

Mobile und drahtlose Kommunikation - Stand und zukünftige Entwicklungen -

Bernhard H. Walke,
Kommunikationsnetze, Fachbereich Elektrotechnik, RWTH Aachen,
Email: walke@ComNets.RWTH-Aachen.de

1. Potentiale von Mobilkommunikation und persönlicher Kommunikation

Informations- und Kommunikationstechnik befriedigen wie das Auto Elementarbedürfnisse der Menschen und werden deshalb auch in Zukunft erhebliche Nachfrage und viele neue Produkte erzeugen. Besonders hohe Bedeutung wird der drahtlosen Kommunikation als Zugangstechnik zu Festnetzen zugemessen, denn Kommunikation über Kabel schränkt ihre Nutzung erheblich ein. Die Verbesserung von Übertragungstechniken (Modulation, Codierung, Synchronisation, Entzerrung, Interferenzunterdrückung usw.) und der Empfindlichkeit der Empfänger wird den gerade beginnenden Durchbruch drahtloser Systeme erheblich verstärken. Heutige Beschränkungen der Dienstgüte (Durchsatz, Verzögerung, Bitfehlerhäufigkeit, usw.) werden überwunden werden. Die zukünftige Kommunikation im teilnehmer-nahen Bereich wird, wo immer vorteilhaft, drahtlos sein wie aus Bild 1 ersichtlich ist.

Dort sieht man (oben), daß ein mobiles Satellitensystem (z.B. Iridium: Regelbetrieb ab 11/1998, Orbitalhöhe 960 km) Teilnehmern an jedem Ort der Welt Zugang zum (dick gezeichneten) drahtgebundenen Kommunikationsnetz ermöglicht, indem eine erste Funkteilstrecke das handportable Gerät mit dem Satelliten und eine zweite Funkstrecke einen Satelliten des gesamten Systems, der evtl. über optischen bzw. Mikrowellen-Richtfunk zwischen den mobilen Satelliten erreicht wird, mit einer Bodenstation verbindet, die Festnetzzugang hat. Der Satellit kann auch Funkbasisstationen an das Festnetz anschließen, die in einem eigenen Frequenzband einen Funkversorgungsbereich zum Anschluß mobiler oder ortsfester Terminals betreibt (vgl. Schwellenland bzw. Pannenhilfe).

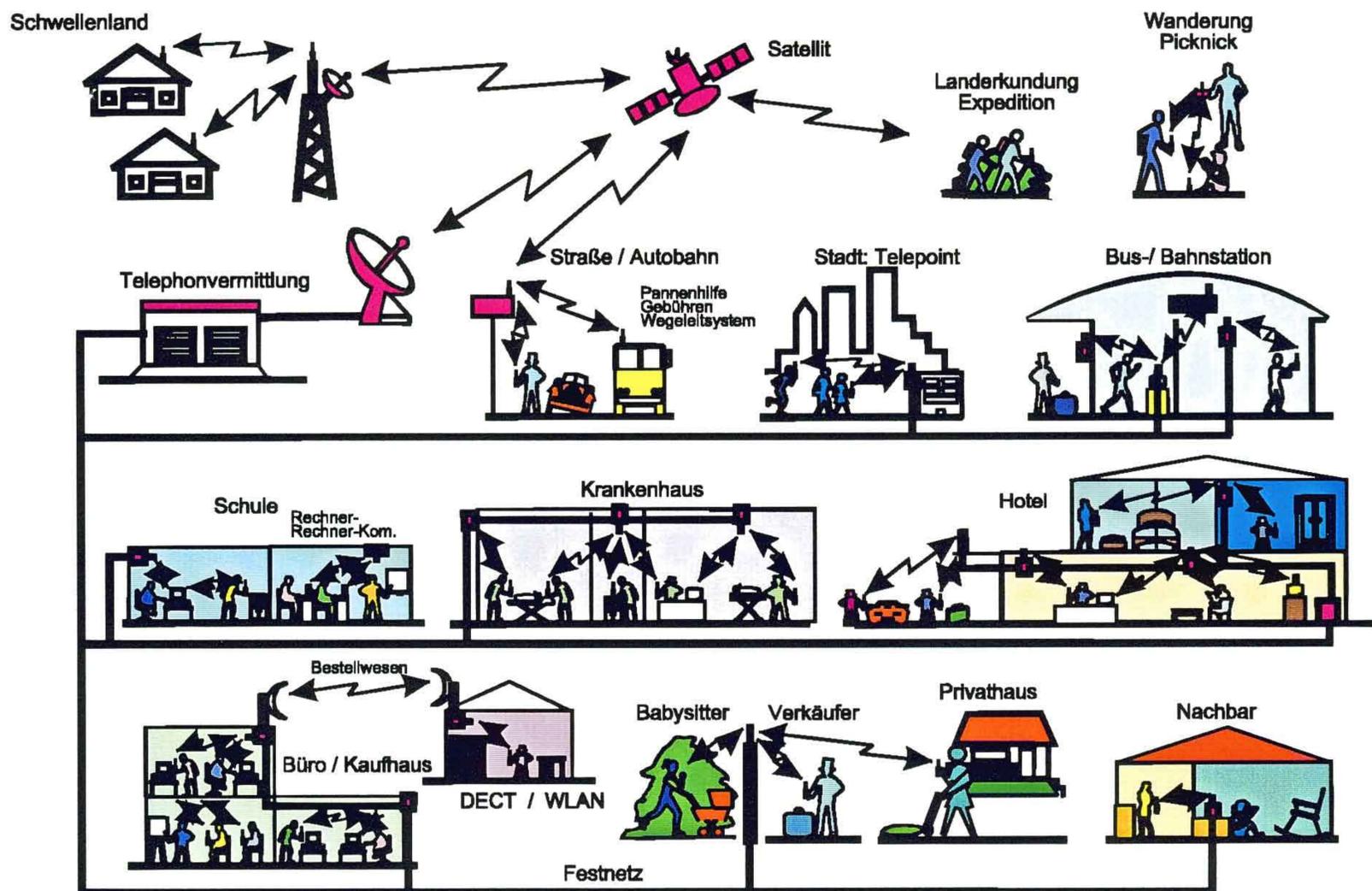


Bild 1: Drahtlose Kommunikation überall

Mikro-Funkbasisstationen mit Antennen in Gebäuden in ca. 3 m Höhe und außen (5 m) können kleine Mikro- bzw. Picofunkzellen versorgen, um in Ballungsgebieten hoch zivilisierter Länder Mobilterminals drahtlos an das Festnetz anzuschließen (vgl. Telepoint, Bus-/Bahnstation, Hotel). Schnurlossysteme, bei denen die Leitung zwischen Telekommunikations-Terminal und Handgerät bzw. Monitor durch eine Funkstrecke ersetzt ist, sind dabei, kabelgebundene Systeme abzulösen. Das ist bei Telefonen schon

weit fortgeschritten, bei Datenendgeräten (PC, Fax) beginnt dieser Prozeß gerade. Solche Picozellularen Netze erreichen trotz sehr begrenzt verfügbarem Frequenzspektrum eine sehr hohe Verkehrskapazität – gemessen in Verbindungen/(Flächeneinheit * Frequenzbandbreite) - vergleichbar der von heutigen Kabelnetzen.

2. Festnetze und ihre Terminals

Bild 2 zeigt Telekommunikationsnetze (z.B. ISDN und Breitband-ISDN), die für Sprach- und Datenkommunikation benutzt werden und dabei die drahtgebunden oder drahtlosen Terminals in den Firmen und Privathäusern untereinander verbinden. Beispielsweise ist dafür eine Nebenstellenanlage (PABX) zum Anschluß von Telefonen und ein Router für den Anschluß von Datenendgeräten nötig, der die Datenpakete der verschiedenen angeschlossenen Terminals im Zeitmultiplex über ein Telekommunikationsnetz wie ISDN oder B-ISDN. Der Datenteilnehmer sieht u.U. nur das Internet (TCP/IP) als Übertragungssystem. Es wird unter Nutzung von Übertragungswegen von Telekommunikationsnetzen realisiert.

