfallsicherheit an verschiedene Verteiler (Switch-Router) angeschlossen werden können.

Die Strategie zum Ausbau des Netzes ist in Abb.3 skizziert. Die Vorgehensweise ist in Stufen gegliedert, die aufeinander aufbauen. Sie nimmt Rücksicht auf den aktuellen Bedarf

der Anwender und verteilt die Kosten und die Rationalisierungseffekte über die einzelnen Phasen des Projekts.

Die ersten beiden Stufen, Integration des Backbone-Bereichs und LWL-Verkabelung zum Arbeitsplatz wurden oben beschrieben. Mit der sternförmigen Glasfaserverkabelung in den Gebäuden wird (im Vergleich zur Ethernet-Bus-Technik) der Datenschutz deutlich erhöht. Außerdem wird mit der Möglichkeit, virtuelle LANs auf diese Struktur abzubilden, das Netz deutlich flexibler. Bisher mußten Abteilungsnetze durch dedizierte Verkabelungen realisiert werden.

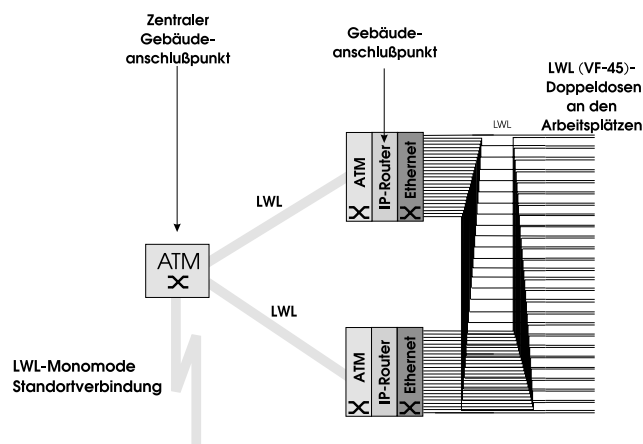


Abbildung 2. Gebäudevernetzung: LWL-Collapsed-Backbone

Die Netzintegration auf der Vermittlungsebene war zunächst mit ATM geplant. Wie erwähnt, hat sich diese Technik im Anwenderbereich nicht durchgesetzt. Statt dessen wird die Integration jetzt auf Ethernet-Basis, mit Voice over IP (VoIP) durchgeführt. Mit der Einführung von VoIP ist zwangsläufig eine Migration der TK-Anlagen verbunden. Zudem ist das Netzwerkmanagement zusammenzuführen und Accounting und Abrechnung von Netzdiensten zu integrieren. Letzteres ist besonders von Bedeutung für die Abrechnung des externen Verkehrs.

Die letzte Stufe der Integration findet schließlich auf der Anwendungsebene statt. Unified Messaging und Computer-Telefon-Integration (CTI) sind bekannte Beispiele. Erfahrungen mit Unified Messaging werden unten beschrieben.

#### 4 Voice over IP

VoIP überträgt Sprache über Datennetz-Protokolle (IP, UDP, Ethernet). Bei Übertragungswegen mit geringer Kapazität kann auf Maßnahmen zur Qualitätssicherung (Quality of

