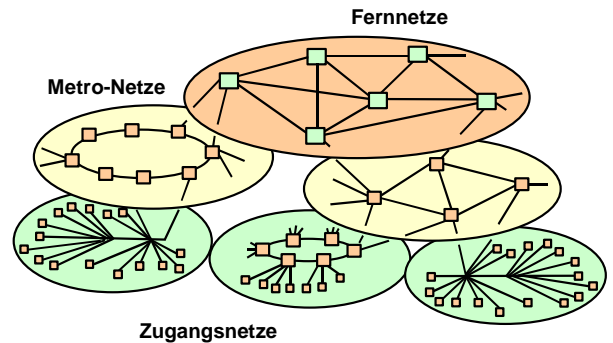


## 1.1 Grundlagen: Überblick

- Weltvernetzung  
(Kupfer-, Glasfaser-, Funk-, und Satellitenverbindungen)
- Struktur des Internet als Netz der Netze
- Zugangstechnologien
- Heutiger Stand und Trends



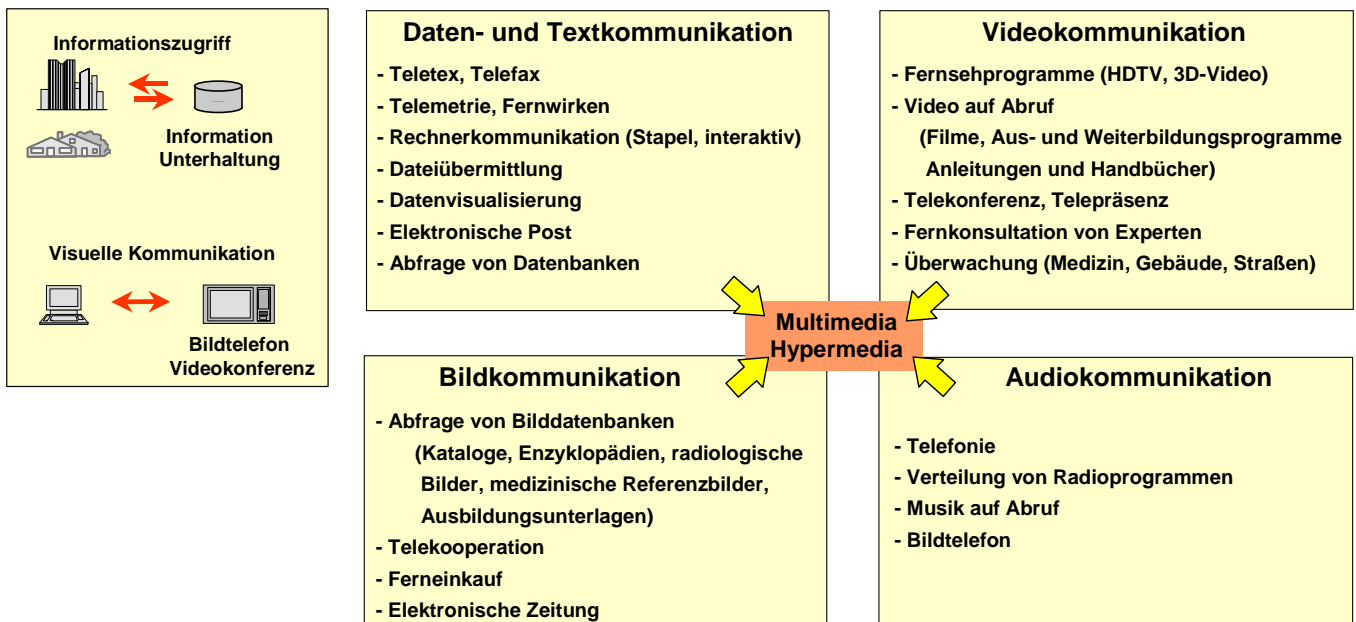
### Schlüsseltechnologien künftiger Kommunikationsnetze

Die Telekommunikation ändert sich wahrscheinlich schneller als alle anderen Infrastrukturen oder Geschäftsbereiche. Der Markt rund um die Kommunikationsnetze ist stark im Wandel. Ausgelöst durch rasante technologische Entwicklungen einerseits sowie die Privatisierung und die Liberalisierung des Telekommunikationssektors andererseits, entsteht eine beträchtliche Vielfalt von Netztechnologien und Netzen, welche zu einer globalen Vernetzung zusammenwachsen müssen.

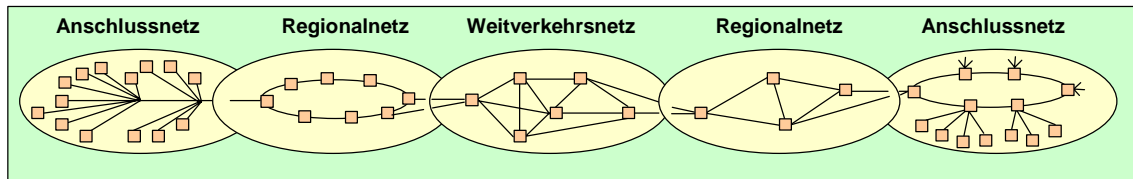
Technologischer Fortschritt im Telekommunikationssektor im wesentlichen durch drei Basistechnologien:

- **Halbleitertechnologie:** Die Verarbeitungsleistung pro Siliziumfläche erhöht sich alle 3-4 Jahre um den Faktor 10.
- **Glasfasertechnik und Photonik:** Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit einer Glasfaser nimmt alle 4-5 Jahre ebenfalls um den Faktor 10 zu. Dies eröffnet völlig neue Perspektiven bei der Architektur von Telekommunikationsnetzen. Die verfügbare steigende Rechenleistung führt dazu, dass die verschiedenen Formen von Intelligenz über das Netz verteilt und sogar in die Endgeräte der Teilnehmer verlagert werden. Zur Weiterentwicklung der verteilten Intelligenz tragen die sinkenden Übertragungskosten im Netz wesentlich bei.
- **Softwaretechnologie:** In verteilten Umgebungen sind objektorientierte Softwaremethoden unumgänglich. Netzmanagement heterogener Netze und verteilte Netzintelligenz basierend auf objektorientierten Methoden sind somit Hauptthemen der Zukunft.

Im nationalen Bereich ist die Telekommunikation der Schlüssel zur Steigerung wirtschaftlicher Effektivität und Effizienz. Als weltumspannende Infrastruktur wird sie zum zentralen Nervensystem einer globalisierten Wirtschaft. Somit sind höchste Maßstäbe für die Ausfallsicherheit der Netze und die Sicherheit der Informationsbehandlung gesetzt.



Mit der Verschmelzung der Telekommunikation, der Unterhaltung und der Informationstechnik hat die Multimedia-Zukunft begonnen. Die Multimedia-Kommunikation bringt eine Fülle von Möglichkeiten, um Arbeitsabläufe in allen Branchen der Wirtschaft effektiver zu gestalten und um den Informationsaustausch im gesellschaftlichen Bereich zu neuen Dimensionen zu verhelfen. Der weitverbreitete Einsatz des Personal-Computers als Telekommunikations-Endgerät ist vermutlich der bedeutendste Faktor für die Entwicklung von Multimedia-Diensten. Dabei spielen heute die On-Line Dienste und Informations-Surfen im Internet eine Vorreiterrolle.



Die Information-Highways werden auch eine Liberalisierung der Informationsmärkte mit sich bringen, indem man entscheiden kann, wie man sich die Information wünscht. Man ist dann nicht mehr auf die herkömmlichen Informationsquellen, wie zum Beispiel die örtliche Bibliothek oder Tageszeitung, beschränkt. Die Errichtung von elektronischen Märkten unter Berücksichtigung höchster Sicherheitsvorkehrungen ist ein nächster Schritt. Die Integration von Sprach-, Daten- und Videoanwendungen erfordert hohe Übertragungsraten, eine flexible Zuteilung der Übertragungskapazitäten sowie Mechanismen zur Einhaltung einer gewünschten Kommunikationsqualität.

Die rasante Weiterentwicklung der Mobil- und Satellitenkommunikation erweitert den Anschlussbereich der Festnetze hin zu kompletter Flächendeckung. Somit wird eine globale, universelle und persönliche Mobilität ermöglicht: jeder persönlich zugeschnittene Dienst kann orts- und geräteunabhängig in Anspruch genommen werden. Qualität und Darstellung des gewählten Dienstes werden dabei automatisch an die Eigenschaften des benutzten Endgerätes angepasst. Jeder Teilnehmer hat damit einen universellen Kommunikationsdienst, der gleichermaßen zu Hause, im Büro, auf der Straße und in den Ferien benutzt werden kann.

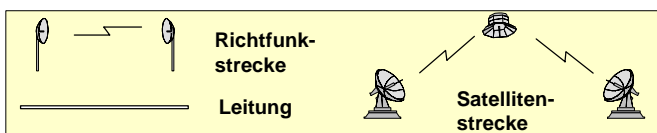
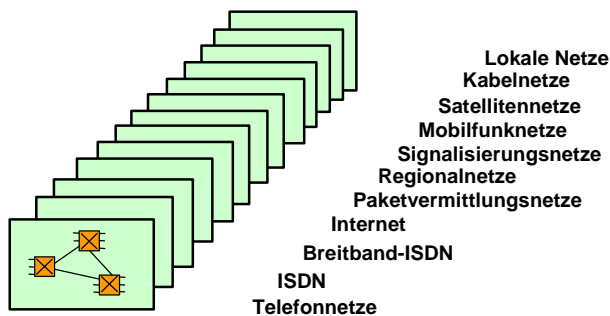


Bild: Eine Vielfalt von Netzen

### Transportnetze

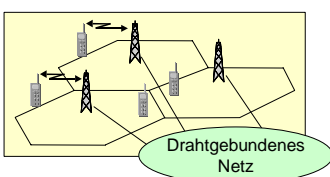
Die Vernetzung zwischen den Anschlussregionen wird von Transportnetzen bewerkstelligt. Sie ermöglichen eine weltumspannende Kommunikation mit höchster Verfügbarkeit der Übertragungswege. Die in mehreren Ebenen strukturierten Netze bestehen aus dem

- Vermittlungsteil (Durchschalte- oder Paketvermittlung),
- Übertragungsteil (elektronische, photonische Ebene),
- Signalisierungsteil (Paketvermittlung).