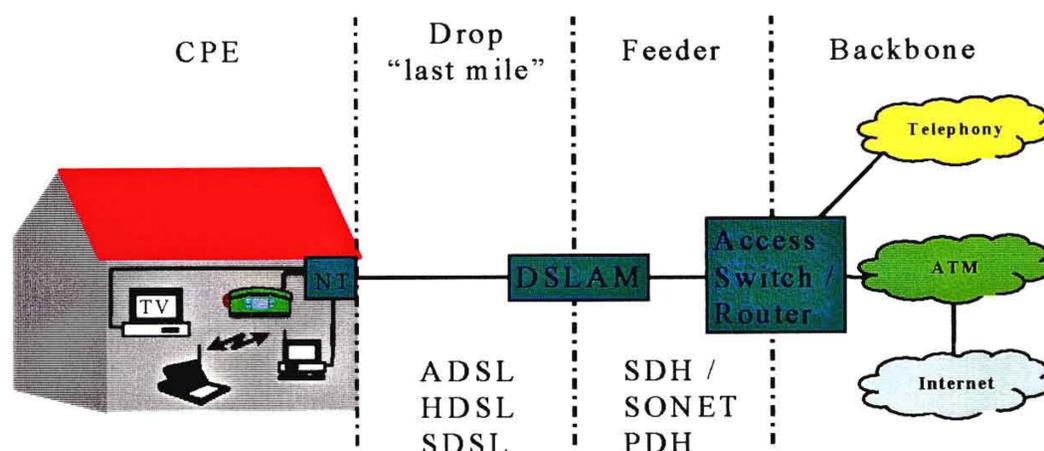
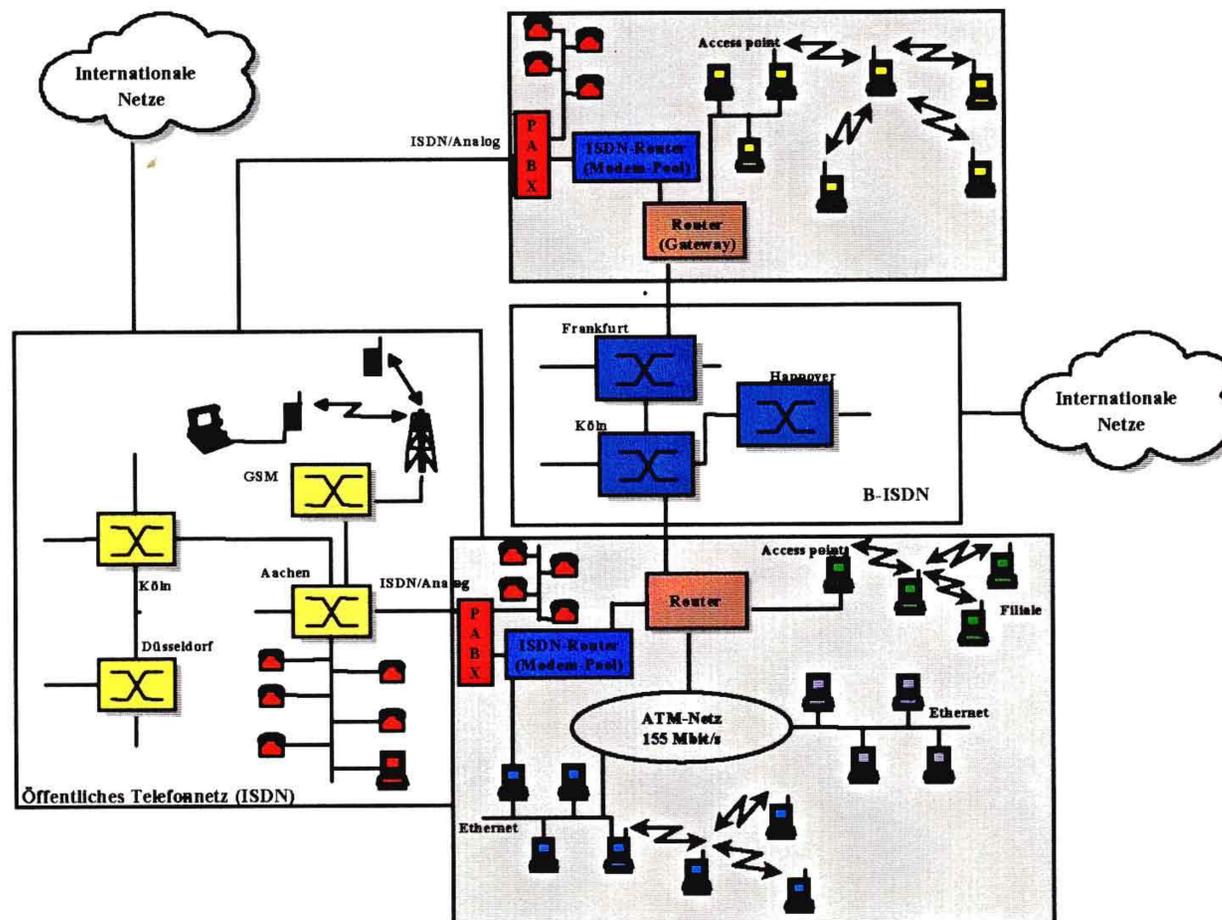
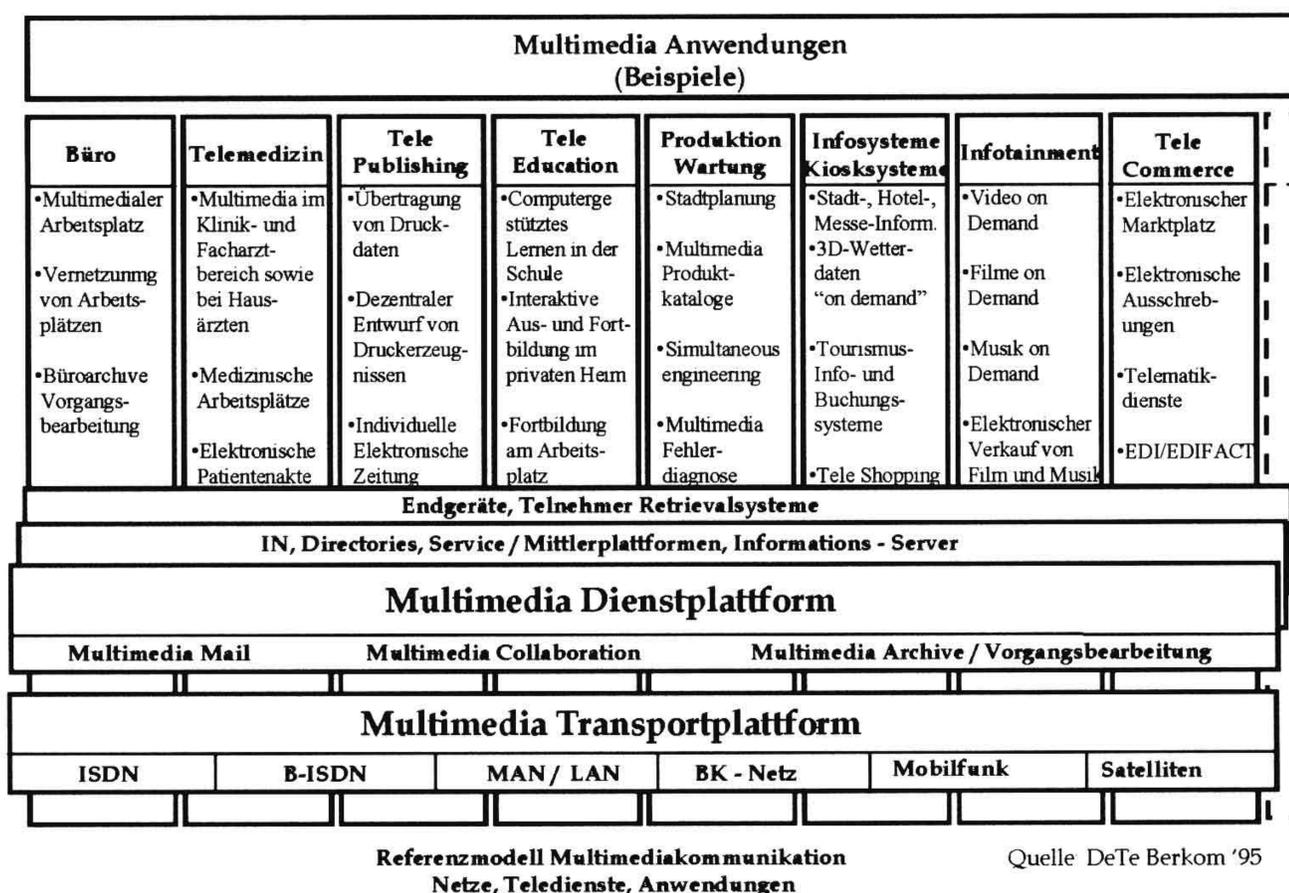


