

# Kommunikationstechnologie – Stand und Trends

HEINZ-GERD HEGERING, LMU/LRZ MÜNCHEN

## 1. Randbedingungen, Einflussgrößen

Der Begriff Kommunikationstechnologie soll und darf nicht eng gesehen werden, wenn man seiner Bedeutung für die Entwicklung unserer Gesellschaft gerecht werden will. Wir beschränken uns daher nicht auf den Aspekt von Transportnetzen (Übertragungstechnik, Vermittlungstechnik), sondern beziehen die Aspekte Netzdienste und Netzanwendungen mit ein. Stand und Trends einer Technologie können nicht isoliert betrachtet werden, sie sind immer in einen größeren Kontext eingebettet. Dies gilt insbesondere für die Kommunikationssysteme. Sie sollen verbinden, vernetzen, integrieren und das in heterogener Umgebung, multimedial, organisationsübergreifend, international, global. Folglich sind auch viele Einflussgrößen für den Stand und die Trends der Kommunikationstechnologie zu beachten, so z.B. (siehe auch MÜNCHNER KREIS):

- die Gesellschaft und Medien im Hinblick auf Akzeptanz und Wissensdefizit bei den Netzdiensten
- die Gesetzgebung im Hinblick auf Marktregulierung und Wettbewerb, Urheberrecht, Verschlüsselung, Signaturen, Zertifizierung, Datenschutz, Missbrauchsregelungen
- die Wirtschaft im Hinblick auf Markt- und Unternehmensstruktur sowie Arbeitskräfte
- Forschung und Lehre im Hinblick auf Entwicklung, Grund-, Berufs- und Weiterbildung
- die Anwendungsfelder Unternehmen, Haushalte, Medien, Verkehr, Öffentliche Verwaltung, Landwirtschaft, Gesundheitswesen, Finanzdienstleistungen usw.
- die Technologiefelder Basistechnologie (Verarbeiten, Speichern, Übertragen), Infrastruktur (Netze, Dienste), Gerätetechnologie
- neue Anforderungen aus den Anwendungen E-Commerce und E-Business.

Stand und Trends sind von diesen Einflussgrößen abhängig, die mal hemmend, mal fördernd für die Entwicklung und Durchsetzung von Kommunikationsnetzen und -diensten sind, und insgesamt ein komplexes Regelsystem bilden. Der Schwerpunkt der weiteren Ausführungen liegt bei den Technologiefeldern.

Die neuen Trends bei Kommunikationssystemen sind entscheidend begründet in einer Reihe von technischen Impulsen in der Rechner-technik, Speichertechnik, Übertragungs- und Vermittlungstechnik, Gerätetechnik und Softwaretechnik.

### Rechner-technik

Bei allen Expertenbefragungen (BROY/HEGERING/PICOT, MÜNCHNER KREIS) gilt es als gesichert, dass das Moore'sche Gesetz noch eine geraume Zeit gilt, wonach die Leistungsfähigkeit eines Chips sich alle 18 – 24 Monate verdoppelt. Die Verwendung von siliziumbasierten Transistoren wird auch in 10 Jahren noch Steigerungen der Integrationsdichte pro Chip zulassen. Der Intel Pentium III enthält derzeit ca. 30 Millionen Transistoren auf einem Chip. Die Verwendung anderer Halbleitertechniken (z.B. Silizium-Germanium, Gallium-Arsenid), neuer Verbindungstechniken auf dem Chip, anderer Prozessoren (z.B. optische Prozessoren) sind noch im wesentlichen Gegenstand von Forschung und Entwicklung.

Die höhere Integrationsdichte auf dem Chip bedeutet die Möglichkeit einer Steigerung von Funktionalität auf dem Chip. Bisher getrennt ausgeführte Funktionen können integriert werden, so z.B. Signalverarbeitung, Verschlüsselung, Graphik, Video, Audio. Dies liefert die Basis für weitere Miniaturisierung in der Gerätetechnik.

Auch die Taktraten steigen. 1GHz-Prozessoren sind real schon verfügbar. Die Fortschritte in der Prozessor- und Rechnerarchitektur ermöglichen bereits jetzt Systeme im Teraflops-Bereich.

### **Speichertechnik**

Die weitere Steigerung der Speicherdichte (16 Mbit, 64 Mbit, 256 Mbit, 1 Gbit, ...) pro Chip gilt als sicher. Experten schätzen die Marktreife für 16-Gbit-Chips in etwa sechs Jahren als gegeben. Dies wird sich im weiteren Ansteigen der Hauptspeichergößen bei allen Hierarchieebenen der DV-Versorgung (Desktop, Server, Mainframe, Hochleistungsrechner) niederschlagen. So werden Arbeitsplatzsysteme in einigen Jahren Hauptspeicher im GByte-Bereich besitzen, Höchstleistungssysteme verfügen derzeit bereits über Arbeitsspeicher im TByte-Bereich. Die Brücke zu den immer schnelleren Prozessoren wird durch immer größere Caches geschlagen.