Alle Netzknoten der Transportnetze sind durch Glasfaser, Richtfunk-, oder Satellitenstrecken mit deren Endsystemen in der elektronischen Übertragungsebene verbunden. Die optischen Systemteile mit deren elektronischer Steuerung befinden sich in der photonischen Ebene.

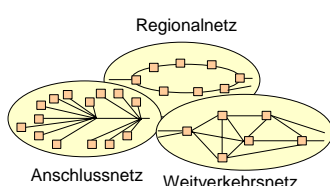
Die Vielfalt der diversen Netztypen ist im Bild aufgelistet, wobei wiederum eine Reihe von Netztechnologien pro Netztyp existiert.

### Funknetze



Durchschaltevermittlung	
GSM	Global System for Mobile Communication
Paketvermittlung	
GPRS	General Packet Radio Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
WLAN	Wireless Local Area Network
VSAT	Very Small Aperature Terminal Network

### Festnetze



Durchschaltevermittlung	
POTS	Plain Old Telephone System
ISDN	Integrated Services Digital Network
Paketvermittlung	
X.25	X.25 Packet Switching
FR	Frame Relay
ATM	Asynchronous Transfer Mode
IP	Internet Protocol
SS7	Signalling System Number 7
LAN	Local Area Network
CATV	Cable TV Network

Bild: Durchschalte- und Paketvermittlung

Netze können allgemein in Funk- und Festnetze eingeteilt werden. In beiden Netztypen findet man Netztechnologien, die entweder auf Durchschaltevermittlung oder Paketvermittlung basieren.

Die Vermittlungseinteilung ist im Bild zu sehen. Nur drei Netztechnologien, verwenden Durchschaltevermittlung. Nach allgemeiner Trend werden alle Dienste (Daten, Text, Sprache, Audio und Video) vermehrt mit Paketvermittlungsnetzen übermittelt.

Zu beachten ist auch, dass Funknetze aus einem Funknetzteil und einen Festnetzteil bestehen. GSM verwendet zum Beispiel ISDN im Festnetzteil. Bei UMTS wird die Internet-Technologie (IP-Netze) eingesetzt.

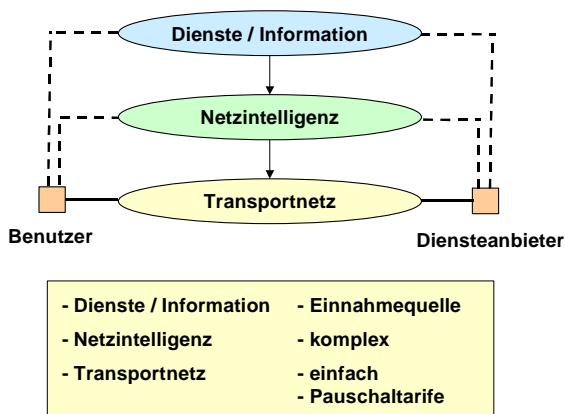


Bild: Allgemeiner Trend in Kommunikationsnetzen

Moderne Kommunikationsinfrastrukturen sind nicht mehr in erster Linie Einkommensquellen der Netzbetreiber, sondern vor allem als Schlüssel zur Erhaltung oder Steigerung des nationalen Wohlstandes zu betrachten. Es sind gleichzeitig viele Schlüsseltechnologien verschiedenster Netze zu betrachten. Sie alle erfüllen ihren eigenen Zweck, erfordern jedoch ein homogenes Zusammenspiel von vielen heterogenen Welten. Die damit verbundene Komplexität spiegelt sich vor allem im Bereich Netzsteuerung und Netzmanagement wider. Hier sind die höchsten Herausforderungen in der Realisierung künftiger Netze zu erwarten.

Als ein allgemeiner Trend können Kommunikationsnetze in drei Dienstebenen eingeteilt werden: Transport, Netzintelligenz und Telekommunikation- und Informationsdienste. Das Transportnetz macht die reine Übermittlung und Bittransport. Die Ebene ist deshalb möglichst einfach zu halten. Die ganze Kontrolle des Netzes ist getrennt und komplex. Bezüglich Einnahmenquellen gibt es eine deutliche Verschiebung vom Informationstransport zu Telekommunikation- und Informationsdienste.

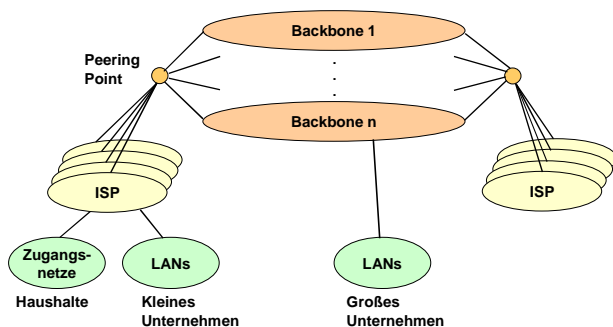


Bild: Allgemeiner Aufbau des Internet

Das Internet besteht aus einer Vielzahl von Netzen, die über Übergabeknoten mit einander verbunden sind. Haushalte und ein kleine Unternehmen sind über ISPs (Internet Service Providers) angeschlossen. Die Haushalte erreichen die ISPs über Zugangstechnologie, Unternehmen haben ihre LANs und sind entweder über einen oder mehrere ISPs angeschlossen oder haben einen direkten Anschluss an einem der Internet Backbones, die schlussendlich alle Netze miteinander verbinden.

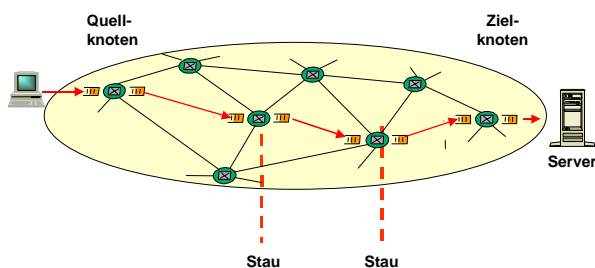


Bild: Internet-Kommunikation

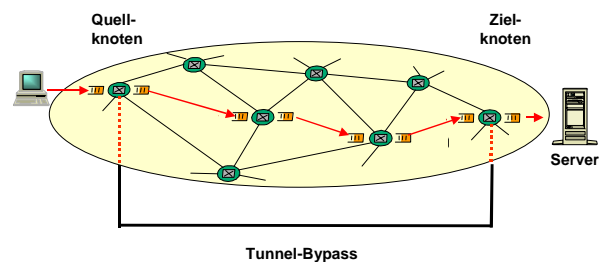


Bild: Bypass-Tunnel

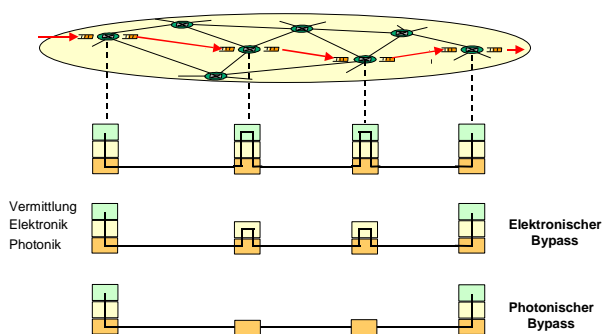
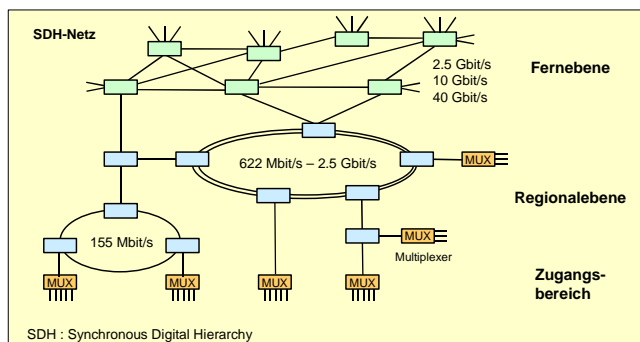


Bild: Bypass-Tunnel

Um in einem Internet-Netz Staus in Zwischenknoten umgehen zu können, werden sogenannte Bypass-Tunnels benutzt. Sie ermöglichen hochbitratige Punkt-zu-Punkt Verbindungen zwischen Router, sodass Endziele über möglichst wenige Router erreichbar sind. Mit der SDH-Übertragungstechnologie erhält man einen elektronischen Bypass. Hier wird die Vermittlungsschicht in den Zwischenknoten umfahren, aber in jedem Zwischenknoten finden optisch-elektronischen Umwandlungen statt. Somit wird in der elektronischen Ebene vermittelt. Bei einem optischen Bypass, bleibt die Dateninformation optisch bis zum Zielknoten. Die Vermittlung der Punkt-zu-Punkt Verbindungen in den Zwischenknoten geschieht in diesem Fall in der optischen Übertragungsebene.