Bild 2: Telekommunikationsnetze mit Vermittlungsknoten, Routern und Terminals

Bild 3: Schematische Darstellung von Breitbandübertragung auf der Teilnehmeranschlußleitung
 Die Teilnehmer-Anschlußleitung im Telekommunikationsnetz, vgl. ISDN in Bild 2, hat am Basisanschluß eine Übertragungsrate von 2 x 64 kbit/s, die in vielen Fällen ausreicht, um neben Sprache auch Daten zwischen Rechnern zu übertragen. Seit kurzem werden im Teilnehmeranschlußnetz der Festnetzbetreiber auch sog. Modems angeboten, die nach ADSL (asynchronous digital subscriber line) Standard übertragen. Sie erlauben auf der zweidrähtigen Teilnehmeranschlußleitung mit z.B. 6 Mbit/s zum Teilnehmer und 650 kbit/s zurück zum Netz zu übertragen und dabei unsymmetrische Kommunikationsdienste wie im Internet üblich, zu unterstützen, vgl. **Bild 3**. Die Teilnehmeranschlußleitung endet an der Ortsvermittlungsstelle (der ersten Vermittlung des Telekommunikationsnetzes). Die genannten hohen Datenraten sind im ISDN nicht verfügbar, das maximal 2 Mbit/s anbietet, sondern erfordern ein B-ISDN im Fernbereich, mit entsprechenden Kosten. Deshalb beschränkt man sich bei mittleren und kleinen Firmen für den Anschluß der PABX und von Routern an das Telekommunikationsnetz meist auf Übertragungsraten von 2 Mbit/s. Die Terminals im Teilnehmerbereich können drahtgebunden bzw. drahtlos angeschlossen werden.

3. Anwendungen für moderne Kommunikationsnetze

Beispiele für Multimedia-Anwendungen, die typischerweise auf Arbeitsplatzrechnern ablaufen und als Multimedia Plattform u.a. Standarddienste wie Elektronische Post (email), Internet Browsing (Datenbanksuche im Internet) unterstützen zeigt **Bild 4**. Diese Arbeitsplatzrechner sind durch Kommunikationsnetze verbunden, z.B. ISDN, Breitband-ISDN, stadtweite (metropolitan area, MA) und lokale (local area, LA) Netze (networks, N), Breitbandkommunikationsnetze (BK, z.B. ADSL, koaxialkabel oder glasfaserbasiert) und seit kurzem auch über Mobilfunk.



Prof. Dr.-Ing. B. Walke

Das Internet

Multimedialer Wirtschaftsmotor? Droge? Kolonialisierungsinstrument?

Bild 4: Multimedia(MM)-Anwendungen auf MM-Plattformen verkehren über MM-Transportnetze

4. Drahtlose und mobile Kommunikationsnetze

Drahtlose Netze gewinnen zunehmend an Bedeutung, weil die Endgeräte unabhängig vom Festnetzanschluß nutzbar werden und hindernde Kabel entfallen. **Bild 5** zeigt die Zukunftsvision die bei der Standardisierung in Europa verfolgt wird. Alle drahtlosen Systeme werden als Zugangsnetze zu einem Festnetz Kern angesehen, der alle Netzfunktionen (NSS= Network and Switching Subsystem, IN= Intelligent Network, TINA= Telecommunications Intelligent Network Architecture) und Dienste wie ISDN (Integrated Services Digital Network), Internet-TCP/IP (Transport Control Protocol/Internet Protocol) verfügbar hat, um drahtlose Zugangsnetze wie GSM BSS (Global System for Mobile communications

Base Station Subsystem), DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), S-PCN (Satellite Personal Communications Network), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), MBS

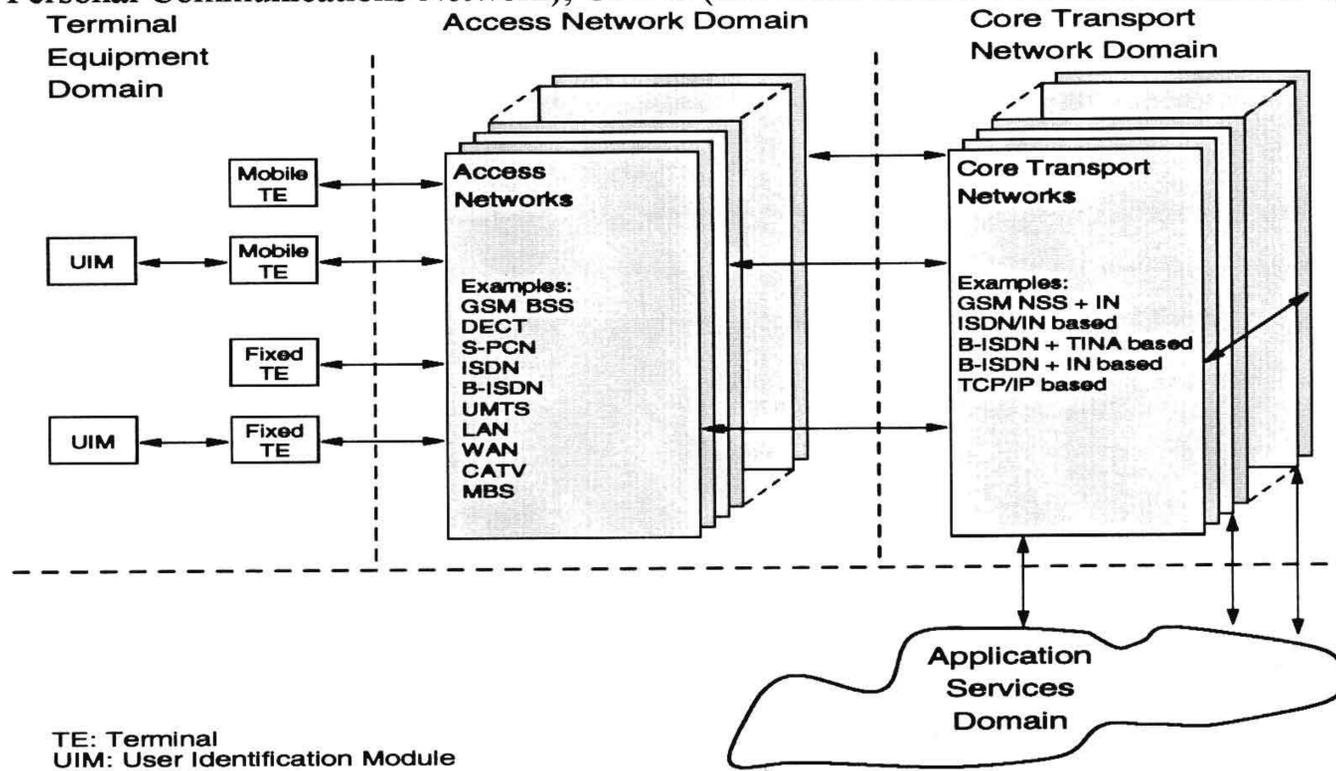


Bild 5: Global Multimedia Mobility Architecture des ETSI (European Telecommunications Standardization Institute)

(Mobile Broadband System) und drahtgebundene Zugangsnetze (LAN/WAN= Local/Wide Area Network, CATV= Cable Television) zu unterstützen. Die genannten Systeme sind in [Wa98] im Detail beschrieben. Die in Bild 5 gezeigte Architektur des weltweiten "Kommunikationsgebäudes" für eine globale mobile Multimedia-Kommunikation deckt nicht nur Sprach- sondern auch jede Art von Datenkommunikation einschließlich der Verteilkommunikation (Rundfunk, Fernsehen) ab.