Auch Hintergrundspeicher werden im Hinblick auf ausgewogene Systemkonfigurationen (schnelle Rechner, schnelle Netze, schnelle Speicher) weiter an Bedeutung gewinnen. Dies bedingt höhere Speicherdichten auf den festen und wechselbaren Speichermedien (Festplatten, CDs, DVD, Bandkassetten, Archivsysteme) und kürzere Latenzzeiten. Ein Trend zu autonomen Speichersystemen (Stichwort sind Storage Area Networks, SAN, oder Networked Attached Storage, NAS) ist deutlich erkennbar.

### **Übertragungs- und Vermittlungstechnik**

Aufgrund der technischen Entwicklungen war ein kostengünstiger Übergang von analoger zur *digitalen Übertragungstechnik* möglich, der die Speicherung, Verarbeitung, Übertragung und Wiedergabe beliebiger analoger Information (Sprache, HiFi-Audiosequenzen, Videosequenzen) und diskreter Information (Texte, Daten, Bilder, Graphiken) mit nun gleichen, digital basierten Systemen gestattet, und dies bei gegenüber früherer Technik höherer Zuverlässigkeit und Effizienz.

Die Übertragung auf Kupferleitungen hat sowohl im Access-Bereich (*xDSL-Techniken, Fernsehverteilnetz*) als auch im Bereich der Lokalnetze (Gigabit-Ethernet) einen Bedeutungszuwachs gewonnen, da hier nun auf bestehenden Kabelinfrastrukturen Übertragungsraten von Megabits bzw. Gigabits pro Sekunde (Gbit/s, Gbps) möglich sind.

Auch im Bereich der *optischen Übertragungstechnik* sind erhebliche Fortschritte erzielt worden. Dieses kommt insbesondere den Backbone- und WAN-Netzen zugute. Die Übertragungskapazitäten liegen derzeit im zweistelligen Gbit/s-Bereich, in einigen Jahren dürfte die Tbit/s-Grenze durchbrochen werden. Durch die Möglichkeit von *Wellenlängenmultiplex (WDM)*, also der Möglichkeit, auf einer Glasfaser mehrere „Farben“ gleichzeitig zu senden, ist die Einrichtung mehrerer unabhängiger Kanäle auf dem Medium Glasfaser gegeben. Damit wird die Leitungskapazität praktisch unbegrenzt, (D)WDM-Komponenten für 32 Kanäle sind erhältlich, WDM für bis zu 1.000 Kanäle erachten die Experten in einigen Jahren als technisch machbar. Auch in der optischen Komponententechnik (Verteiler, Mischer, Splitter, Switches) sind erhebliche Fortschritte zu verzeichnen, deren Ende noch nicht absehbar ist. Bis allerdings photonische Vermittlungstechnik standardmäßig und produktionsmäßig im Kernnetz eingesetzt wird oder optische Netze bis zum Endkunden im Massenmarkt flächendeckend ausgebaut sind, dürften noch viele Jahre vergehen.

*Leitungsungebundene Übertragung* wird zunehmend Bedeutung gewinnen: zur Ergänzung von Festnetzen im Access-Bereich, für die Bildung von Adhoc-Netzen und in der Mobilkommunikation. Technisch besteht hier der Zielkonflikt zwischen Reichweite (m-Bereich bis km-Bereich) und Bandbreite (wenige Kbit/s bis Mbit/s). Entsprechend viele Lösungsansätze finden in den verschiedenen Normen ihren Niederschlag und suchen in dem Zielkonflikt einen für unterschiedliche Einsatzszenarien brauchbaren Kompromiss. Zu den *Weitverkehrs-*

*funktechniken* zählen die Mobilfunksysteme GSM (Global System for Mobile Communications) samt den Erweiterungen HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service) und EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), ferner UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Die GSM-Systeme und -Erweiterungen arbeiten im Bereich 0,9 – 1,9 GHz und ermöglichen Datenraten von 9,6 kbps (GSM) bis 384 kbps (EDGE), wobei letzteres erst in ein bis zwei Jahren erwartet wird. UMTS wird im Bereich 1,9 – 2,17 GHz arbeiten, 128 kbps – 2 Mbps Datenrate ermöglichen und ca. ab 2003 verfügbar sein.

Im Nahbereich kommen *Funk-LANs* in Betracht. Beispiele hierfür sind HomeRF, ein am Markt noch nicht verfügbarer Standard zur drahtlosen Kommunikation zwischen PCs und Geräten (Datenrate 1 – 2 Mbps, Reichweite 50 m) oder WLAN (IEEE 802.11b) mit einer entfernungsabhängigen Bandbreite von 1 – 11 Mbps. Schließlich seien noch genannt Bluetooth, ein Standard zur drahtlosen Sprach- und Datenkommunikation zwischen verschiedenen Endgeräten wie Handies, Notebooks, PDAs und Peripheriegeräten von PCs (Reichweite 10–100 m, Datenrate 1 – 2 Mbps), sowie HiperLAN2 (ETSI), das derzeit für 24 Mbps definiert ist, aber wie WLAN auf 54 Mbps erweitert werden soll.