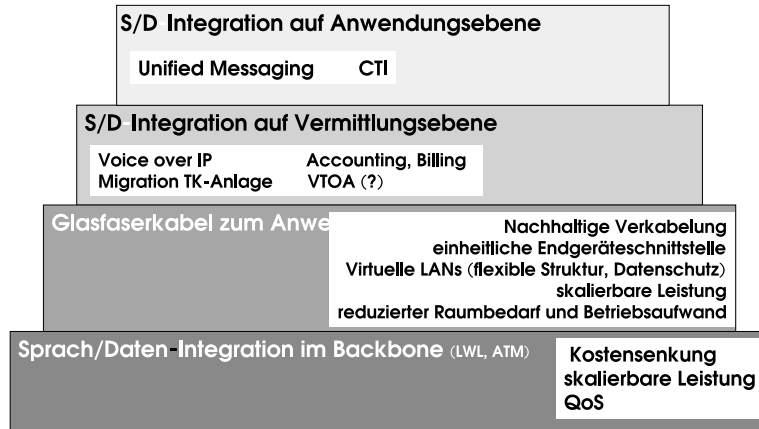


Abbildung 3. Stufenmodell für integrierte Infrastruktur

Service (QoS)), auf Ethernet- oder IP-Ebene, zurückgegriffen werden. Abb.4 zeigt den ersten Schritt bei der Einführung von VoIP im Hochschulnetz. In der ersten Phase sind ca. 50 Endgeräte angeschlossen. Zwei kleinere Inseln, an verschiedenen Standorten, sind mittels LWL verbunden. Die Kopplung zum ISDN-Netz geschieht über die Komponenten Gateway (Umformatierung der Datenpakete) und VoIP-Server (Adressverwaltung). Einsparungen sind an zwei Stellen zu erwarten: Bei den standortverbindenden Leitungen und beim Aufbau neuer Verkabelung (Neubauten, Renovierungen), wo auf Telefonverkabelung verzichtet werden kann. Im VoIP-Netz können auch herkömmliche Telefone eingesetzt werden. Sie werden an Router mit Telefonschnittstellen (a/b) angeschlossen.

Die ersten Erfahrungen mit dieser Technik waren ermutigend. Wegen ausreichender Bandbreite im Netz war die Sprachqualität sehr gut, ohne daß spezielle QoS-Maßnahmen eingesetzt wurden. Tests zeigten, daß 10-MBit-Switched Ethernet für den Endgeräteanschluß genügt. Allerdings wurde als Endgerät ein Telefon eingesetzt oder ein PC, der nur Telefonverkehr erzeugte. Neben Anfangsschwierigkeiten, wie Routingproblemen und der Notwendigkeit besonderer Vorwahlummern, gab es auch Einschränkungen, die kurzfristig nicht zu beheben waren. Die Leistungsmerkmale der TK-Anlagen können auf VoIP nicht vollständig realisiert werden. Der VoIP-Server zeigte unzureichende Betriebsstabilität, was vermutlich auf das Betriebssystem (Windows-NT) zurückzuführen ist. Die Gesprächsabrechnung wird problemlos von dem noch vorhandenen Abrechnungssystem der TK-Anlagen übernommen.

Die Kosten für IP-Telefone sind inzwischen in einer Größenordnung, die einen Vergleich mit der klassischen Telefontechnik zuläßt. Abb.5 zeigt den Kostenvergleich, der Endgeräte, zentrale Komponenten, Verkabelung und Personalkosten einbezieht. Allerdings sind eine große TK-Anlage und eine kleine VoIP-Installation miteinander verglichen. Das Ergebnis zeigt, daß VoIP rentabel ist. Einsparungen sind bei Verkabelung und Personal zu erwarten. Offen ist die tatsächliche Einsparung von Personalkosten. Sie ist langfristig sicher gegeben. In der Übergangszeit ist der Personalaufwand allerdings höher.