Man kann man folgende, in ihrem Dienstangebot z.T. überlappende Mobilfunknetze unterscheiden:

- europaweiter öffentlicher Zellularfunk für Sprach- und Datenkommunikation geringer Übertragungsrate (GSM900- und GSM1800-Netze)
- Bündelfunk (Professional Mobile Radio, PMR), d.h. Sprech- und Datenfunk für Gruppenkommunikation mit kleiner Bitrate für kommerzielle und behördliche Nutzer, z.T. nur regional
- Funkruf, ein Benachrichtigungsdienst mit begrenzter Meldungslänge, europaweit
- Schnurlos-Telekommunikation, wobei die Leitung zwischen Telefonapparat und Handgerät durch Funkübertragung ersetzt wird, mit Reichweiten von 50 m in Gebäuden und 300 m ausserhalb
- Mobiler Satellitenfunk, ein weltweiter Dienst über geostationäre bzw. niedrig (100-15000 km) fliegende Satellitensysteme für Sprach- und Datenkommunikation kleiner Bitrate
- Drahtloser Breitbandfunk im Nahbereich (< 200m) einer Basisstation mit hoher Bitrate ≤ 25 Mbit/s

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) wird als zelluläres Mobilfunksystem der 3. Generation die terrestrischen Dienste Zellularfunk, Bündelfunk, Funkruf, Schnurloskommunikation in ein System mit reichweiteabhängiger Dienstgüte integrieren und wird auch das Raumsegment (mobiler Satellitenfunk) abdecken.

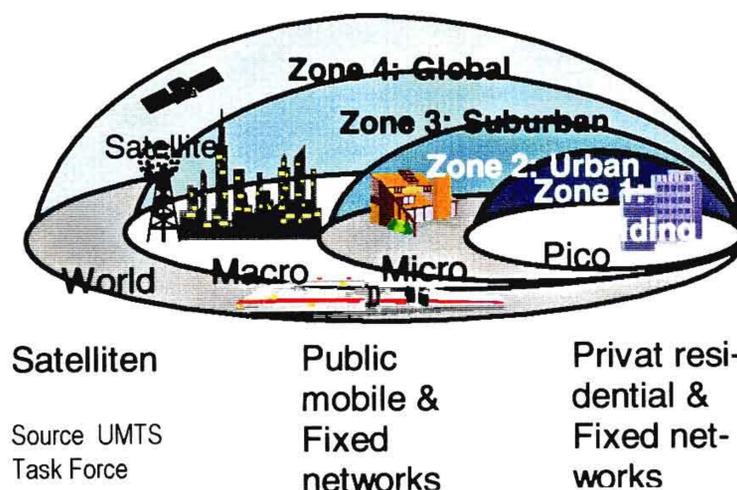
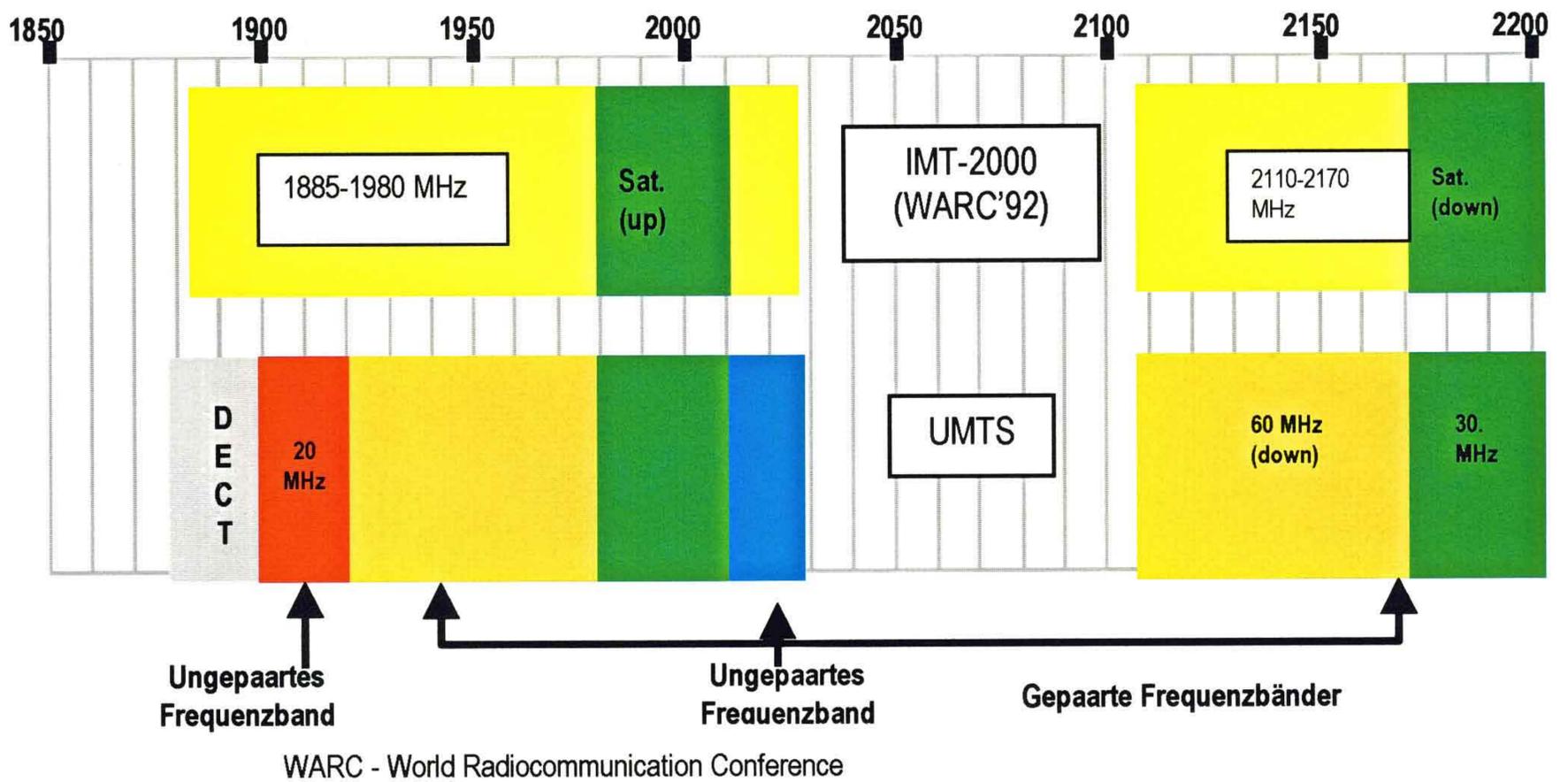


Bild 6: UMTS beinhaltet neben einer terrestrischen Komponente auch eine Satellitenkomponente.



Wichtige Funksysteme und ihre Lage im Spektrum

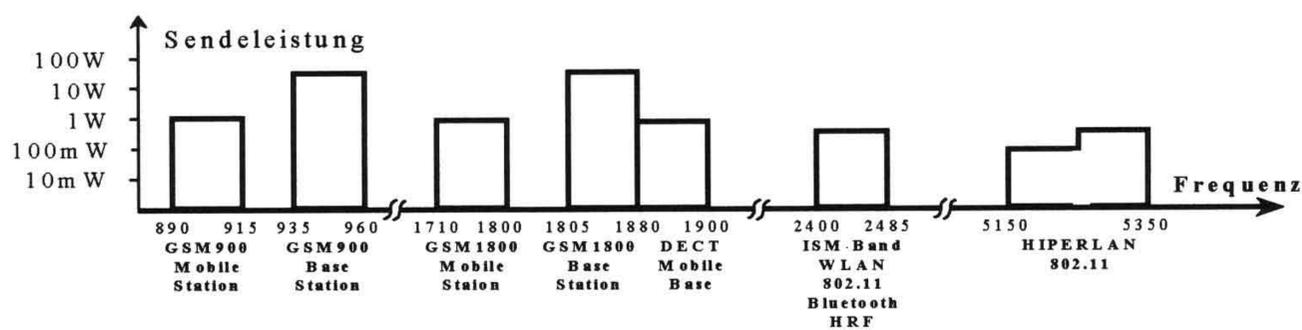


Bild 7: Spektrale Lage interessanter Mobilfunksysteme

5. Funkwellen, Frequenzen, Bandbreiten und Funkfelddämpfung

Die Lage der genannten Mobilfunksysteme im Funkpektrum ist in **Bild 7** zu sehen (UMTS liegt zwischen 1880 und 2200 MHz). Neben der sogenannten Bandbreite, die für das jeweilige System europä- bzw. weltweit reserviert ist, interessiert auch die abgestrahlte Leistung in Watt, bzw. Milliwatt. Die Leistung ist für die erzielbare Reichweite verantwortlich.