Dass der Einsatz von Satellitenfunk, Richtfunkstrecken, Laserlinks, Infrarot-Strecken schon seit einiger Zeit üblich ist, sei erwähnt. Die Datenraten reichen hier von 2 Mbps bis 34 Mbps.

### **Gerätetechnik**

Die Entwicklungen im Bereich der Rechner- und Speichertechnik schlagen auf die Entwicklungen in der Gerätetechnik durch. Die *physische Miniaturisierung* lässt eine Funktionalitätssteigerung und Leistungs Zunahme zu und unterstützt die Portabilität der Geräte (Laptops, Notebooks, PDAs) und damit das *Nomadic Computing*. Zusammen mit der drahtlosen Kommunikation wird somit neben der mobilen Telefonie auch das *Mobile Computing* immer sinnvoller einsetzbar. Bis jedoch bewegte mobile Endgeräte, die Informationen mit 10 Mbps empfangen können, Standard sind, dürften noch einige Jahre vergehen. Aber nicht nur die fehlende Bandbreite ist noch ein Hindernis, sondern auch die Bedienoberfläche. (Man denke z.B. an die jetzige WAP-Nutzung von Handies!) Zukünftig werden UMTS und GPRS zum Zusammenwachsen von Handy und PDA bzw. Handy und tragbarem Rechner führen („all-in-one-Geräte“).

Fortschritte sind im Bereich der Displaytechnik zu verzeichnen. Röhrenbasierte Bildschirme werden von hochauflösenden Farbflachbildschirmen (LCD) zunehmend verdrängt, in Diskussion sind auch Laserprojektoren (LDT) und Digital Mirror Devices (DMD) für Großbilddarstellung.

Touchscreens, stiftbasierte Eingabe, Spracheingabe gewinnen an Bedeutung als Ersatz bzw. Ergänzung einer Eingabe über Tastatur und Maus.

### **Softwaretechnik**

Nicht zu unterschätzen sind die technischen Impulse im Bereich der Algorithmenentwicklung und Softwaretechnik, die die Fortschritte bei Netzen und Diensten entscheidend beeinflussen. Hierzu zählen die Ergebnisse bei Koordinierungs-, Datenreduktions- und Komprimierungstechniken (z.B. G.72x, JPEG, MPEG), bei der Muster- und Bilderkennung, bei der Visualisierung und Informationspräsentation, bei Simulations- und Modellierungstechniken, beim Protokollentwurf, bei den Architekturen für Kommunikationssysteme und Verteilte Systeme (z.B. DCE, CORBA, ODP, TINA), und schließlich in der Softwaretechnologie (Software-Engineering, Spezifikations- und Testmethoden, Objektorientierung) und Tool-Entwicklung (Middleware, Agenten-Software, Virtuelle Maschinen).

Die genannten Technologiefelder bestimmen wesentlich die zukünftigen Entwicklungen bei Netzen und Diensten.



## 2. Stand von Netzinfrastrukturen und Netzdiensten

### Netzinfrastrukturen im Lokalbereich

Moderne Netzinfrastrukturen im Lokalbereich bauen auf einer *strukturierten Verkabelung* gemäß EN 50173 auf, die im Primär- und Sekundärbereich Lichtwellenleiter und im Tertiärbereich LWL oder STP Typ 5 bzw. 6 vorsieht. Damit ist eine weitgehende Protokollunabhängigkeit gegeben und eine Übertragungskapazität bis zum Endgerät bis 1 Gbps möglich. Beim Einsatz geeigneter Netzkomponenten ist sowohl Sprach- als auch Daten- sowie Multimedia-Kommunikation über ein und dieselbe Verkabelungsstruktur möglich. Als Netztechniken kommen die üblichen LAN-Techniken (Token Ring, dominant Ethernet) zum Einsatz. Im Campus-Backbone ist weitgehend FDDI durch etwa ATM oder Ethernet ersetzt. Übliche Geräteanschlussraten sind im Fall Ethernet 10 oder 100 Mbps, Raten im Backbone sind üblicherweise 100 Mbps, im Ausnahmefall bereits 1 Gbps. Bei der Substrukturierung von Campusnetzen sind in vielen Fällen Bridges und Hubs durch Switches und Router ersetzt worden, d.h. der Trend geht weg von der Nutzung eines Shared Medium hin zu „switched networks“. Der Einsatz von drahtloser Kommunikation beschränkt sich derzeit noch im wesentlichen auf zwei Bereiche: Anschluss von Peripheriegeräten (Infrarot) oder Verbindungen zwischen Standorten mittels Richtfunk (bis 34 Mbps, einige 10 km) oder Laser-Link (10 Mbps, bis ca. 2 km). In letzter Zeit sind jedoch auch erste erschwingliche Produkte im SOHO-Bereich auf den Markt gekommen (s.o.).