**SDH-Netz:**  
Autonomes Übertragungsnetz mit schneller Rekonfigurierung bei Knoten- und Leitungsausfällen  
**Übertragungsbitraten:** 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 2.5 Gbit/s, 10 Gbit/s, 40 Gbit/s

Bild: Tunnel-Bypass durch Übertragungsnetze

**Ausfallsicherheit in SDH-Übertragungsnetze:** Die modernen, hochausgelasteten Digitalnetze erfordern aufgrund von möglichen Leitungsunterbrechungen sowie Knotenausfällen und Funktionsstörungen durch defekte Hardware- oder Software-Systemkomponenten sowohl vorsorgende Maßnahmen in deren Planung als auch Steuerungsverfahren im Betrieb. Die Netzausfallsicherheit ist die Fähigkeit des Netzes, beim Ausfall einer Netzkomponente den Verkehr wiederherzustellen, wenn beispielsweise eine komplette Übertragungsleitung oder ein Vermittlungsknoten ausfällt. Zur Gewährleistung einer hohen Dienstqualität müssen in diesen Netzen für die betrachteten Fehlerfälle redundante Übertragungskapazitäten bereitgestellt werden, um betroffene Kommunikationsverbindungen über alternative Wege führen zu können. Diese sogenannten Ersatzkapazitäten werden bereits in der Dimensionierungsphase vorgesehen. Das Umlenken der betroffenen Kommunikationsverbindungen auf Ersatzwege erfolgt mittels Ersatzschaltverfahren, die sowohl die Auswahl des alternativen Weges als auch die Steuerung des Ersatzschaltvorganges beinhalten.

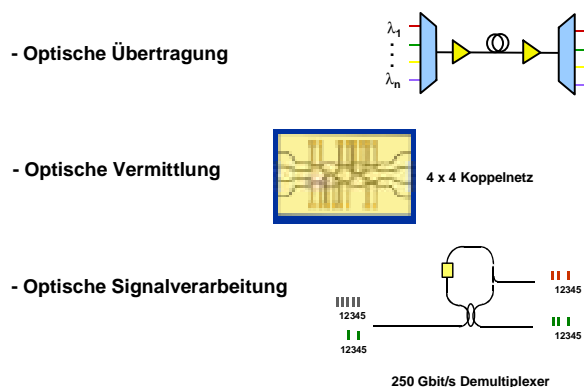


Bild: Photonische Netze

Das Übertragungspotential einer einzigen, haardünnen Glasfaser liegt bei 30 Terahertz, tausend mal größer als die nutzbare Kapazität des Luftraumes. Die enorme Übertragungskapazität der Glasfaser kann nur mit Hilfe optischer Frequenz- oder Zeit-Multiplextechniken genutzt werden. Beim optischen Frequenzmultiplexen überträgt man, ähnlich wie bei Radio- und Fernsehkanälen im Luftraum, viele Lichtsignale mit unterschiedlichen Frequenzen über eine Glasfaser. Optische Glasfaserverstärker ermöglichen heute eine rein optische Verstärkung. Langfristig ist es ein Ziel der Photonischen Netze, möglichst viele Kommunikationsmetropolen direkt und rein optisch miteinander zu verbinden. Mit den optischen Tiefseekabelsystemen in den Atlantischen und Pazifischen Ozeanen hat die globale Vernetzung bereits eingesetzt.

Neben allgemeinen Merkmalen wie hoher Durchsatz von Nutzdaten, extrem niedrige Fehlerrate, hohe Zuverlässigkeit und Netzverfügbarkeit, sollen die drei folgenden Merkmale photonischer Netze speziell hervorgehoben werden: optische Transparenz, dynamische Netzkonfiguration und optische Transitverbindungen.

Optische Transparenz bedeutet, dass die optische Ende-zu-Ende Verbindung unabhängig von der Signalform, Bitrate sowie Übermittlungsformat und -Protokoll ist. Die elektronischen Endgeräte bestimmen somit die Verbindungseigenschaften und nicht mehr das Netz selbst, wie das heute der Fall ist. Dabei können in den einzelnen Wellenlängenkanälen einer Glasfaser gleichzeitig Signale mit unterschiedlichen Eigenschaften übertragen werden.

Entsprechend der dynamischen Netzkonfiguration können auf den fest installierten Glasfasernetzen, je nach der momentanen Verkehrssituation, Wellenlängen- und/oder Zeitkanäle in wenigen Millisekunden geschaltet werden. Optische Transitverbin-

**SDH-Übertragungsnetze:** In vielen Ländern findet heute eine Umstellung der Übertragungsnetze von der plesiochronen zur synchronen digitalen Hierarchie (SDH) statt. Neben wesentlichen technischen und wirtschaftlichen Vorteilen sind es auch die Flexibilität in der Betriebsführung, die integrierte Netzmanagement-Funktion und die schnellen Schutzmechanismen zur Erhöhung der Netzverfügbarkeit, welche diese Umstellung vorantreiben

**Photonische Netze:** Leistungsstarke photonische Übertragungsnetze werden die heutigen Netztechnologien unterstützen, um den künftigen Verkehrsansturm der Multimedia-Zukunft bewältigen zu können. Sie werden das zentrale Nervensystem der Kommunikationsinfrastruktur bilden. Gleichzeitig werden sie auch die hohen Anforderungen an Flexibilität und Verfügbarkeit der Netze gewährleisten können. In photonischen Netzen werden die Informationssignale volloptisch übertragen, vermittelt und verarbeitet.

dungen schließlich bedeuten, dass jeder Kommunikationsverkehrsstrom direkt vom Ursprungs- zum Zielknoten volloptisch durchgeschaltet wird.

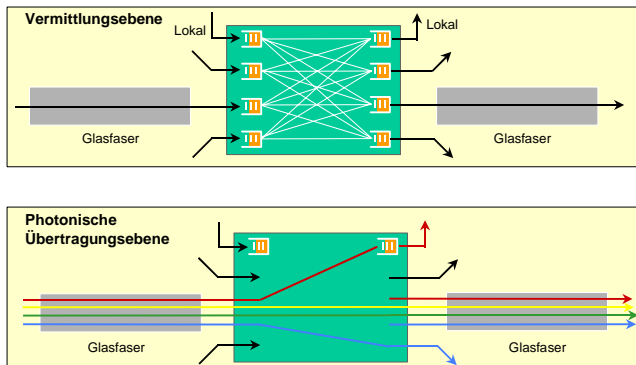
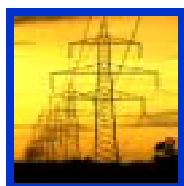


Bild: Staufreie Superhighways

Bei der traditionellen optischen Übertragung mit einem optischen Kanal müssen alle Pakete in der Vermittlungsebene zu den richtigen Ausgängen vermittelt werden. In vielen Fällen gibt es Hauptverkehrsflüsse von bestimmten Eingängen zu bestimmten Ausgängen. Dies kann mit der WDM-Technologie, wo mehrere parallelen Wellenlängenkanäle existieren, ausgenutzt werden. In diesem Fall werden alle Pakete, die nicht im betrachteten Knoten terminieren, einem Transitwellenlängen zugeordnet, so dass ein optischer Bypass-Tunnel entsteht.



- Wasserwege, Seen und Meeresküsten
- Hochspannungsmasten
- Elektrizitätskabel
- Eisenbahntrassen
- Autobahnen
- Öl- und Gaspipelines
- Kanalisation
- Versorgungssysteme für Trinkwasser

Neben den traditionellen Betreibern von nationalen und privaten Kommunikations- und Fernsehverteilnetzen gibt es heute viele neue Anbieter von Glasfasernetzen, wie die Energieversorgungsunternehmen, die Eisenbahngesellschaften und ganz allgemein auch die öffentliche Hand. Auf Grund der optischen Eigenschaften bieten die Glasfaserkabel auch neue Möglichkeiten für die Verlegung. Jede Verlegungsart braucht aber einen geeigneten Kabelmantel. Stichworte dazu sind: Wasserwege, Seen und Meeresküsten; Hochspannungsmasten; Elektrizitätskabel mit Glasfasern; Eisenbahnstrecken; Öl- und Gaspipelines; Kanalisation; Versorgungssysteme von Trinkwasser.

Bild: Neue Möglichkeiten der Glasfaserverlegung

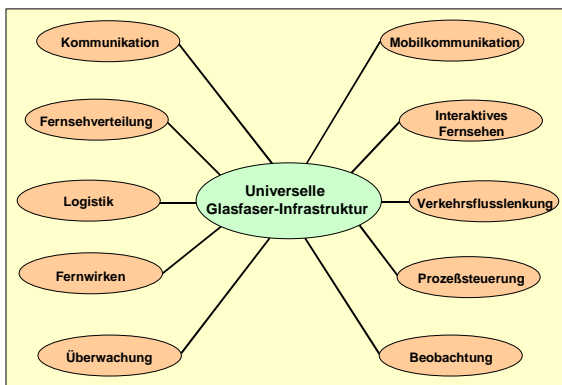


Bild: Glasfasernetze als universelle Infrastruktur

Somit ist es möglich, Fasernetze als eine leistungsfähige, universelle Kommunikationsinfrastruktur zu betreiben. Darin sind bestehende Netze auf einfache Art integrierbar und alle Kommunikationsdienste auf natürliche Weise vom Netz trennbar. Zusätzlich ist die gleiche optische Infrastruktur zum Beispiel mitverwendbar für terrestrische Basisnetze der Mobilkommunikation, für Überwachungs- und Steuerungsnetze der Verkehrsleitsysteme und Flugüberwachungssysteme sowie für analoge beziehungsweise digitale Fernsehverteilnetze.