Drahtlose Terminals benötigen eine gute Funkversorgung, um den Weg zwischen Antenne des Terminals und Funkbasisstation, die typischerweise den Zugangspunkt (Access Point, AP) zum drahtgebundenen Festnetz herstellt, mit Hilfe elektromagnetischer Wellen zu überbrücken. **Bild 8** zeigt ein Beispiel für eine Etage eines Hauses, wobei die Farben die Feldstärke am jeweiligen Ort wiedergeben. Rechts neben dem Bild ist die Bedeutung der Farben zu sehen. Bei Unterschreiten eines Pegels am Empfänger, der hier tiefrot gezeichnet ist, wird die Funkstrecke unzuverlässig und es treten zu viele Übertragungsfehler auf. Es ist anzumerken, daß die Funkenergie, die für die Ausleuchtung der gezeigten Etage benötigt wird, weniger als die Energie einer Streichholzflamme ausmacht, d.h. unter 200 mW liegt.

Es wird immer wieder diskutiert, ob Funkwellen biologische Störungen hervorrufen. Für eine mögliche Schädigung des menschlichen Gewebes ist allein die Wärmeerzeugung in Kombination mit einem Wärmestau maßgeblich. Die Funkwellendämpfung ist frequenzabhängig und für Gewebeschäden ist vor allem die Absorption in Wasser von Interesse. Aus **Bild 9** sieht man, daß Nebel bzw. Wasserdampf (H₂O) eine erhebliche und frequenzabhängige Zusatzdämpfung der Funkwellenausbreitung verursacht.

Sie ist besonders hoch bei hohen Frequenzen um 24 GHz. Um bei tieferen Frequenzen eine hohe Energieaufnahme zu erreichen, muß mit entsprechend hoher Leistung gesendet werden, z.B. mit ca. 1 kW bei Mikrowellenöfen. Drahtlose und mobile Kommunikationssysteme sehen bei Terminals Leistungen von um 1 Watt, also einem Tausendstel.

Attenuation

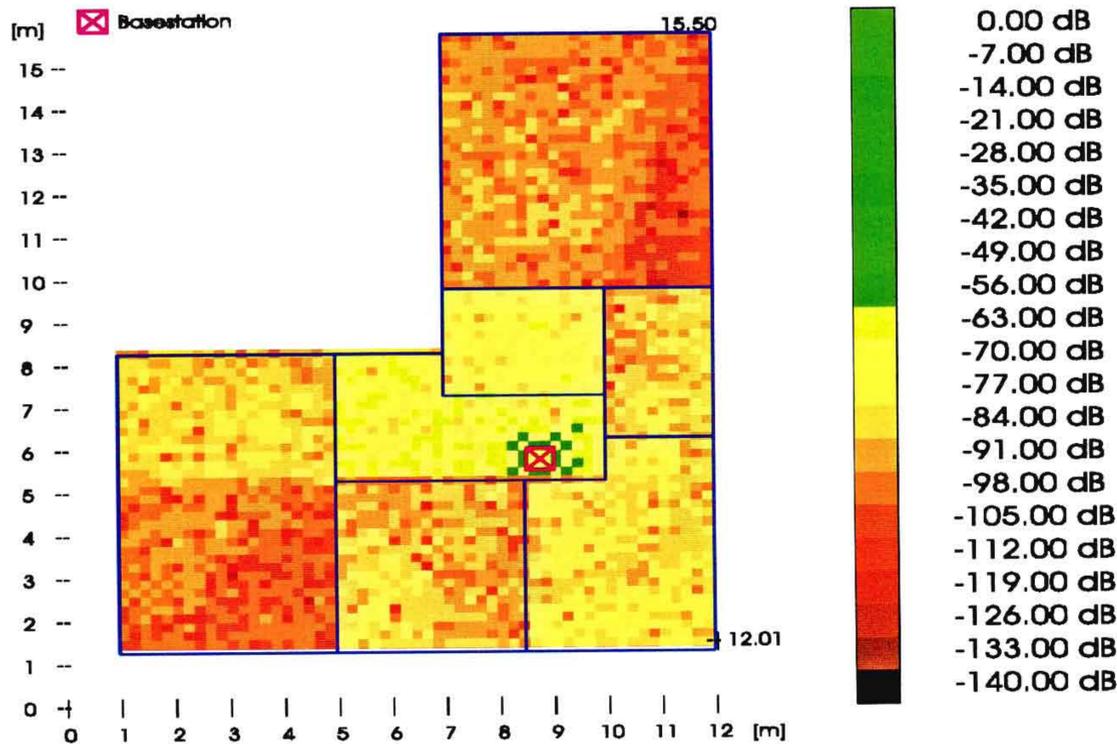
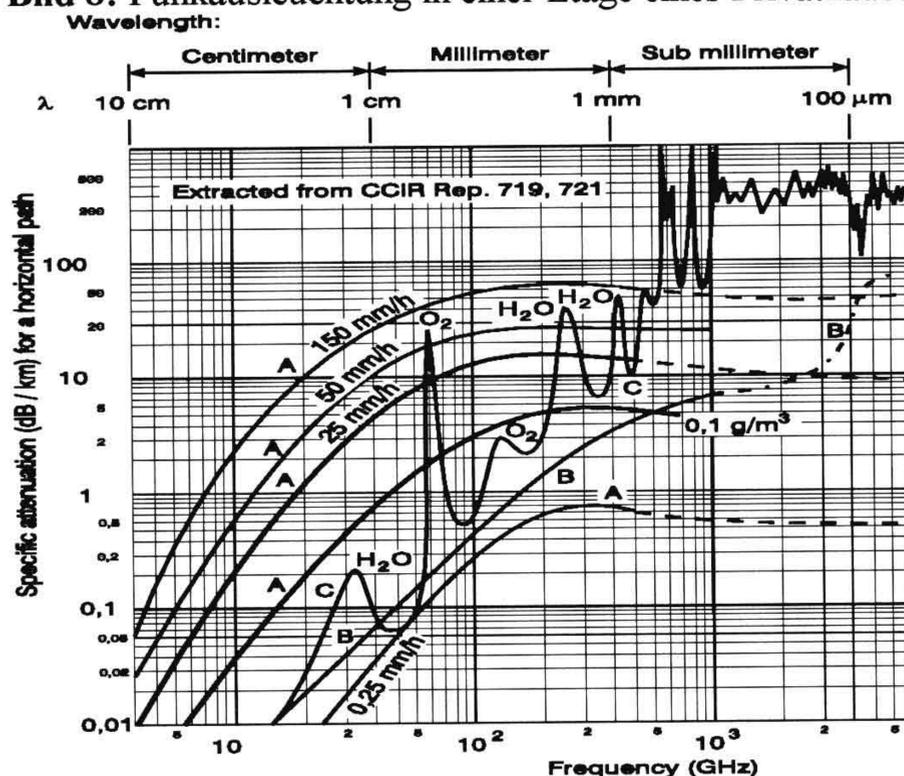


Bild 8: Funkausleuchtung in einer Etage eines Privathauses



Attenuation due to gaseous constituents and precipitation for transmission through the atmosphere