Oberhalb der LAN-Ebene werden *üblicherweise IP-basierte Protokolle*, auch IPX im Fall von Novell-Netzen, eingesetzt. Der Einsatz proprietärer Protokolle ist stark rückläufig, ansonsten werden sie auch häufig über IP-Tunnel übertragen. IPX wird deutlich an Einfluss verlieren und den Weg zu einer „homogenen“ IP-basierten Protokollwelt öffnen.

Die Sprachübertragung (Telefonie) geschieht häufig noch über eine getrennte Infrastruktur (separates Leitungsnetz, Nebenstellenanlagen PBX) (Bei strukturierter Verkabelung könnte immerhin der gleiche Kabeltyp wie für die Datenkommunikation genutzt werden.) Allenfalls im Campus-Backbone werden Sprache (Kopplung von PBXs) und Daten mittels Multiplexstrecken über gemeinsam benutzte Leitungen übertragen. Die Kopplung von Telefonie und Datenverarbeitung geschieht mittels CTI-(Computer Telephony Integration)Komponenten. Paketvermittelte Sprachübertragung (Voive-over-IP, G.764, H 323) ist zwar möglich, wird aber für eine Standardversorgung noch selten eingesetzt.

### Netzinfrastrukturen im Weitverkehrsbereich

Weitverkehrsnetze sind erforderlich zur campus- bzw. standortübergreifenden Kommunikation zwischen Organisationen oder innerhalb einer verteilten Organisation (*Corporate Network*). Üblich als *Konvergenzprotokoll* ist inzwischen das IP-Protokoll, weswegen sich der Begriff Intranet für ein auf IP-Basis betriebenes Corporate Network eingebürgert hat. Letzterer Begriff umfasst manchmal neben der Datenkommunikation die Telefonie.

Sofern man nicht auf überlassene Leitungen (Leased Lines) zur Bildung eines Corporate Network zurückgreift, stehen die *öffentlichen Dienstnetze* zur Verfügung (ISDN-Netz, Frame-Relay-Netz, IP-Netz, ATM-Netz, SDH-Netz, ausklingend X.25-Netz). Bei allen Netzen stehen Wählnetz, permanent geschaltete Verbindungen und virtuelle Kundennetze (VPN) zur Auswahl. Die Dienstnetze unterscheiden sich in Bezug auf mögliche Anschlussraten, Dienstyp, Dienstgüteeigenschaften (Durchsatzraten, Verzögerungswerte, Verfügbarkeitsgarantien) und Tarifsysteme. Deswegen sind die Dienstnetze auch unterschiedlich geeignet für die Übertragung von Daten, Sprache und Multimedia. Dienstgütegarantien gibt es bei ISDN, ATM und SDH; Dienstgüteunterstützung im Hinblick auf Durchsatz gibt es bei Frame Relay (FR), IP-Netze sind sog. Best-Effort-Netze.

Viele Corporate Networks sind FR-basiert; Telefonie und Daten werden mittels Multiplex-techniken auf dem gemeinsamen FR-Backbone übertragen. Das deutsche nationale Wissen-

schaftsnetz B-WiN des DFN-Vereins, das derzeit ausläuft, bildet den IP-Dienst auf ein ATM-VPN (Virtual Private Network) ab, das von der Telekom betrieben wird. Das neue Wissenschaftsnetz G-WiN, das neben dem IP-Dienst auch ATM-Dienste und einen SDH-Punkt-zu-Punkt-Dienst anbietet, hat als WAN-Infrastruktur ein redundantes verschaltetes SDH-VPN, das ebenfalls von der Telekom unter Zuhilfenahme von Zuleitungen anderer Anbieter betrieben wird.

Als Sprachnetz-Infrastruktur steht neben dem auslaufenden analogen Telefonnetz das digitale *ISDN-Netz* zur Verfügung. Ein ISDN-Basisanschluss besteht aus zwei B-Kanälen und einem D-Kanal. B-Kanäle sind leitungsvermittelte transparente 64-kbps-Kanäle, über die wahlweise Sprache (PCM-kodiert gemäß G.711) oder Daten übertragen werden können. Der D-Kanal ist ein Signalisierungskanal für die Verwaltung der B-Kanäle und die Bereitstellung von zusätzlichen ISDN-Dienstmerkmalen. Im Zusammenhang mit ISDN muss auch der Begriff *Intelligente Netze (IN)* erwähnt werden. Der Grundgedanke ist eine Trennung von Vermittlungsfunktionen und Dienstfunktionen, was eine verteilte Dienstmerkmalsteuerung ermöglicht. Dies gestattet, auf der Basis von vordefinierten, wiederverwendbaren, dienstunabhängigen Softwaremodulen (sog. Service Independent Blocks, SIBs) flexibel und kundenorientiert neue (Sprach-) Dienste zu spezifizieren und zu betreiben. (Die 0180er und 0190er Dienste der Telekom sind Beispiele von IN-Diensten).