Bild: Interkontinentale Übertragungssysteme

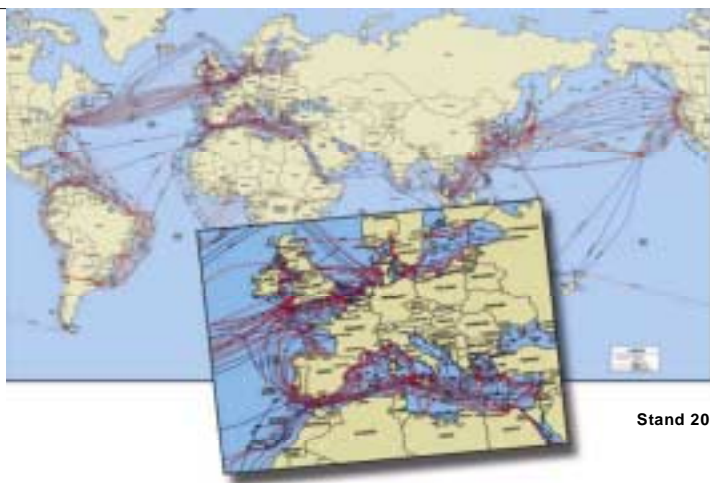


Bild: Interkontinentale Übertragungssysteme



Bild: Photonisches Netz : AFRICA-ONE



Bild: Tiefsee-Kabelverlegung



Montage und Test optischer Verstärker



Transatlantik-Kabel mit optischen Verstärkern

Strecke London-New York, 12.000 km  
Ring-Topologie mit 10 Gbit/s pro Faser  
Betrieb ab 1998

Alcatel (1996)

Bild: Optische Verstärker für Tiefsee-Kabel

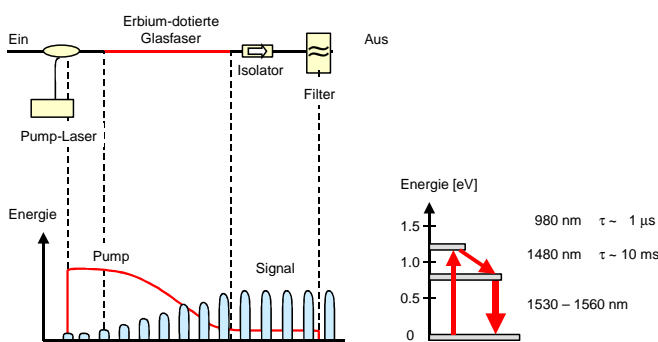


Bild: Erbium-dotierter Glasfaserverstärker

Optische Verstärker verwenden ein speziell dotiertes Glasfaserstück von etwa 50 m Länge, um die Amplituden sämtlicher optischen WDM-Kanäle im Glasfaser zu verstärken. Im 1500 nm optischen Fenster, wo die Dämpfung des Glasfasers am geringsten ist, wird Erbium verwendet. Der Verstärker wird kurz als EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) bezeichnet. Die notwendige optische Energie kommt aus einem sogenannten Pumplaser, der entweder im optischen Bereich 980 nm oder 1480 nm arbeitet. Die im Spezialglasfaser gepumpte Energie kann statistisch etwa 10 ms auf dem Energieniveau 1480 nm erhalten bleiben, um dann diese Energie bei Anwesenheit von optischen Signalen im Bereich 1530-1560 nm abzugeben. Ein optischer Filter ist notwendig, um die Pumpwellenlänge nicht weiter propagieren zu lassen. Ein optischer Isolator vermeidet Reflektionen von optischen Energie in der Gegenrichtung.

## Trend

Der Trend in Kommunikationsnetzen mit speziellem Fokus auf der photonischen Infrastruktur lässt sich wie folgt charakterisieren. Bedeutende technologische Fortschritte, eine zunehmende Vielfalt an Kommunikationsdiensten, steigende Anforderungen an Flexibilität und Verfügbarkeit sowie ein schnell anwachsendes Verkehrsvolumen haben die Kommunikationsnetze durch verschiedene Entwicklungsstadien geführt. Mit den optischen Netzen zeichnet sich ein neues Kommunikationszeitalter am Horizont ab, in welchem der stetig wachsende Wunsch nach einer uneingeschränkten, komfortablen und vor allem preisgünstigen Telekommunikation in Erfüllung gehen könnte.

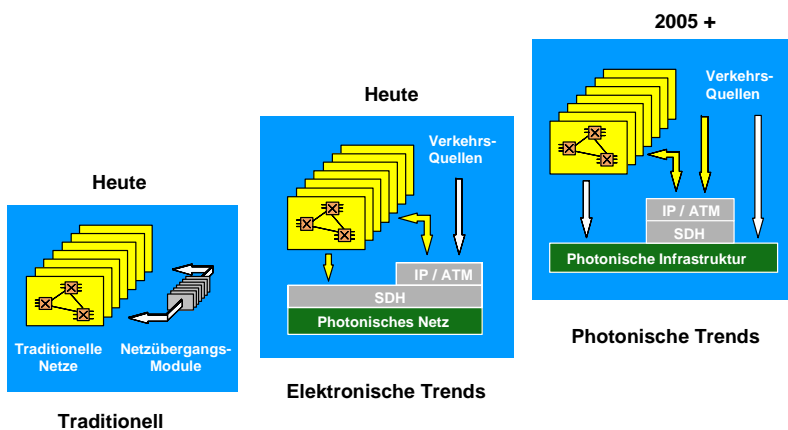


Bild: Technologie-Trends

- Paralleler Massentransport von Bitströmen
- Minimale Ende-zu-Ende Verzögerung
- Einfacher Betrieb
- Niedrige Betriebskosten
- Niedrige Grundtarife

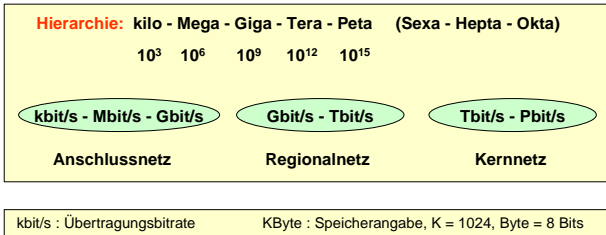


Bild: Trends mit photonischen Technologien

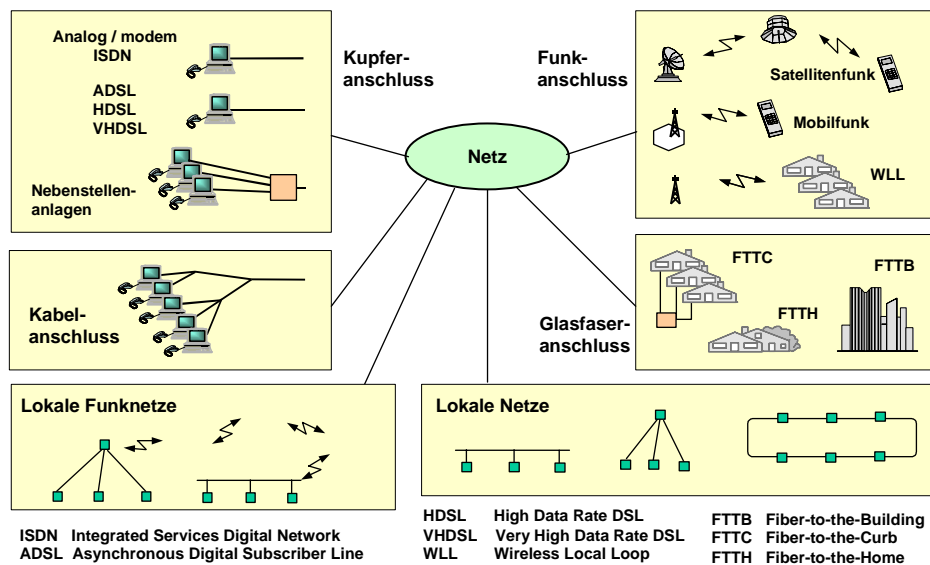


Bild: Netzanschluss

**Zugangsnetze** (access networks) verbinden den Teilnehmer mit dem eigentlichen Netz. Die Anforderungen an einen Zugang ergeben sich aus den genutzten Anwendungen. Dabei führt die Dienstintegration dazu, dass das Zugangsnetz ebenfalls für alle Dienste/Anwendungen ausgelegt werden muss. Unter einem FSN (Full Service Network) versteht man ein Zugangsnetz, das alle zukünftig absehbaren Dienste (interaktive und Verteildienste, Breitband- und Schmalbanddienste) gleichermaßen erbringen kann und damit aus Sicht des Anwenders zukunftsicher sein soll. Nur in Sonderfällen (z. B. bei schmalbandiger, drahtloser Übertragung) wird der Kunde zu Kompromissen bereit sein. Derzeitige Zugangsnetze zu den privaten Haushalten mit deren heute noch stark begrenzten Übertragungskapazitäten sind ungeeignet, eine massive Anwendung von Multimedia-Kommunikation aufnehmen zu können. Im Geschäftsbereich bieten die lokalen Netze intern hohe Bitraten an, jedoch ist die Kapazität zwischen den einzelnen Geschäftsstellen sowie zu den öffentlichen Netzen noch stark eingeschränkt.