Pressure: Sea level: 1 atm (1013.6 mbar) A: Rain
 Temperature: 20°C B: Fog
 Water vapor: 7.5 g/m³ C: Gaseous

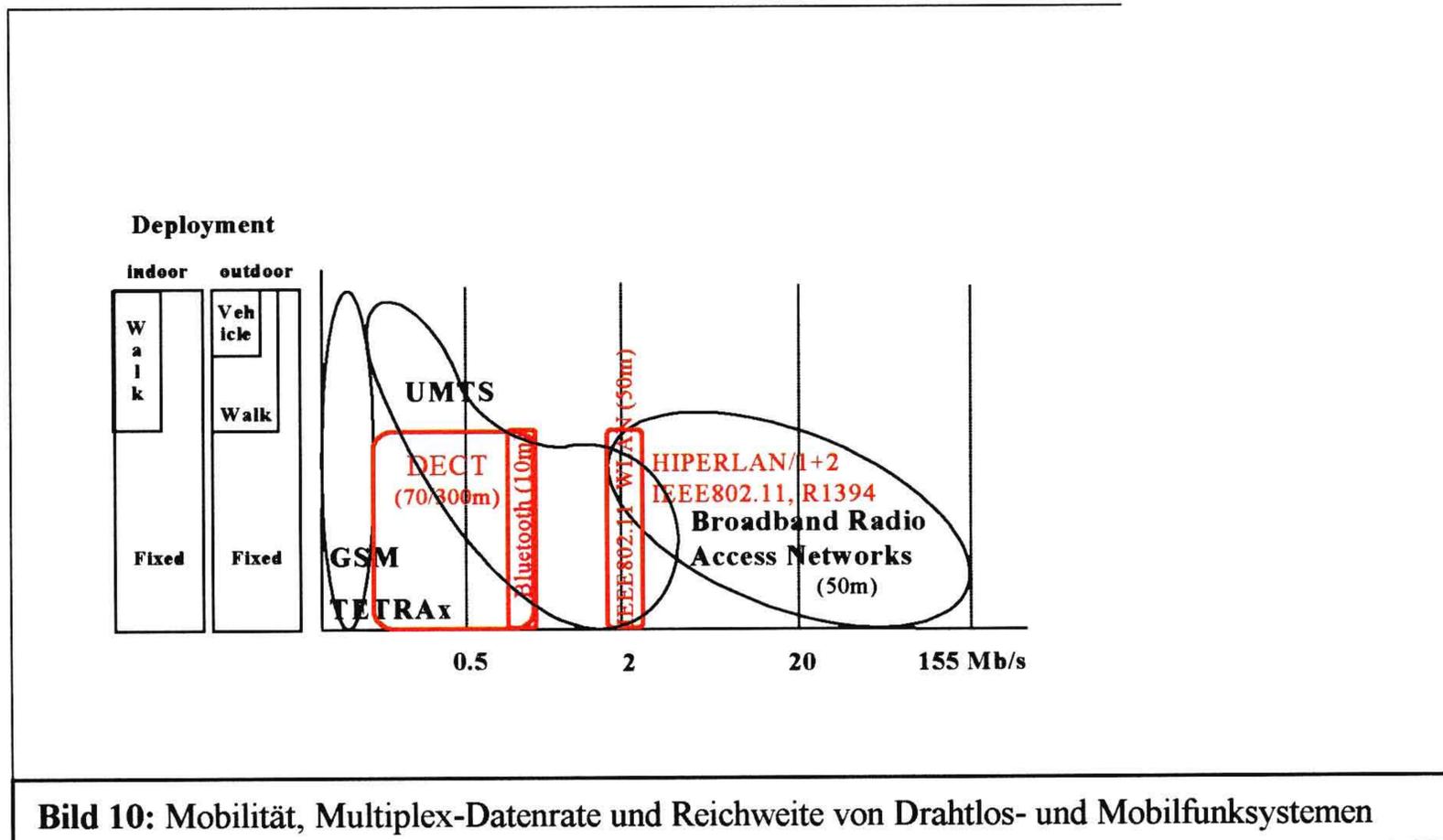
Attenuation due to rain, gases and fog.

Bild 9: Funkdämpfung über der Frequenz in Luft, Gasen und Wasserdampf

6. Unterscheidung drahtloser bzw. mobiler Netze nach Kapazität und unterstützter Mobilität
 Drahtlose Funknetze sind für ortsfeste oder gelegentlich langsam bewegte Terminals gedacht. Wie man in **Bild 10** sieht, gehören die Systeme DECT, Bluetooth, und alle drahtlosen lokalen Netze (wireless LANs) in diese Klasse. Mobile Funknetze wie GSM, TETRAx, UMTS erlauben dagegen hohe Bewegungsgeschwindigkeiten, sind bei hoher Geschwindigkeit aber bisher auf relativ kleine Multiplexübertragungsraten der Funkschnittstelle beschränkt. Die Funkschnittstelle steht gleichzeitig mehreren (evtl. vielen) Terminals für Kommunikation zur Verfügung, weshalb die Terminals sich die Multiplexrate des jeweiligen Systems teilen müssen. Dafür sind

entsprechende Zugriffsprotokolle (Medium Access Control, MAC) standardisiert.

Auf die Beschreibung von GSM, TETRA_x, DECT und UMTS wird hier verzichtet, vgl. [Wa98]. Seit kurzem sind drahtlose LANs von besonderem Interesse, die im folgenden genauer vorgestellt werden.



7. Drahtlose Lokale Netze (wireless LANs)

Seit Sommer 1999 besteht der Standard Bluetooth 1.0, der ähnlich wie IEEE802.11 arbeitet, jedoch den Schwerpunkt auf eine besonders kleine Sende-/Empfangseinheit (transmitter/receiver, transceiver) legt und deshalb nur etwa 10 m Reichweite hat. Bluetooth ist für die drahtlose Verbindung von Mobilterminals mit ortsfesten nahen Terminals (PC) gedacht, jedoch wird an weiteren Anwendungen gearbeitet. Mit einer Multiplexdatenrate an der Funkschnittstelle von 700 kbit/s eignet sich das System eher für Anwendungen mit seltenem Datenaustausch meist kleinen Umfangs.

Seit 1997 besteht der Standard IEEE802.11 für ein drahtloses LAN mit 2 Mbit/s Funk-Übertragungsraten im ISM-Band (Industrial, Scientific, Medical) bei 2.4 GHz. Da dort beliebige nicht lizenzierte Systeme betrieben werden dürfen, ist eine ausgefeilte Übertragungstechnik erforderlich, um trotz Störungen der Funkübertragung durch Systeme am gleichen Ort (z.B. Mikrowellenöfen) eine zuverlässige Übertragung zu gewährleisten. Das System benutzt Codespreiztechniken, um eine kleine Bitfehlerwahrscheinlichkeit und den standardisierten Durchsatz zu erreichen. Besonders gut gelingt das, wenn die zu übertragenden Datenpakete groß sind, z.B. 2 kbyte. Pakete dieser Größe sind für Internetanwendungen typisch. Der Standard erlaubt zukünftig den Betrieb von selbst organisierenden Drahtlosnetzen (ad hoc Netzen), bei denen sich die Terminals beim Einschalten oder genügender Annäherung an das Funknetz zu einem Kommunikationsnetz logisch zusammenschließen können. Dann kann jedes Terminal mit jedem anderen über Funk kommunizieren und dabei auch einen Festnetz-Zugangspunkt (Access Point, AP) erreichen, um mit anderen ortsfesten oder drahtlosen Terminals am Festnetz zu kommunizieren.