Im Rahmen der WAN-Infrastrukturen muss auch noch die *GSM-Mobilkommunikation* erwähnt werden. Neben der Telefonie ist mittels GSM-Modem auch eine Datenkommunikation mit der bescheidenen Übertragungsrate von 9,6 kbps möglich.

Im Netzzugangsbereich ist noch *ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)* zu beachten, eine Technik, die es gestattet, unter Ausnutzung der bestehenden Telefonverkabelung neben Sprache auch Daten unsymmetrisch und entfernungsabhängig (bis 7 km) mit den Raten 1,5 – 8 Mbps (downstream) und 1 Mbps (upstream). Dies ist interessant für den Datenanschluss im SOHO-(Small Office, Home Office) Bereich.

### **Stand der Netzdienste**

Durch die weltweite Konnektivität der Netze haben sich bereits zukunftsweisende Netzdienste und neue Nutzungsformen entwickelt. Zu nennen sind insbesondere:

*Multimediale elektronische Post* zur asynchronen, schnellen und weltweiten Kommunikation zwischen Personen, wobei die ausgetauschten Dokumente ein Mixtum aus Texten, Daten, Sprachmitteilungen und Bildern sein können. Durch den Einsatz von Verteilerlisten auf der Sende- und Empfangsseite können einfach und gezielt Gruppen von Personen informiert werden. Ankommende elektronische Post kann auch durch Programme (vor-)verarbeitet werden. Dies wird heute zur Informationsfilterung (in Zukunft sehr wichtig), zum Abruf von druckfertigen Dokumenten oder anderen Daten mit sofortigem, automatischen Versand (wieder über elektronische Post) oder zum Stellen von Suchanfragen in Informationsbeständen des Empfängers verwendet.

*Datei-Server (FTP-Server) für den weltweiten Zugang zu lokal gehaltener Information* wie druckfertige Dokumente (Preprints, Manuale, Aufsätze), Bilder, Software, Sprach- und Tondokumente, Bibliographien oder Literaturverzeichnisse. Der Fortschritt hierbei ist, dass die Information lokal gehalten und aktualisiert wird, aber weltweit nachgewiesen und verfügbar ist. Damit verlieren vermutlich heutige Formen der zentralen Informationsbereitstellung an Bedeutung, da bei der bisherigen Arbeitsweise das Massenproblem und das Aktualisierungsproblem häufig zu vernünftigen Kosten nicht mehr gelöst werden können. Zudem ist der Zeitverzug bis zur Informationsbereitstellung durch zentrale Institutionen bei den heutigen schnellen Entwicklungszyklen nicht mehr akzeptabel.

*World Wide Web (WWW) zur weltweiten Informationsbereitstellung.* Auch hier ist das Prinzip „lokale Bereitstellung, aber weltweiter Zugang über Verweisketten“ äußerst erfolgreich an-

gewendet worden. Die relativ einfache, grafisch interaktive Oberfläche für den Benutzer hat zu dem rasanten Aufschwung der Nutzung beigetragen. Weltweit sind die vielfältigsten Informationen zugänglich. Mit einem Mausklick navigiert man durch die weltweite Information oder holt sich Dokumente in den eigenen Rechner.

Es können aber mittels geeigneter WWW-Browser nicht nur (passive) Dokumente geladen werden, sondern auch ausführbare Programme (z.B. JAVA-Applets) oder (aktive) WWW-Formulare, die an Email-Systeme, DB-Systeme oder direkt an Workflow-, Beschaffungs- oder Bestellsysteme gekoppelt sind. Die letztgenannten Eigenschaften sind eine Basis für den Internet-basierten E-Commerce. Web-Portale sind dabei marktsegment-orientierte WWW-Einstiegsseiten, URLs (Universal Resource Locator) sind die global eindeutigen „Adressen“ der Web-Seiten. WWW findet auch bereits im „Consumer Market“ verbreitet Anwendung (Medienmarkt, Reiseveranstalter, Versandhandel, Bürgerinformationen usw.). Es gibt viele Suchmaschinen unterschiedlicher Qualität; die Unterstützung einer systematischen zielorientierten Suche ist noch nicht befriedigend gegeben.