**Lokale Netze:** Traditionelle lokale Netze verwenden ein gemeinsames Übertragungsmedium. Sie entstanden, um den Datenaustausch mit stark schwankenden Datenmengen flexibel und wirtschaftlich zu ermöglichen. Standardisierungsaktivitäten haben dem kommerziellen Einsatz dieser lokalen Netze zu einer großen Verbreitung verholfen, insbesondere Ethernet und Token Ring. Die Weichen sind nun neu gestellt. Die neuen Netzarchitekturen enthalten Paketvermittlungsknoten. Diese Vermittlungstechnologien haben im Vergleich zu traditionellen lokalen Netzen, in denen sich die Benutzer die gemeinsame Übertragungskapazität teilen müssen, erhebliche Vorteile: die Bandbreite kann individuell zugeteilt werden, und es sind unterschiedliche Übertragungsraten im selben Netz möglich, so dass äußerst flexibel und individuell auf Benutzerbedürfnisse reagiert werden kann. Daneben ergänzen drahtlose Netze und Hochgeschwindigkeitsverbindungsnetze zwischen Rechnern die Vielfalt standardisierter Netze für den lokalen Bereich.

**Zugangsnetze:** Die Zugangsnetze als Verbindung zwischen Teilnehmern und den Weitverkehrsnetzen werden heute neu überdacht. Die heutigen Netzzugänge konzentrieren den Telefonverkehr, um die Anzahl der nötigen Leitungen zu den Vermittlungsknoten zu reduzieren. Teilnehmern während längerer Zeit größere Übertragungskapazitäten zur Verfügung zu stellen, ist zweifellos eine Herausforderung für die Neu- und Umgestaltung der Zugangsnetze. Dabei geht es vor allem um die Reduzierung der Kosten für Betrieb und Unterhalt, die Vereinfachung des Netzmanagements sowie die Erschließung zusätzlicher



licher Einnahmequellen durch neue Dienste. Das vordringlichste Ziel dabei ist die Anbindung an das Internet und On-Line Dienste unter Verwendung von Kupferadern, Koaxialkabel, Glasfasern oder Funk. Durch den Einsatz der Signalverarbeitung sind die Übertragungsraten auf den Kupferadern im Bereich von einigen Mbit/s gesteigert worden. Damit können Multimedia-Dienste ohne den sofortigen Netzausbau mit Glasfasern bis zu den privaten Haushalten angeboten werden. Die mehrheitlich verwendete oder geplante hybride Netzarchitektur besteht aus einem optischen hochbitratigen Übertragungssystem und symmetrischen Kupferdoppeladern bis zu den Teilnehmern.

**Kabelverteilnetze:** Die auf Koaxialkabel basierenden Kabelfernsehtetze eignen sich aufgrund ihrer Baumstruktur sehr gut für eine kostengünstige Verteilung von Fernseh- und Radioprogrammen an die angeschlossenen Teilnehmer. Diese Netze sind heute in vielen Ländern bereits gut ausgebaut und werden nun mit Glasfasersystemen ergänzt. Durch die Liberalisierung der nationalen Fernmeldegesetze eröffnen sich Möglichkeiten, diese Netze auch für die Telekommunikation sowie Video-Abrufdienste zu erschließen.

**Stadtnetze:** In allen mittleren und größeren Städten findet man heute eine ähnliche Bedarfsstruktur im Kommunikationsbereich vor. Stadtverwaltungen und städtische Unternehmen wie kommunale Energieversorger und Verkehrsbetriebe sind über den gesamten Stadtbereich verteilt und haben einen vielfältigen Bedarf zur Kommunikation innerhalb ihrer Strukturen. Krankenhäuser, Schulen und Bibliotheken werden zunehmend vernetzt. Alle diese Benutzer benötigen ein großes Spektrum an verschiedenen Diensten. Hier bietet es sich an, ein diensteintegrierendes und unternehmensübergreifendes Übertragungsnetz zu betreiben. Grundgedanke ist dabei, alle Ressourcen von den Anwendern gemeinsam zu nutzen.

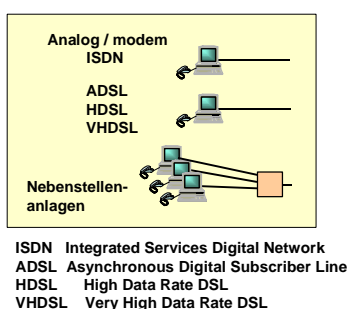
Zugangsnetze können ganz unterschiedlich realisiert werden:

- **Leitungsgebunden** wie beim Telefonnetz und ISDN. Höhere Datenraten als 56 kbit/s (mit Modem) bzw. 128 kbit/s (bei ISDN mit Kanalbündelung) werden mit xDSL-Zugängen erreicht. Während symmetrische Kupferkabel für den größten Teil der existierenden Zugänge verwendet werden, wird die Glasfaser hier in Zukunft eine größere Verbreitung erhalten. Kabelnetze werden ebenfalls als Zugangsnetze eingesetzt, sofern ein geeigneter Rückkanal zur Verfügung steht. Zudem sollen Stromversorgungsnetze als Zugänge zu Rechnernetzen erweitert werden.
- **Leitungsungebundene** (drahtlose) Zugänge sind mit ungerichteter (schnurloses Telefon, Mobiltelefon) oder gerichteter (Richtfunk) Übertragung möglich. Satelliten werden hier ebenfalls eine zunehmende Bedeutung erhalten. Optische Funkzugänge sind zur Zeit auf sehr Zugangsverfahren kurze Distanzen beschränkt, es gibt aber Entwicklungen in Richtung auf breitere Anwendungsbereiche.

Insgesamt herrscht im Bereich der Zugangsnetze ein intensiver Wettbewerb, da der **letzte Kilometer** (last mile) vom Netzzugangspunkt zum Endkunden einen Engpass darstellt.

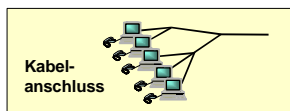
Die Teilnehmeranschlussleitung steht einem Teilnehmer exklusiv zur Verfügung. Sie ist also ein **dediziertes Medium** im Gegensatz zu einem gemeinsamen LAN-Medium. Die Teilnehmeranschlussleitung wird auch als local loop bezeichnet und überbrückt den letzten Kilometer (last mile) von der Ortsvermittlungsstelle zum Teilnehmer. Sie kann auch **drahtlos** realisiert werden (WLL: Wireless Local Loop).

Das Zugangsnetz im Telefonnetz ist strukturiert in Hauptkabel, Kabelverzweiger, Verzweigungskabel, Endverzweiger und Endleitungen.



### Teilnehmeranschlussleitung im Telefonnetz

Die Teilnehmeranschlussleitung im Telefonnetz ist eine verdrehte Zweidrahtleitung (Doppelader, TP: Twisted Pair, UTP: Unshielded TP) mit Kupferadern der Durchmesser 0,4; 0,6 oder 0,8 mm. Die Dämpfung dieser Leitung ist näherungsweise proportional zu ihrer Länge, proportional zur Wurzel der übertragenen Frequenz und umgekehrt proportional zum Aderndurchmesser. Damit sind Distanz und Bandbreite strikt begrenzt. Für größere Distanzen können Adern mit größerem Querschnitt eingesetzt werden. Im Telefonnetz ist eine Bandbreite von 3,4 kHz ausreichend, die erforderliche Länge beträgt einige wenige km. Die Adern werden mit a und b, die Teilnehmerschnittstelle selbst als a/b-Schnittstelle bezeichnet. Im Endgerät wird die Teilnehmerschnittstelle durch die Teilnehmerschaltung abgeschlossen. Im herkömmlichen Telefonnetz werden deren Funktionen durch die Abkürzung BORSCHT (Battery Feed, Overvoltage Protection, Ringing, Signaling, Coding, Hybrid, Testing) zusammengefasst.



### Zugang über Kabelnetze

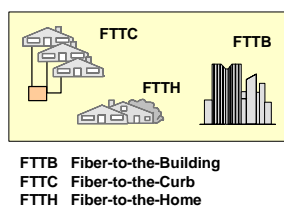
Kabelnetze werden für Verteildienste (Rundfunk, Fernsehen) in großem Umfang eingesetzt. Für interaktive Anwendungen ist jedoch ein Rückkanal erforderlich. Dieser kann über das Telefonnetz realisiert werden, was jedoch für den Benutzer unangenehm ist. Deshalb werden Kabelnetze durch eigene Rückkanäle ergänzt. Als Übertragungsmedium wurden früher ausschließlich Koaxialkabel eingesetzt, heute werden zunehmend Teilstrecken mit Glasfasern (HFC: Hybrid Fiber Coax) eingefügt. Der Anwender benötigt ein Kabelmodem zum Zugriff auf den interessierenden Kanal.

### Zugang über Stromversorgungsleitungen

Stromversorgungsnetze sind - zumindest in industrialisierten Ländern überall verfügbar. Aus dieser Sicht ist ihre Nutzung als Zugangsnetz für Rechnernetze von Interesse. Voraussetzung dafür ist die Realisierung einer hinreichend großen Datenrate und die Beherrschung der elektromagnetischen Kompatibilität gegenüber anderen Nutzern des verwendeten Frequenzspektrums. Im Hoch- und Mittelspannungsnetz führen die Energieversorgungsunternehmen schon seit langer Zeit Datenübertragung für Überwachungs- und Steuerungszwecke durch. Im Niederspannungsnetz liegt eine baumförmige Topologie vor, die als shared medium wirkt. In der Niederspannungs-Transformatorstation können Kopfstationen eingerichtet werden, die über Glasfasern mit dem Rechnernetz verbunden werden. Die Kopfstation kommuniziert über das Niederspannungsnetz mit bis zu mehreren hundert Haushalten.

### Zugang mittels optischer Übertragung

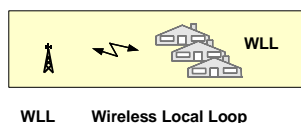
Zugänge mittels optischer Übertragung sind prinzipiell durch ungerichtete oder gerichtete Ausbreitung in der Atmosphäre möglich. Die ungerichtete Ausbreitung ist zwangsläufig mit einer hohen Dämpfung verbunden, so dass sie nur über kurze Distanzen eingesetzt werden kann. Beispiele sind drahtlose, optische LAN oder PAN (IrDA). Für Zugangsnetze ist eine größere Distanz erforderlich, die eine gerichtete Ausbreitung verlangt.