8. Zukünftige Entwicklungen von Drahtlossystemen

Der erwartete Erfolg solcher Systeme hat zu Anstrengungen geführt, Drahtlossysteme mit deutlich größerer Multiplexrate zu entwickeln und zu standardisieren, um vergleichbare Übertragungsraten wie im B-ISDN üblich für drahtlose Terminals verfügbar zu machen. Zur Definition und Realisierung des Mobile Broadband System (MBS) – in Bild 5 als W-ATM¹ unter "Broadband Radio" eingeführt – hat der Autor mit seiner Forschungsgruppe als Mitinitiator und Leiter der Systemgruppe des Europäischen Projektes RACE II/MBS wesentlich beigetragen. Die seinerzeit entwickelten Konzepte werden heute im BMBF-Projekt ATMmobil in Deutschland und im ACTS Programm der Europäischen Union (SAMBA, WAND, MEDIAN) unter der Be-

¹ Asynchronous Transfer Mode (Breitband-Übermittlungstechnik, z.B. im Glasfasernetz)

zeichnung MBS weiterentwickelt. **Bild 11** zeigt die jeweils erreichte Mobilität und Multiplex-Bitrate der Systeme im Vergleich.

Unter der Projektbezeichnung ATMmobil wird das in **Bild 12** gezeigte System entwickelt, das für vier verschiedene Anwendungen gedacht ist.

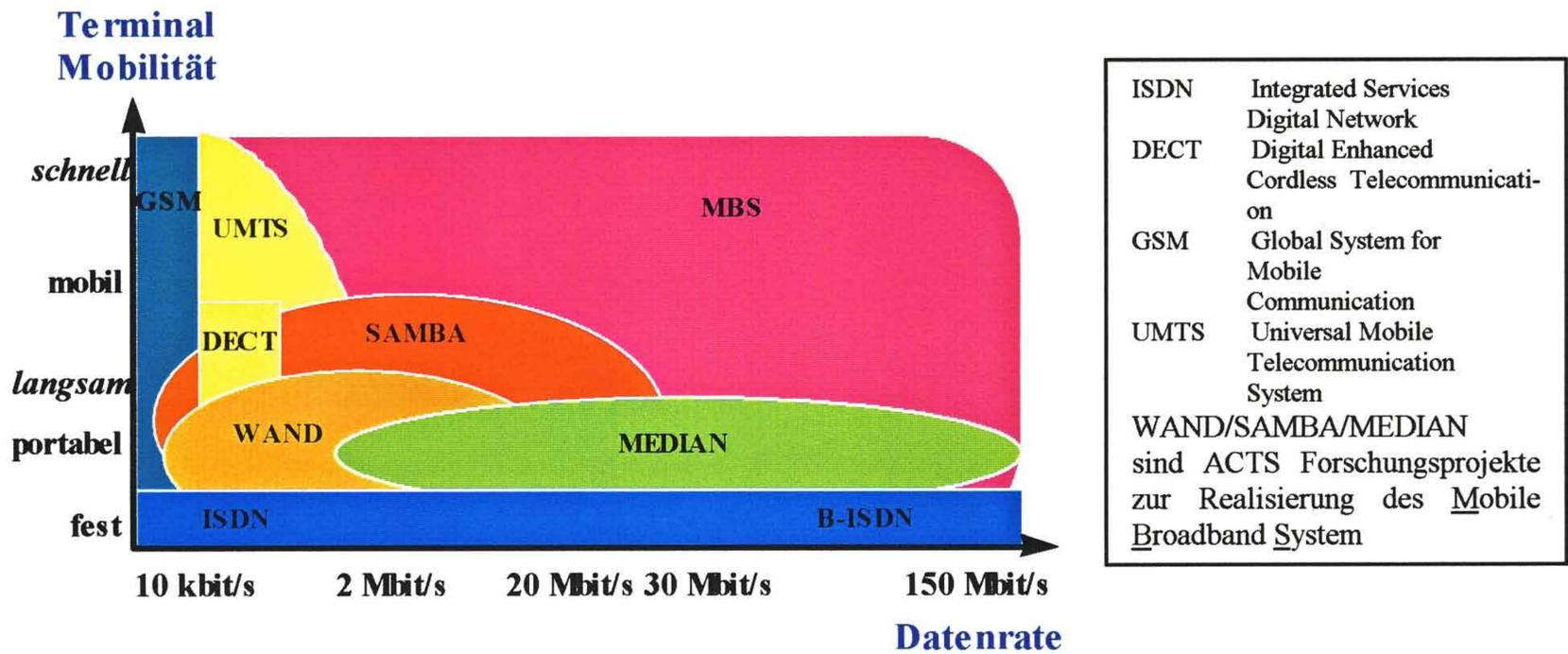


Bild 11: Bestehende Kommunikationsnetze und Projekte für zukünftige Drahtlos-/Mobilfunknetze

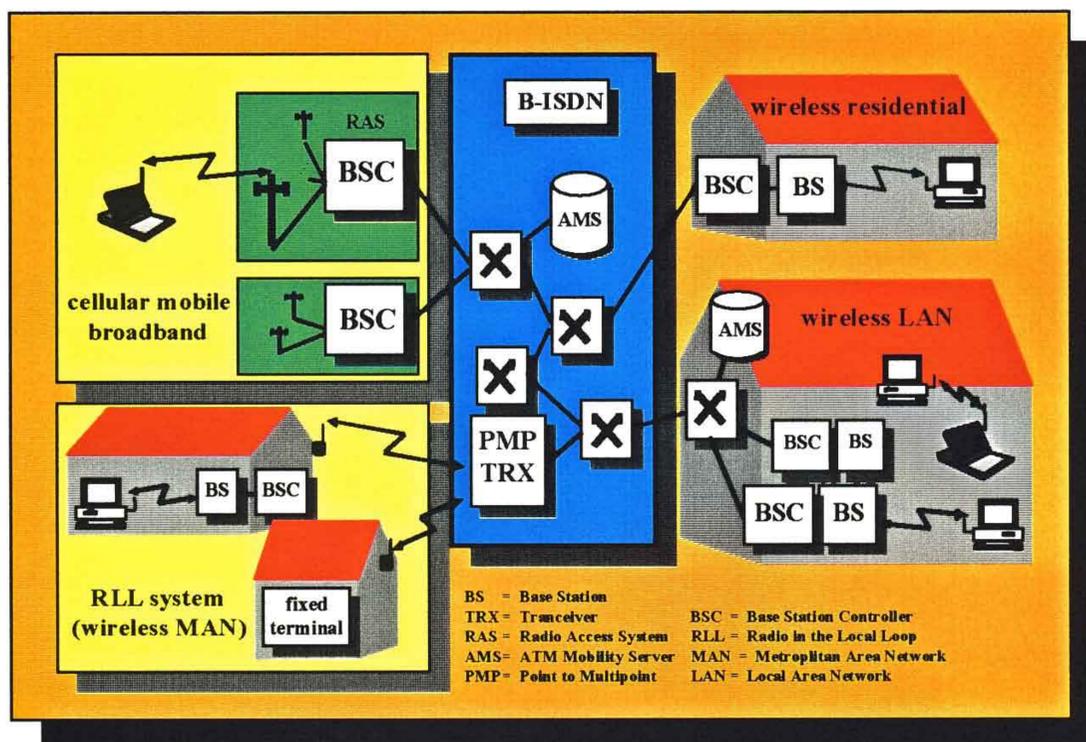


Bild 12: Vier Ausprägungen von mobilen Breitbandsystemen (Mobile Broadband Systems, MBS)

8.1 MBS Systemkonzepte

Prototypische drahtlose Breitbandsysteme (MBS) mit ATM- oder anderer Übertragungstechnik sind für verschiedene Anwendungsgebiete denkbar, wobei auch echtzeitbedürftige Anwendungen unterstützt werden können. **Bild 12** zeigt schematische Darstellungen von Systemen, deren Einführung in etwa 2 bis 4 Jahren erwartet werden. An ihrer prototypischen Entwicklung ist meine Forschungsgruppe aufgrund von Vorarbeiten [FeDe95, Pet95, WaPeP196, MaLo98, KrScLo98, HeVo98, Wa98] in Industriekooperationen für die Entwicklung der Funkschnittstelle und aller mobilitätsbezogenen Protokolle in den Projekten ATMmobil und SAMBA beteiligt; daneben arbeiten wir bei der ETSI-Standardisierung mit.