*News-Dienste (NNTP) und Chat-Dienste (IRC) als weltweite Informations- und Diskussionsforen.* Die Informationen sind inhaltlich in Gruppen zu speziellen Themen gegliedert. Gruppen können lokal oder weltweit verteilt werden. Beiträge können von jedem Rechner aus abgeschickt werden. Manche Gruppen haben einen Moderator, der entscheidet, welche der eingehenden Beiträge angenommen und verteilt werden. Jeder Benutzer kann vor Ort individuell festlegen, an welchen Gruppen er interessiert ist. Die Themen umfassen neben den wissenschaftlichen und technischen Gruppen auch Interessenbereiche aus dem täglichen Leben. Typische Anfragen an Gruppen sind z.B. „ich habe das Problem xyz, wer weiß Rat?“. Durch die weltweite Verteilung dieser Anfrage bei Experten des entsprechenden Bereichs kommen oft kurzfristig qualitativ hochwertige Lösungsvorschläge. Dadurch kommt es z.B. zu frühzeitigen Wechselwirkungen zwischen Forschern, die auf demselben Gebiet arbeiten, aber bisher nicht voneinander wussten.

*Broadcast-Dienste zur weltweiten online Übertragung von multimedialer Information.* Dieser Dienst steht im Internet z.B. durch das sogenannte Mbone ansatzweise zur Verfügung. Er kann beispielsweise für Konferenzen oder Teleteaching verwendet werden. Die Informatik-Kolloquien in München und Erlangen werden z.B. in einer interaktiven Multimedia-Konferenzschaltung an den jeweils anderen Ort übertragen; dies wird auf Ringvorlesungen, Dienstbesprechungen u.ä., z.B. für die Virtuelle Hochschule Bayern (vhb), erweitert werden. Die Nutzungszunahme der genannten Dienste ist unübersehbar. Genaue Prognosen über die Wahrnehmung der damit gebotenen Chancen in den verschiedenen Anwendungsfeldern sind nicht bekannt, obwohl vernetzte Systeme mit oben genannten Diensten *verteilte kooperative Arbeitsweisen* unterstützen. Einschlägige Schlagworte sind hier Computer Supported Cooperative Work (CSCW), Telekooperation, Teletworking, Teleteaching, Telepublishing, Teleengineering, Teleconsulting, Teleconferencing, Application Sharing.

### 3. Trends bei Netzen und Netzdiensten

#### Zunahme an Kapazitätsbedarf

Im Wissenschaftsnetz wird seit Jahren ein jährliches Volumenwachstum um den Faktor 2,3 beobachtet, was bedeutet, dass die aktiven Netzkomponenten während ihrer üblichen Lebenszeit (etwa 4 – 5 Jahre) eine Dynamik um den Faktor 64 verkraften müssen. Das in diesen Wochen (Mitte 2000) in Betrieb gehende Wissenschaftsnetz G-WiN ist dementsprechend ausgelegt; einzelne Wissenschaftseinrichtungen werden bereits in einem Jahr Anschlussraten von 2,4 Gbps benötigen! Dabei ist eine Sättigung nicht abzusehen, da viele innovative Multimedia-Dienste noch gar nicht eingeführt sind.

Als Trend ist festzuhalten, dass man insgesamt von einer erheblichen *Zunahme im Leitungs-kapazitätsbedarf* ausgehen kann. Seitens der Anbieter ist Kapazität vorhanden, ein Preisver-



fall bei Leitungskapazität gilt als gesichert, wengleich er sich in den einzelnen Segmenten (Kernnetz, Zuleitungsnetz, Transatlantikerverbindungen, Verteilnetz) unterschiedlich auswirkt

### **Trends bei Infrastrukturen im Lokalbereich**

Bei den Verkabelungsstrukturen gib es einen Trend zu beobachten, auch im Tertiärbereich Glasfaser einzusetzen bzw. den Sekundär- und Tertiärbereich zusammenzufassen. Campus-Backbones werden zunehmend mit Gigabit-Ethernet versorgt und Endgeräte mit mindestens 100 Mbit/s angeschlossen. Um den vielen Anforderungen nach flexiblen Managementvorgaben in den Bereichen Domänenbildung, Routing, Firewall und Accounting nachkommen zu können, werden Netzkomponenten bevorzugt, die ein *Policy-based Management* gestatten.

Bei größeren Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen wächst der Bedarf, *adhoc-Netze* zu unterstützen, also temporär geltende Netzstrukturen. Dies ist interessant für Meetings, Konferenzen, Vorlesungen und Seminare oder als Anschlussvariante für Laptops, Notebooks, PDAs. Die Technik ist, wie in Kapitel 1 dargelegt, inzwischen dafür vorbereitet.