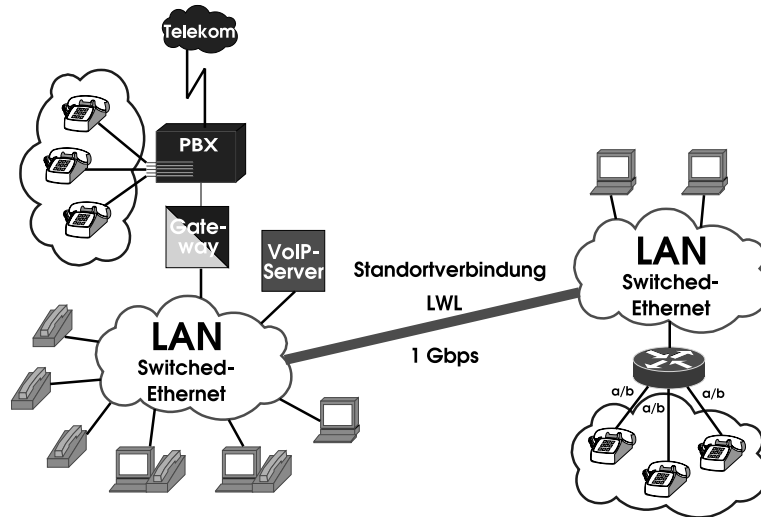


Abbildung 4. Voive over IP: Konfiguration

Die weitere Ausbaustrategie ist in Abb.6 skizziert. In Stufe 1 (oben beschrieben) ist die VoIP-Insel im Datennetz noch klein, das Telefonnetz dominiert. In Stufe 2 erstreckt sich VoIP über das gesamte Datennetz. Die TK-Anlage bedient nur noch eine kleine Anzahl von Telefonen, die besondere Anforderungen an die Betriebssicherheit haben (Notruftelefone). Wenn die Betriebssicherheit des Datennetzes inzwischen hoch genug ist, könnte jetzt auf die TK-Anlage ganz verzichtet werden (Stufe 3). Das VoIP-Gateway ist dann direkt an den Telefonprovider angeschlossen. Sollte dieser auch eine VoIP-Schnittstelle zur Verfügung stellen können, so kann auch auf das Gateway verzichtet werden (Stufe 4). Die Telefonie wird in dieser Stufe vollständig über das "Datennetz" abgewickelt.

## 5 Migration der TK-Anlage

Schrittweise mit dem Ausbau von VoIP können die TK-Anlagen zurückgebaut werden. Dabei ist es sinnvoll, als erstes teure und wartungsintensive Geräte abzubauen. Das kann z.B. geschehen durch den Ersatz kleinerer TK-Anlagen an Außenstandorten durch ISDN-HUBs. Längerfristig wird das Telefonnetz dort noch betrieben wo es aus ökonomischen Gründen sinnvoll ist, z.B. um vorhandene Telefonverkabelung weiter zu nutzen. Außerdem ist der zuverlässige Betrieb von Notruftelefonen über VoIP derzeit noch nicht absehbar. Die Leistungsmerkmale der TK-Anlage sowie ihre Accounting/Billing-Funktion werden sicher noch einige Zeit benötigt. Derzeit wird von einem Betrieb der TK-Anlagen der Universität über weitere 5 Jahre ausgegangen.

## 6 Unified Messaging

Während VoIP, als Integrationstechnik auf der Transportebene, besonders für den Netzbetreiber interessant ist, profitiert der Anwender von Sprach/Daten-Integration auf der

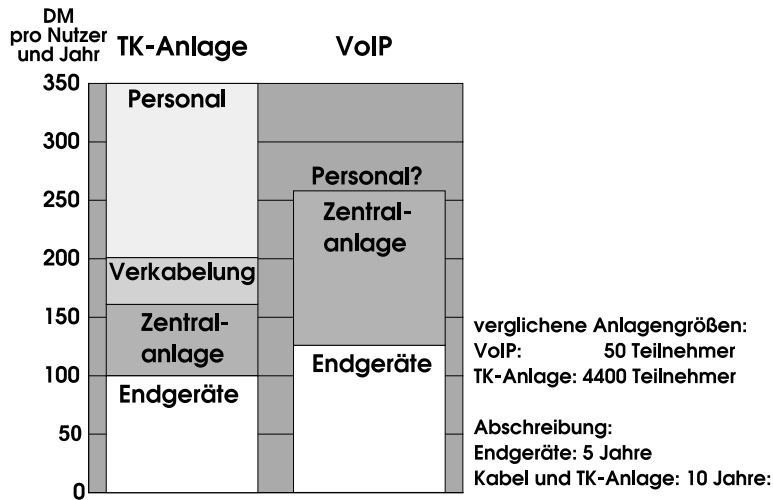


Abbildung 5. Voice over IP: Kostenvergleich VoIP/TK-Anlage

Anwendungs- und Endgeräte-Ebene. Ein Beispiel dafür ist Unified Messaging (UM). Es ermöglicht den Betrieb der Mailbox-Dienste von Internet und ISDN (Email, FAX, Voice-mail und SMS) auf einem Endgerät. Die Funktion läßt sich kurz beschreiben als die eines integrierten Mailservers. Abb.7 zeigt die Konfiguration. Der Server hat je einen Anschluß an Daten- (Ethernet) und Telefonnetz (ISDN). Bei entsprechenden Konfigurationseinträgen im IP-Nameserver (DNS) und in der TK-Anlage werden die Mailboxdienste an den UM-Server geleitet und dort zwischengespeichert, bis sie vom Nutzer abgerufen werden. Der Server beherrscht neben SMTP-Mailing Schnittstellen zu herstellereispezifischen Mailingsystemen: Microsoft Exchange, Lotus Notes, SAP. Der Zugriff auf den Server, vom Client-Rechner aus, ist über spezielle Client-Software oder über einen Web-Browser möglich.