### Glasfaseranschluss

Für zukünftige Teilnehmeranschlussleitungen ist das Übertragungsmedium Glasfaser geeignet. Dieses Konzept wird als **FTTH** (Fiber To The Home) bezeichnet, wenn die Glasfaser bis zum Teilnehmer führt. Die hohen Verlegungskosten werden jedoch nur eine langfristige Umstellung zulassen. Ein Kompromiss wird durch FTTC (Fiber To The Curb) angestrebt. Hier führt die Glasfaser nur bis zum Straßenrand (Curb), für die letzten Meter werden vorhandene Kupferdoppeladern genutzt. **FTTB** (Fiber To The Building) ist ein ähnliches Konzept.

**FITL** (Fiber In The Loop) und **FTTx** (x steht als Platzhalter) sind Oberbegriffe für den Einsatz von Glasfasern im Teilnehmeranschlussbereich stehen. Zugangsnetze mit Glasfasern werden als PON (Passive Optical Network), also ohne Zwischenverstärker (Gegensatz: AON: Active Optical Network) ausgeführt. Auf Seite der Ortsvermittlungsstelle ist das Glasfaserzugangsnetz durch eine OLT (Optical Line Termination), auf Seite des Kunden durch eine ONU (Optical Network Unit) terminiert.



### Richtfunkanschluss

Richtfunk ist die Übertragung elektromagnetischer Wellen mit scharf bündelnden Antennen (Richtantennen). Aus physikalischen Gründen ist dies nur bei hinreichend hohen Frequenzen möglich. Dafür erhält man eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, die im Raummultiplex mit anderen Verbindungen auf derselben Frequenz betrieben werden kann. Zugänge mit Richtfunk werden als WLL (Wireless Local Loop) bezeichnet.

**LMDS** (Local Multipoint Distribution Service): arbeitet im 26-GHz-Band mit Distanzen von 3-5 km. Mehrere breitbandige, bidirektionale Kommunikationsbeziehungen zwischen der Basisstation (hub) und den Teilnehmergeräten (radio termination) sind gleichzeitig möglich. In einem geografischen Sektor mit  $15^\circ$  Öffnungswinkel kann eine Gesamtdatenrate von 7 - 2 Mbit/s erreicht werden. LMDS ist insbesondere für Ballungsgebiete geeignet.

**MMDS** (Multichannel Multipoint Distribution System): Ist in Deutschland in den Frequenzbereichen um 2,5 GHz und 3,4 GHz eingeplant. Wegen den gegenüber LMDS niedrigeren Frequenzen ergeben sich größere Distanzen von bis zu 15 km. Da diese Frequenzbereiche auch von bestehenden Richtfunkstrecken benutzt werden, ist durch geeignete Planung eine Koexistenz mit diesen sicherzustellen.

**MVDS** (Multichannel Video Distribution Service): Ist ein Broadcast-System im Frequenzbereich von 40,5-42,5 GHz, das Distanzen von ca. 2-5 km überbrücken kann. Unidirektional werden Datenraten bis 40 Mbit/s erreicht.

## Mobilität und mobile Netzanbindung

Zunehmend möchten Teilnehmer ihre Kommunikationsdienste unabhängig vom jeweiligen Standort nutzen und sich dabei überall der selben Prozeduren bedienen. Gleichzeitig wollen sie zu jeder Zeit und an jedem Ort auf kontrollierte Art und Weise für andere Teilnehmer erreichbar sein. Die Kontrolle der Erreichbarkeit ist erforderlich, um die Privatsphäre zu erhalten. Das entfernte Ziel ist die globale Mobilität mit einem persönlichen, endgerät- und ortsunabhängigen Netzzugang zu den Festnetzen, Mobilkommunikationsnetzen oder Satellitennetzen.

**Mobilität im Festnetz:** Teilnehmer werden Anrufe auf der Basis einer einzigen Nummer durchführen und entgegennehmen können, unabhängig von der Person und vom Netz, von jedem Endgerät, fest oder mobil, und über eine Vielzahl von Netzen: Festnetze, Mobilkommunikationsnetze, öffentliche, private, herkömmliche Netze oder Netze einer neuen Generation, unabhängig von der geographischen Position und nur mit der Begrenzung durch die Eigenschaften des Endgerätes und des Netzes, sowie mit den vom Dienstanbieter auferlegten Einschränkungen. Die Teilnehmer werden bei der Anmeldung an der Definition ihrer Dienste teilnehmen und können sie später durch Verwendung von Smart-Cards modifizieren. Das Ziel ist eine einzige Mobilitätsverwaltung für alle Arten von Anschlussnetzen

**Mobilkommunikationsnetze:** Die mobile Kommunikation gilt heute als der Telekommunikationsbereich mit der stärksten Expansion. Die Mobilkommunikation ist inzwischen eine bedeutende Alternative und Ergänzung zum Festanschluss – mit ihren modernen Vermittlungs- und Übertragungstechniken und immer kleineren, leistungsfähigeren und preisgünstigeren Geräten, die grenzüberschreitende Kommunikation über große Distanzen ermöglichen. Beschränkte sich die Mobilkommunikation bisher in erster Linie auf die Sprachdienste, so wird es in Zukunft verstärkt darum gehen, in weltweiten intelligenten Mobilkommunikationsnetzen höher bitratige Sprache und Dienste für Bilder und Daten anzubieten sowie die Kooperation von Mobilkommunikation- und Festnetzen zu optimieren.

Zukünftige Mobilkommunikationssysteme werden personalisierte Systeme sein (die der Teilnehmer jederzeit bei sich trägt) und eine Vielzahl von Kommunikationsdiensten für mobile oder fest angeschlossene Teilnehmer bieten. Die angebotenen Dienste werden idealerweise mindestens mit den an den Festanschlüssen bereitgestellten übereinstimmen, wobei die Dienstgüte vergleichbar mit der des Festanschlussnetzes ist. Darüber hinaus werden zusätzliche Dienste angeboten, bei denen die speziellen Eigenschaften der Mobilität, wie z.B. Flächendeckung und Verfügbarkeit, vom Netzbetreiber berücksichtigt werden. Diese Dienste werden beeinflusst durch wirtschaftliche Erwägungen, behördliche Regelungen, politische Faktoren und durch die Ausrichtung des Systems durch verschiedene Betreiber. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass nicht alle Dienste überall verfügbar sein werden.

## Drahtlose Zugänge

Leitungsgebundene Zugänge sind mit hohen Installationskosten verbunden und erlauben nur die Nutzung an einem festen Ort. Drahtlose Zugänge vermeiden Kosten für die Verlegung von Leitungen und können auch von mobilen Teilnehmern genutzt werden. Drahtlose Zugänge mit ungerichteter Ausbreitung können durch Mobilfunknetze realisiert werden. Wenn keine Mobilität erforderlich ist, können Richtfunknetze eingesetzt werden. Kommunikationssatelliten können in bestimmten Fällen für den Netzzugang sinnvoll sein. Zugangsnetze mit optischer Übertragung in der Atmosphäre sind ebenfalls vorstellbar.

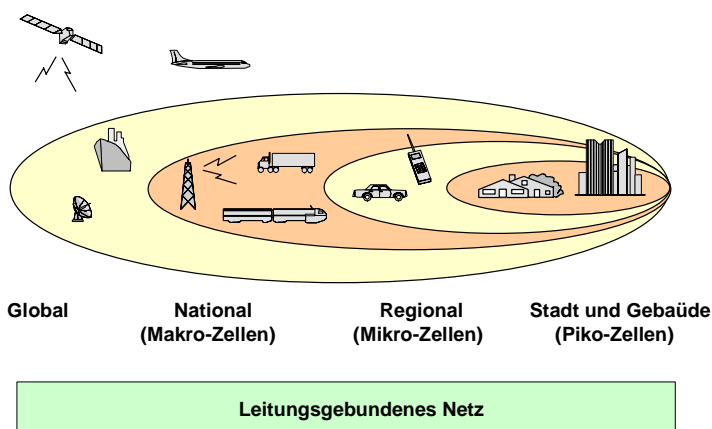


Bild: Mobilkommunikation

## Zugang über Mobilfunknetze

GSM (Global System for Mobile Communications) ist das aktuelle, weitverbreitete Mobilfunksystem. Es wird als Mobilfunksystem der zweiten Generation betrachtet. GSM basiert auf Funkzellen, deren Ausdehnung in Abhängigkeit der Teilnehmersdichte variiert. Zur Vermeidung von häufigem handover (Wechsel der Funkzelle infolge der Mobilität des Teilnehmers) werden Overlay-Zellen verwendet. In Europa gibt es die Varianten GSM 900 (Frequenzband 880 MHz bis 960 MHz) und GSM 1800 (Frequenzband 1710 MHz bis 1880 MHz). Die Charakteristiken von GSM im Hinblick auf die digitale Übertragung sind durch Mehrwegeausbreitung, Funkstörungen und entsprechend hohe Fehlerraten gekennzeichnet. Dies macht den Einsatz einer automatischen Fehlerkorrektur und der Übertragungswiederholung ARQ erforderlich.

Die **Trägerdienste** (Bearer Services) in GSM bieten asynchrone und synchrone, leitungs- oder paketorientierte Datenübertragung mit Datenraten von 300 bit/s bis zu 9,6 kbit/s. Jeder Trägerdienst wird durch eine eigene Nummer angesprochen.