Im Netzzugangsbereich werden die xDSL-Techniken zunehmend an Bedeutung gewinnen. Für Verteilnetze im heimischen Bereich stehen grundsätzlich auch die Fernsehverteilstetze auf Koaxialkabelbasis zur Verfügung. Zugangssysteme wie Breitband-Mobilkommunikation und „power line“ sind sowohl technisch als auch wirtschaftlich noch nicht lohnend. Auch ist mit einer kurzfristigen Verbreitung eines „intelligent home bus“, also einer flächendeckenden Vernetzung von Hausgeräten und anderen Elektrogeräten, kaum zu rechnen. Geräte des „Facility Management“ (Heizung, Klimaanlage, Überwachungsgeräte usw.) werden jedoch heute schon mittels des Internet-Managementprotokolls SNMP überwacht

### **Trends bei Infrastrukturen im Weitverkehrsbereich**

Als allgemeinen Trend kann man sicherlich das Bestreben erkennen, Echtzeitdienste über paketvermittelnde statt über leitungsvermittelnde Netze zu erbringen. Dabei setzt sich zunehmend *IP als Konvergenzschicht* durch. Einer der Gründe ist die Tatsache, dass die IP-Schnittstelle überall vorhanden und leichter beherrschbar ist als viele ITU-Protokolle. Hybridlösungen, wie sie letztlich auch durch ATM gegeben sind, welche eine Mischung von Leitungs- und Paketvermittlung versuchen, sind zu komplex. Natürlich gibt es noch das Problem zu lösen, mittels Internet Dienstgütegarantien (Quality of Service, QoS) für Multimediaströme mit Echtzeitanforderungen bereitzustellen. Lösungsansätze sind hier bereits vorhanden: Ressourcenreservierung (RSVP, IntServ) oder Vorhaltung von Bandbreitenüberkapazitäten (Overprovisioning), klassen- bzw. prioritätsbasiertes Switching (DiffServ) sowie Protokollerweiterungen.

Wenn diese Lösungen realisiert sind, ist auch ATM nicht mehr erforderlich. IP kann direkt auf SDH oder später gar auf WDM abgebildet werden. Das neue Wissenschaftsnetz G-WiN verfolgt diesen Ansatz.

### **Konvergenz der Netze**

Ein *Zusammenwachsen von Fest- und Mobilfunknetzen* geschieht zunächst auf technischer Basis dadurch, dass die Feststationen der Funknetze zugleich als Netzkomponenten der leitungsgebundenen Netze ausgelegt sind, z.B. wirkt der Access Point des Funk-LANs WLAN als Bridge bzw. Switch im Ethernet. Der nächste Schritt ist eine Vereinheitlichung der Rufnummern für Funk- und Festnetze; dies gestattet dann Dienste unabhängig von der Art der Netzinfrastruktur. Wird demnächst ein Universal Personal Numbering eingeführt, sind lokations- und netzunabhängige personenbezogene Dienste möglich. Das Zusammenwachsen ermöglicht auch netzübergreifende Dienste (z.B. eine Sprachbox per Teilnehmer)

Sicher abzusehen ist auch ein *weiteres Zusammenwachsen von Datenkommunikation (Rechnernetze) und Telekommunikation*, nicht nur in Bezug auf eine einheitliche Übertragungs- und

Vermittlungstechnik, sondern auch bei den Endsystemen und bei der Integration von Diensten. Man denke etwa an die zunehmende Einbindung von Nebenstellenanlagen für Datenkommunikationsbelange (CTI, PBX als Terminalserver), Unified Messaging (automatische Konvertierungen zwischen Voicemail, Email, Fax), Voice over IP. Dieses Zusammenwachsen beeinflusst die Signalisierung, aber auch die Funktionsverteilung in zukünftigen Netzen. Letzteres betrifft die Frage, wo Funktionalität erbracht wird, ob im Netz oder im Endgerät. Stichwörter, die die mögliche zukünftige Gestaltungsflexibilität andeuten, sind: Mobile Agenten, Intelligente Netze, Aktive Netze, Programmierbare Netze, Netzwerk-Prozessoren, Ubiquitous Computing

Als drittes Konvergenzfeld ist das *Zusammenwachsen von Medien (Radio TV) und Internet* zu nennen. TV/Radio via PC/Internet ist derzeit bereits möglich, Internet via TV (Web-TV, Selektiver Web-Zugriff mit Rückkanal über ISDN oder GSM) ist ebenso machbar. Dies ermöglicht dann neue integrierte Anwendungen („Schauen und Klicken“ auf Web-Zusatzinformation zum TV-Programm, Elektronische Programmführer, usw.). Natürlich müssen für dieses Konvergenzfeld noch Skalierungs- und Qualitätsprobleme (große Teilnehmerzahlen, Multicast, QoS-Garantie, Abrechnung) gelöst werden. Erste Ansätze sind mit der Entwicklung von Streaming Protokollen (z.B. RTSP) und geeigneten Ressourcenallokationsverfahren gegeben.

Die Konvergenzfolgen insgesamt bedingen Ersetzungen im Geräte- und Dienstbereich, aber auch funktionale Erweiterungen.