Der Betrieb stellt besondere Anforderungen an den Datenschutz. Mit der Aufstellung im Anlagenraum der TK-Anlage ist schon eine hohe Zugangssicherung gewährleistet. Da der Rechner über das Internet zugänglich ist, muß er gegen unauthorisierten Zugriff von außen geschützt werden. Die Datenübertragung zu den Client-PCs kann mittels SSL (Secure Socket Layer) verschlüsselt werden. Ein besonderes Problem stellt das Email-FAX-Gateway dar. Ein FAX, an einen externen Empfänger geschickt, erzeugt Kosten. Da eine Email-Adresse leicht zu fälschen ist, kann diese Funktion mißbraucht werden. Hier fehlt ein besonderer Authentifizierungsmechanismus.

## 7 Endgeräte

Voice over IP und Unified Messaging machen es möglich, die Kommunikations-Endgeräte am Arbeitsplatz auf ein Minimum zu reduzieren. Wo vorher Telefon, FAX, PC und Drucker standen, genügt jetzt ein PC, mit Telefonhörer auf der Tastatur oder mit einem

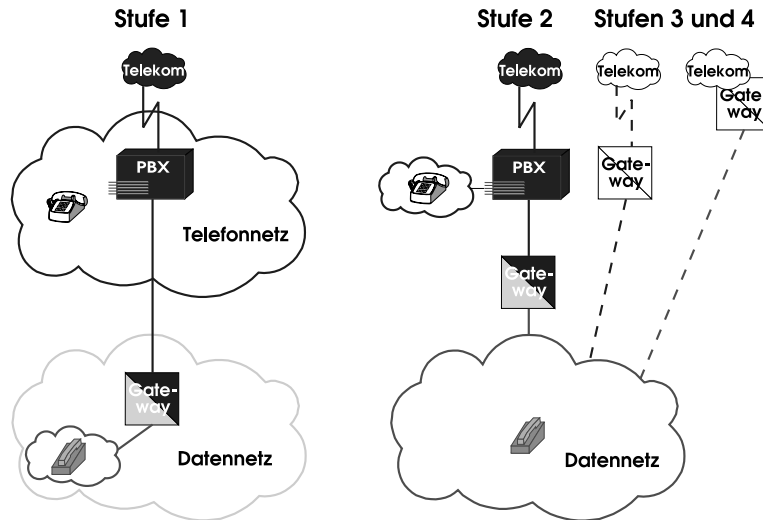


Abbildung 6. Voice over IP: Ausbaustrategie

Headset. Der Drucker befindet sich in der Regel in einen separaten Raum. Hier kann auch ein Scanner oder FAX-Gerät, zur Erfassung von Papierdokumenten aufgestellt werden.

Der PC zum Telefonieren auf dem Schreibtisch ist allerdings im praktischen Gebrauch unhandlich. Ein integriertes Endgerät müßte deutlich ergonomischer sein, etwa eine Zentraleinheit unter dem Tisch, verbunden mit der Möglichkeit, (LCD-)Bildschirm, Tastatur und Telefonhörer auf einfache Weise von der Arbeitsfläche zu entfernen.

Für mobile Endgeräte (Handy, Organizer) müßte eine Möglichkeit geschaffen werden, sie an die ortsfesten Geräte am Schreibtisch zu koppeln, so daß Datenaustausch auf einfache Weise möglich ist und sie auch am Festnetz genutzt werden können.

Die Entwicklung von praktikablen integrierten Endgeräten steht erst am Anfang. Erfahrung im Umgang mit diesen Geräten, und nicht so sehr technische Vorlieben, werden zeigen, was sinnvoll ist. Bewährte Endgeräte, wie Telefon, G3-FAX und PC werden sicher noch lange von Bedeutung sein.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Drei Ebenen der Integration lassen sich unterscheiden: Netz, Endgerät und Anwendung. Derzeit populäre technische Ansätze, wie z.B. Voice over IP, Unified Messaging und Computer-Telefon-Integration lassen sich in dieses Schema, wie in Abb.8 gezeigt, einordnen. Keine der verfügbaren Techniken deckt zur Zeit alle Ebenen ab. So ist z.B. VToA (Voice and Telecommunication over ATM) hervorragend geeignet, große TK-Anlagen zu verbinden sowie Daten und Videokonferenzen zu übertragen. Allerdings hat sich VToA nicht bei Endgeräten oder Anwendungen durchgesetzt. CTI (Computer-Telefon-Integration), eine