**Telematikdienste** (Tele Services) in GSM sind u. a. Faxübertragung, Kurznachrichtendienste (SMS: Short Message Service) sowie der Zugang zu MHS-Systemen (Message Handling System). In GSM ist die Datenrate auf 9,6 kbit/s beschränkt. Höhere Datenraten werden durch Weiterentwicklungen möglich:

- **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data): Datenrate bis 57,6 kbit/s durch Bündelung von zwei oder mehr Datenkanälen eines Trägers.
- **GPRS** (General Packet Radio Service): Paketübertragung (der Kanal wird nur belegt, solange es tatsächlich etwas zu senden gibt) und Kanalbündelung werden kombiniert. Die maximale Datenrate beträgt 160 kbit/s, realistisch sind ca. 115 kbit/s.
- **EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM Evolution): eine Weiterentwicklung von HSCSD und GPRS mit den Bezeichnungen ECSD (Enhanced CSD, für leitungsvermittelte Dienste) und EGPRS (Enhanced GPRS, für paketvermittelte Dienste). Als realistische Datenrate werden 110 kbit/s bei voller Mobilität und 220 kbit/s im stationären Betrieb angenommen.
- **UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System) ist das Mobilfunksystem der dritten Generation, dessen Verfügbarkeit ab dem Jahr 2002 erwartet wird. Als Zugriffs- bzw. Multiplex-Verfahren wird WCDMA (Wide Band CDMA, zu CDMA statt FDMA/TDMA bei GSM eingesetzt. Dadurch ergeben sich höhere Datenraten, die in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des mobilen Nutzers.

Datenraten in UMTS

Datenrate	Geschwindigkeit des Nutzers
144 kbit/s	niedrig
384 kbit/s	hoch (bis 500 km/h)
2 Mbit/s	stationär (fest)



**Satellitennetze:** Bisher werden zu Kommunikationszwecken fast ausschließlich Satelliten in geostationären Umlaufbahnen verwendet. Sie sind vor allem für die Kommunikation mit langsam beweglichen Stationen wie auf Schiffen geeignet, weil die Empfangsantennen sehr groß sein müssen. Als neues Konzept für mobile Teilnehmer wird ein Satellitennetz mit niedrig fliegenden nichtgeostationären Satelliten bevorzugt, wobei hier zwischen LEO-Satelliten (low earth orbit, 500 km bis 1500 km Bahnhöhe) und MEO-Satelliten (medium earth orbit, 10.000 km bis 20.000 km Bahnhöhe) unterschieden wird. Um die globale Abdeckung der Erdoberfläche zu gewährleisten, ist bei Benutzung nichtgeostationärer Satelliten eine größere Anzahl Satelliten nötig. Diese bewegen sich nicht synchron mit der Erdrotation, wie es bei geostationären Satelliten der Fall ist.

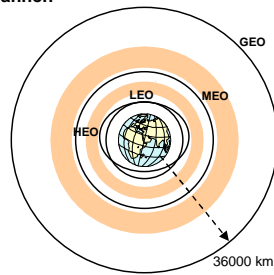
#### Erdnahe Satellitensysteme

Iridium	795 km	6 Orbits	Motorola	1998
Globalstar	1,389 km	6 Orbits	Loral-Qualcomm	1998
Odyssey	10,335 km	3 Orbits	TRW	2000

Bild: Nomadologie: Globale Erreichbarkeit

#### Klasseneinteilung der Satellitenumlaufbahnen nach Art und Höhe

- **GEO (Geostationary Orbit)**  
ca. 36000 km
- **LEO (Low Earth Orbit)**  
700 - 2000 km
- **MEO (Medium Earth Orbit)**  
6000 - 20000 km
- **HEO (Highly Elliptical Orbit)**  
700 - 2000 km  
elliptische Orbits

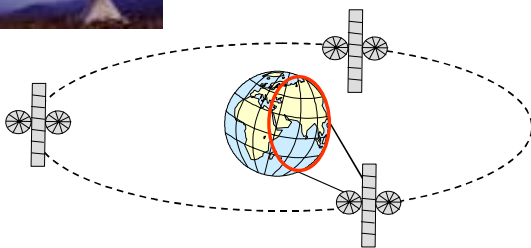


innerer und äußerer Van-Allen-Gürtel mit ionisierten Teilchen in 2000 - 6000 km Höhe

Bild: Klassifizierung von Satelliten

	Höhe	Umlaufzeit	Geschwindigkeit
LEO	700 km	98,8 min	27 016 km/h
MEO	10 354 km	5 h 59 min	17 571 km/h
GEO	35 786 km	23 h 56 min	11 069 km/h

Bild: Orbitale Parameter



Ausleuchtung der Erde mit 3 Satelliten möglich

Bild: Geostationäre Satelliten

**Satelliten** in einer Erdumlaufbahn können als drahtlose Zugangswege zu Netzen eingesetzt werden. Dabei sind **geostationäre** Satelliten (Umlauf in ca. 36000 km Höhe) und **LEO-Satelliten** (Low Earth Orbit, Umlauf in ca. 780 km Höhe) zu unterscheiden. Geostationäre Satelliten werden bereits für den Internetzugang genutzt, wobei nur der Download (vom Server zum Client) über die Satellitenstrecke geführt werden kann. Der Rückkanal wird mit Hilfe des konventionellen Telefonnetzes realisiert. Schmalbandige LEO-Satelliten sind als Konkurrenz zu Mobiltelefonnetzen zu sehen. **Breitband-LEO-Satelliten** sollen Datenraten bis zu 155 Mbit/s (downstream) und 2 Mbit/s (upstream) zur Verfügung stellen. Satellitensysteme sind mit sehr hohen Investitionskosten verbunden, die deren Wirtschaftlichkeit in Frage stellen können. Die große Laufzeit auf geostationären Satellitenstrecken kann nachteilig sein. Dies ist insbesondere der Fall für interaktive Anwendungen. Zudem stellen die Downstream-Kanäle shared media dar, die sich viele Nutzer teilen müssen.

- Orbit in 36.000 km Entfernung von Erdoberfläche in Äquatorebene
- Satellit synchron mit Erddrehung (Umlaufzeit: 1 Tag)
- feste Position der Antennen, kein Nachführen erforderlich
- Kurskorrektur der Satelliten erforderlich
- Funkversorgung relativ großer Gebiete, Frequenzen schlecht wiederverwendbar
- große Antennen und hohe Sendeleistungen erforderlich
- große und schwere Benutzergeräte
- lange Signallaufzeit: ca. 275 ms, Übertragungsfehler
- meist Rundfunk- und Fernsehsatelliten
- typisch:
  - ca. 20 Transponder pro Satellit, Bandbreiten pro Transponder: ca. 50 MHz
- Anwendung:
  - Ausstrahlung von Fernsehprogrammen
  - Unterstützung der Kommunikation über Ozeanen, dünn besiedelten Gebieten, ...

Bild: Eigenschaften von Geostationäre Satelliten



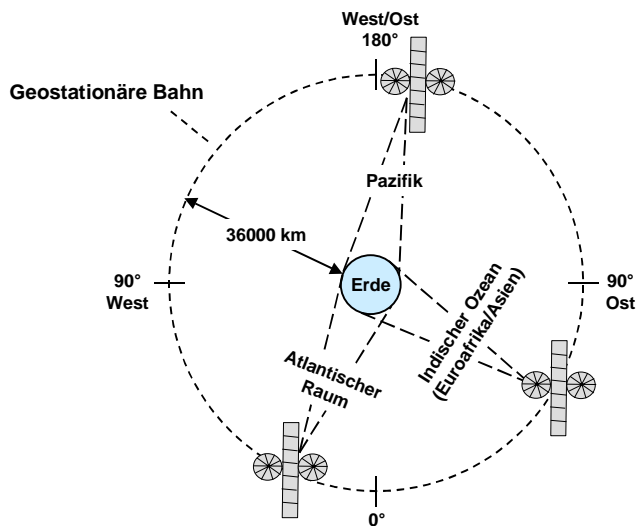


Bild: Geostationäre Satelliten im INTELSAT-Netz

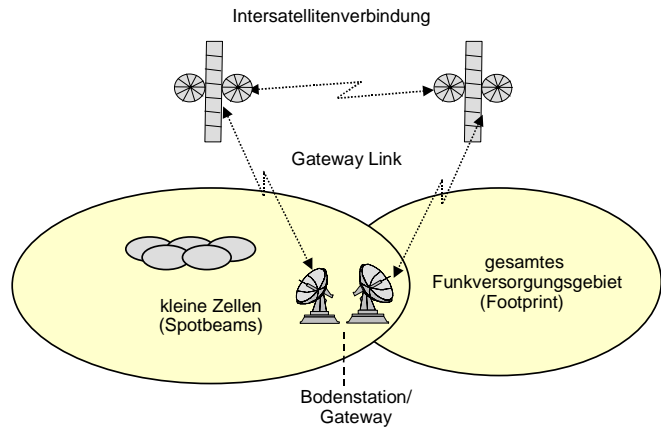


Bild: Satellitensystem

- Orbit in 500 - 2000 km Höhe
- Sichtbarkeitsdauer eines Satelliten 10 - 40 Minuten
- relative Geschwindigkeit: wenige km/s
- erfordert Gesprächsübergabe (Handover)
- viele Satelliten für globale Funkversorgung nötig
- Laufzeit mit terrestrischen Weitverkehrsverbindungen vergleichbar: ca. 5 - 10 ms
- kleinere Benutzergeräte
- kleinere Funkversorgungsgebiete
- bessere Frequenznutzung