#### **Entwicklung neuer Dienstplattformen**

Die neuen Technologien fördern und ermöglichen den Weg zu frei konfigurierbaren Kommunikations- und Dienststrukturen. Das Netz ist dann mehr als bloße Verbindungsstruktur bisheriger Ausprägung; es ist wie ein Markt, ein eigenständiges System, das flexibel gestaltbare und vermittelte bzw. gemakelte Dienste (Service Market, Trader Systems) in dynamischen Kommunikationsbeziehungen anbietet. Es geschieht ein Zusammenwachsen von Individual- und Massenkommunikation. Die klassische Punkt-zu-Punkt-Kommunikation wird ergänzt durch individuell steuerbare Verteil- und Gruppenbeziehungen, die Basis sind für Informations- und Abrufdienste, Verteildienste, Konferenzen, Virtual Workgroups, Virtual Private Networks.

Auf diesen flexiblen Kommunikationsstrukturen werden sich Dienstplattformen entwickeln, die es gestatten, aus Dienstbausteinen Dienste kundenorientiert zu gestalten. Die Intelligenzen Netze (IN) dienen als Vorbild. Aber auch die automatisch ablaufende Integration von Endgeräten bzw. Servern in eine Dienstföderation steht bevor. Beispiele solcher Lösungsansätze [6] sind JINI von Sun, Service Location Protocol von IETF, Bluetooth/SDP sowie Universal Plug and Play (UPnP) von HP und Microsoft. Alle diese Architekturen sehen Module vor für Dienstbeschreibung, Dienstregulierung, Dienstsuche und Dienstvermittlung.

Auf der Basis solcher Dienstplattformen und konvergenten Netze lassen sich auch persönliche Dienste (service profiling) oder ein Context-aware Computing entwickeln.

#### **4. Schlussbemerkungen**

Die zuvor aufgezeigten Entwicklungen und Trends zeigen, dass zunehmend das Verarbeiten, Speichern und Übertragen von Information durchgängig über verschiedenste Geräte- und Systemtechnologien hinweg möglich ist und dass die genannten Netzkonvergenzen nicht nur eine Dienstintegration gestatten, sondern auch eine flexible Dienstkonfiguration und Dienstvermittlung. Dies wird die Entwicklung von E-Commerce und E-Business beschleunigen, die technischen Voraussetzungen wirken hier als Katalysator.



Die Technik ermöglicht den Einsatz von Internet als Vertriebsplattform und elektronische Kooperationsbörse, neue Gestaltungsformen für den Business-to-Business (B2B)-, Business-to-Customer (B2C)- und Business-to-Government (B2G)-Bereich werden grundsätzlich möglich. Stichworte sind hier Application Service Provider (ASP), Business-Process-Outsourcer (BPO), Virtuelle Unternehmen.

Wie schnell sich solche Möglichkeiten durchsetzen, hängt u.a. von deren Akzeptanz ab. Diese wiederum wird beeinflusst von der Lösung von juristischen Problemen, Sicherheitsfragen (Verschlüsselung, Signaturen, Zertifizierung), Gestaltungsfragen der Bedienoberflächen, Geschäftsprozess-Engineering, Kosten. Natürlich ist als Grundvoraussetzung auch das rasche Eintreten der Netzkonvergenz erforderlich.

Treibende Kräfte für eine Netzkonvergenz sind neben den weiter oben genannten technischen Fortschritten die Vereinfachung der Netzinfrastrukturen, der Zusammenschluss von Telekommunikationsfirmen, Internet Service Provider (ISPs) und Diensteanbietern, sowie die weltweite Investition in die Weiterentwicklung der Internet-Technologie, und letztlich die nachweislich steigenden Nutzerzahlen.

## 5 Literatur:

- BAACK/EBERSPÄCHER (1999): Das Internet von Morgen – Neue Technologien für neue Anwendungen. Hüthig-Verlag, Heidelberg. ISBN 3-7785-3925-6
- BROY/HEGERING/PICOT (2000): Strategiestudie zur Einschätzung von Trends und Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik. SETIK. LMU/TUM.
- MÜNCHNER KREIS (1999): 2014 – Die Zukunft von Information, Kommunikation und Medien. Marketing und Wirtschaftsverlagsgesellschaft München ISBN 3-922804-41-4
- MÜNCHNER KREIS (2000): Vision 21 – Perspektiven für die Informations- und Kommunikationstechnik im 21. Jahrhundert. Marketing und Wirtschaftsverlagsgesellschaft München. ISBN 3-922804-34-7
- OSSO/ZAMIR (2000): Emerging Communications Technologies – The Next Decade. CRC Press / Springer, Boca Raton. ISBN 3-540-66350-9
- KEHR (Juni 2000): Spontane Vernetzung – Infrastrukturkonzepte für die Post-PC-Ära. Informatik-Spektrum 23 (3).