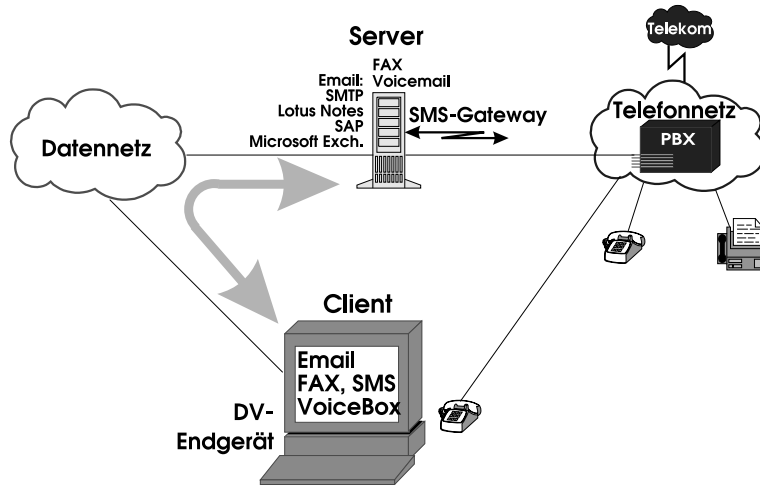


Abbildung 7. Unified Messaging

Technik auf der Anwendungsebene, wird in Call-Centern häufig eingesetzt. Sie hilft allerdings dem Netzbetreiber nicht weiter, da sie keine Integration der Netze bietet. VoIP deckt schon die Ebenen Netz und Endgerät ab. Da es auf IP basiert, ist hier sicher auch das größte Potential für die Entwicklung integrierter Anwendungen zu erwarten.

	<b>VToA</b> Voice and Telecommunication over ATM	<b>VoIP</b> Voice over IP	<b>UM</b> Unified Messaging	<b>CTI</b> Computer and. Telefone Integration
<b>Anwendung</b>				
<b>Endgerät</b>				
<b>Netz</b>				

Abbildung 8. Techniken zur Netzintegration und ihr Anwendungsbereich

Folgendes wurde bisher bei der stufenweisen Integration des Hochschulnetzes erreicht:

- Für den Nutzer:
  - Unterstützung von Multimedia-Anwendungen
  - einheitliche Endgeräteschnittstelle
  - integriertes Endgerät

- Für den Netzbetreiber:
  - einheitliche Kabelinfrastruktur
  - skalierbare Bandbreite.

Damit steht dem Anwender eine hohe Bandbreite zur Verfügung. Multimedia-Anwendungen werden möglich. Die Nutzung des Netzes wird einfacher und sicherer. Zudem ist eine nachhaltige Basisinfrastruktur geschaffen. Die noch ausstehenden Maßnahmen betreffen überwiegend die Qualitätssicherung:

- Accounting, Billing
- Netzwerkmanagement
- Service Level Management
- QoS im WAN
- Redundanz
- Einbeziehung anderer Netze (Gefahrenmeldeanlagen, Leittechnik, Fernsehen/Video)
- integrierte Anwendungen

Die Realisierung dieser Maßnahmen wird sicher noch einige Jahre in Anspruch nehmen. Obwohl die Notwendigkeit des Ausbaus des Datennetzes i.a. unstrittig ist, wird doch hin und wieder der flächendeckende Ausbau und die grundsätzliche Konsolidierung von Daten- und Telefonnetz in Frage gestellt. Besonders, wenn im Zuge einer Globalhaushaltung Ausgaben für Infrastruktur mit denen für Forschung und Lehre konkurrieren. Eine moderne Kommunikationsinfrastruktur wird für eine Universität im Informationszeitalter eine entscheidende Basis sein, mit einer Bedeutung, wie sie vor 250 Jahren den Bibliotheken zukam. Ein zögernder und unsystematischer Ausbau aus Kostengründen würde in wenigen Jahren ein Vielfaches an Investitionen erzeugen. Das Ziel einer integrierten Netzinfrastruktur ist daher konsequent zu verfolgen.