LEO Low Earth Orbit

- Orbit in 5000 - 12000 km Höhe
- **Vergleich mit LEO-Systemen:**
  - Geschwindigkeit des Satelliten langsamer
  - weniger Satelliten benötigt
  - Verbindungen meist ohne Handover möglich
  - längere Signallaufzeiten, ca. 70 - 80 ms
  - höhere Sendeleistung nötig

Bild: MEO-Satellitensysteme

**Forderung:** zeitkontinuierliche und globale Funkversorgungsfläche  
**Frage:** Wie viele Satelliten sind notwendig ?

**Gesichtspunkten:**

<b>Orbithöhe</b>	GEO (Geostationary Orbit)	36.000 km
	MEO (Medium Earth Orbit)	10.000 km
	LEO (Low Earth Orbit)	700 - 2.000 km
<b>minimale Neigungswinkel (<math>\epsilon_{\min}</math>) typisch:</b>		GEO 5°
		LEO/MEO 10°
<b>Mehrfach-Funkversorgung (mehrfach sichtbar)</b>		Satelliten-Diversität mit Handover
<b>Anzahl Satelliten:</b>	GEO	3 - 4
	MEO	10 - 15
	LEO	> 40

Bild: Parameter für globale Funkversorgung

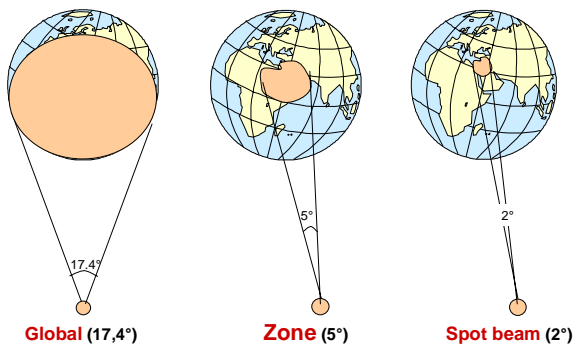


Bild: Größe der Funkversorgungsflächen von GEO-Satelliten

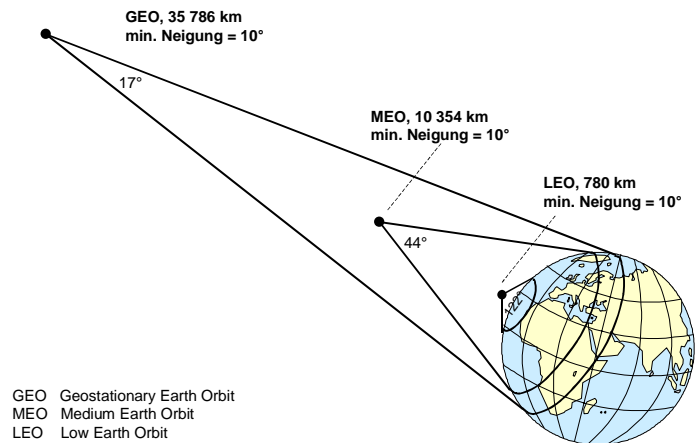


Bild: Funkversorgungsfläche

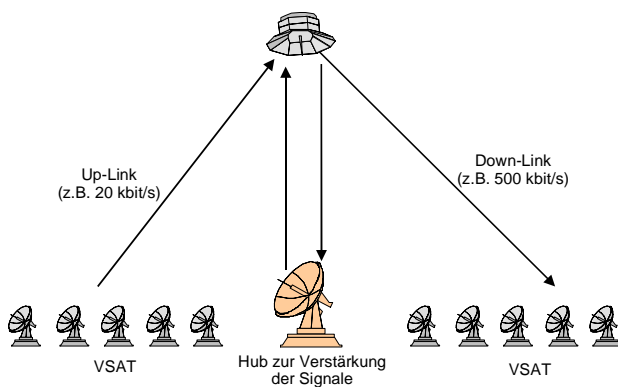
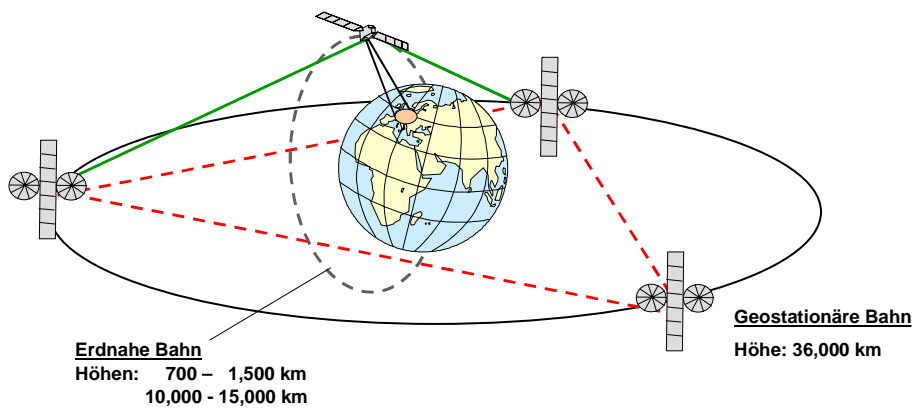


Bild: VSAT- Satellitensysteme



Iridium	795 km	66 Satelliten	6 Orbits	Motorola	1998
Globalstar	1389 km	48 Satelliten	6 Orbits	Loral-Qualcomm	1998
Odyssey	10,335 km	12 Satelliten	3 Orbits	TRW	2000

Bild: Kommunikationsnetze im Weltall

## Netzkontrolle, Management und Sicherheit

Die größten Herausforderungen und höchsten Kosten der modernen Kommunikationsinfrastrukturen liegen in den Bereichen Steuerung, Management sowie Ausfall- und Informationssicherheit. Es ist daher notwendig, diesen Bereichen besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

**Signalisierungssystem Nr.7 (SS7):** Für den Informationsaustausch zwischen den Netzknoten und als Infrastruktur für die verteilte Netzintelligenz bildet das Signalisierungssystem Nr.7 ein eigenständiges Paketvermittlungsnetz. Diese Signalisierungsnetze haben somit eine zentrale Bedeutung für die Signalisierungsabläufe in vielen der oben erwähnten Netze. Deshalb werden sehr viele Vorkehrungen getroffen, um eine extrem hohe Netzverfügbarkeit gewährleisten zu können.

**Intelligente Netze:** Die Vernetzung von informationsverarbeitenden Einheiten zur Unterstützung von Mehrwertdiensten oder zur Abwicklung der Mobilkommunikation bezeichnet man als intelligentes Netz (IN). Dieses Konzept bietet die Möglichkeit, neue sowie kundenspezifische Dienste schnell und flexibel einzuführen. Darüber hinaus bilden die intelligenten Netze die Basis für personenbezogene Kommunikationsformen, welche für Benutzermobilität benötigt werden.

**Netzmanagement:** Zur Gewährleistung eines sicheren und effektiven Betriebs der Kommunikationsnetze oder LAN-Vernetzungen sind Netzmanagementsysteme erforderlich. Zu den Aufgaben gehören die Konfigurierung, Überwachung, Fehlererkennung und -behebung sowie die Verwaltung der Netze. Ein effektives Netzmanagement für heterogene Netze ist die Herausforderung der kommenden Jahre. Mit dem Netzmanagementkonzept TINA (Telecommunication Information Network Architecture) haben Netzbetreiber sowie Hersteller der Telekommunikations- und Computerindustrie eine neue Software-Architektur entworfen, welche Diensteanbieter bei der Implementierung und Nutzung von Multimedia-Diensten unterstützt. Das Konzept besteht im wesentlichen darin, das Übertragungsnetz von der Steuerungs- und Verwaltungsebene zu trennen und diese vollständig Software-orientiert und unabhängig vom zugrundeliegenden Übertragungsnetz zu machen. Es handelt sich um einen verteilten, objektorientierten Ansatz, der die Stärken der Telekommunikationsindustrie mit denen der Computerindustrie verbindet. Ziel ist es, einer Vielzahl von Diensteanbietern unabhängig voneinander eine schnelle und effiziente Einführung neuer Kommunikationsdienste zu erleichtern.

**Netzicherheit:** Sicherheit hat aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Informationsverarbeitung sowie ihrer weltweiten Vernetzung eine zentrale Stellung erlangt. Deshalb wird in erheblichem Umfang in die Sicherheit der Informationsverarbeitungssysteme investiert und es werden Möglichkeiten entwickelt, Kommunikationsdienste und deren Netzverbindungen individuell und von Ende-zu-Ende zu sichern. Wichtigste Funktionen der Netzicherheit sind hierbei: Partner-Authentikation, Nachrichtenauthentizität und Integrität durch elektronische Unterschriften, Nachrichtenvertraulichkeit, Zugangssicherung sowie Sicherheitsmanagement. Eine Herausforderung bei der Implementierung von Sicherheitsfunktionen ist die große Vielfalt der Netze, Übertragungsprotokolle sowie der Endgeräte mit ihren Betriebssystemen und unterschiedlicher Anwendungssoftware. Daher kann es kaum einheitliche technische Lösungen für Authentikations-, Zugangssicherungs- und Vertraulichkeitsfunktionen geben. Dies ergibt sich insbesondere aus der Forderung, Sicherheitsfunktionen möglichst anwendungsnah zu realisieren. Allerdings ist es durchaus möglich, einzelne Sicherheitskomponenten zu modularisieren und für den Einsatz bei unterschiedlichen Anwendungen entsprechend zu konfigurieren. Hierzu gehören vor allem Komponenten des Schlüsselmanagements wie die Chipkarte für die Aufbewahrung und Verarbeitung persönlicher Schlüsselinformationen, sowie zentrale Dienstleistungsfunktionen für die Schlüsselverwaltung.