Die nachfolgend kurz vorgestellten MBS-Systeme (vgl. [Wa98b]) unterscheiden sich bzgl. der verfügbaren Dienste, der zulässigen Mobilität der Terminals und z.T. auch bzgl. der genutzten Medien und zugehörigen Trägerfrequenzen und Bandbreiten. Daraus resultieren unterschiedliche Übertragungsver-

fahren an der drahtlosen Schnittstelle. Für die Struktur der logischen Kanäle und die Zugriffsprotokolle wird eine skalierbare, einheitliche Lösung angestrebt, obwohl sehr unterschiedliche Anwendungsbereiche abgedeckt werden sollen, von der Unterhaltungselektronik (geringe Dienstgütereigenschaften, billige Drahtlostechnik) bis zur Studientechnik [ETSI_RES]. Alle gezeigten Varianten des MBS gehen von einer zentralen Steuerung der Nutzung der Funkschnittstelle in der Umgebung einer Basisstation aus.

8.1.1 Zellulares MBS-System

Links oben in **Bild 12** ist ein zellulares MBS-System gezeigt, das für Orte hoher erwarteter Teilnehmerdichte (Sportstätten, Verkehrsknotenpunkten, Labors usw.) geeignet ist. Der technologische Stand erlaubt funkgestützte, zellulare, mobile Breitbandssysteme mit 34 Mbit/s Multiplexdatenrate an der Funkschnittstelle für mobile Multimedia-Terminals zu realisieren. Ein Demonstrations-System mit Anschluß an eine ATM-Vermittlung wurde unter unserer Beteiligung entwickelt und im Herbst 1998 auf der Expo '98 in Lissabon und der CeBit'99 gezeigt. Das Mobilterminal kommuniziert mit der Basisstation (BS) über Funk mit bis zu 34 Mbit/s Übertragungsrate bei 40 GHz und ist zur Zeit noch ca. 20 kg schwer. Im Projekt BRAIN des EU/IST-Programms EU wird ein solches öffentliches System entwickelt.

8.1.2 Drahtloses MBS-LAN für Multimedia im Industrie-, Labor- und Privatbereich

Im Internet übliche Anwendungen werden heute meist über ein lokales Netz (LAN) erreicht. Zukünftig wird der drahtlose Anschluß bewegbarer (movable) Arbeitsplatzrechner angestrebt, um Flexibilität bzgl. Raum und Aufstellungsort zu erreichen. Die Standardisierung hat 1997/98 Lösungen erarbeitet, die einen ersten Schritt in diese Richtung bedeuten, vgl. HIPERLAN/1 [ETSI_H1], WLAN 802.11 [IEEE802].

Multimedienetze stellen u.U. Echtzeitforderungen an das Übertragungssystem, die weder von HIPERLAN/1 noch von WLAN 802.11, noch vom heutigen Internet unterstützt werden. Neben bewegbaren Stationen sollen auch mobile Endgeräte möglich werden. MBS-LANs als private drahtlose Netze haben gegenüber solchen Lösungen den Vorteil, daß die ATM-Übertragungstechnik direkt bis zum Multimedia-Terminal geführt werden kann. Alternativ kann auch für Internetdienste ein gewünschtes Zeitverhalten garantiert werden, ohne daß ATM-Protokolle eingesetzt werden müssen. Dabei wird neben zentral gesteuert Kommunikation (Mobilterminal zu Basisstation BS) auch die direkte Kommunikation zwischen Terminals möglich sein, **Bild 12** rechts unten.

Ähnlich wie bei schnurloser Telefonie wird im Bereich der Konsumer-Elektronik mit Nachfrage nach kostengünstigen Drahtlostechniken für den Anschluß von interaktiven Multimedia-Terminals gerechnet. Interaktive Fernsehgeräte bzw. Multimedia-PCs sollen an beliebigen Standorten in der Wohnung betreibbar sein, frei von den Zwängen der Antennensteckdose, vgl. **Bild 12** rechts oben.

Drahtlose Multimedia MBS-Terminals werden auch in der industriellen Prozeßautomatisierung erwartet, wo Kabel besonders unerwünscht sind, vgl. **Bild 13**.

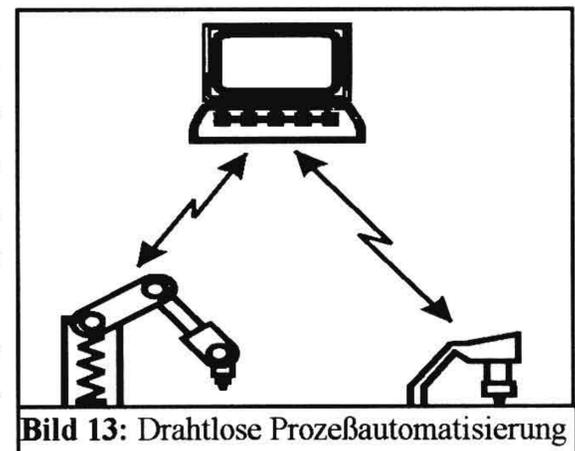


Bild 13: Drahtlose Prozeßautomatisierung

8.1.3 Drahtlose MBS-Zugangsnetze (ATM-RLL)

Neben der Nutzung hochbitratiger Übertragungsverfahren über bestehende verdrehte Zweidrahtleitungen nach dem Verfahren ADSL wird im Ortsnetz Nachfrage nach hochbitratiger drahtloser Übertragungstechnik erwartet. Dabei realisieren Basisstationen über Sichtlinien (Richtfunk) Punkt-zu-Mehrpunkt (PMP) Verbindungen mit 25 Mbit/s Multiplex-Datenrate zur Kommunikation vieler Terminals mit einer Basisstation (HIPERACCESS), die evtl. über Punkt-zu-Punkt Richtfunk (HIPERLINK) oder als Terminal einer nächsthöheren Hierarchiestufe von PMP-Systemen an die Ortsvermittlungsstelle des Festnetzes angeschlossen ist, vgl. **Bild 11** links unten.

ETSI  Broadband Radio Access Networks

Broadband Network Types

- HIPERLANs - 25 Mb/s
 - short range, "cordless", up to 200 m
 - indoor/campus
 - license exempt
- HIPERACCESS - 25 Mb/s
 - long range, up to 5 km
 - licenced and license exempt
 - residential, small/medium business access
- HIPERLINK - 155 Mb/s
 - interconnect HIPERACCESS & HIPERLAN
 - license exempt



10

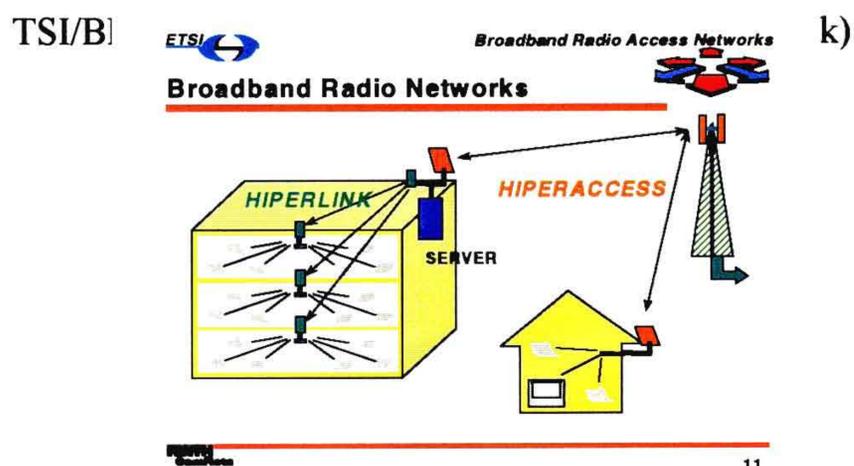


Bild 14 zeigt die wesentlichen Parameter der bei ETSI/BRAN in Standardisierung befindlichen Drahtlos-Systeme HIPERLAN/2, HIPERACCESS und HIPERLINK.

9. Selbstorganisierende adhoc Netze

Zur Erweiterung drahtloser Zugangsnetze werden *ad-hoc* Funknetze vorgeschlagen, falls kein Zugangspunkt (Access Point, AP) in Form einer Basisstation zum Festnetz in unmittelbarer Funkreichweite eines Terminals verfügbar ist. Solche Systeme organisieren sich selbst, sind fähig hinzukommende Terminals aufzunehmen bzw. zu entlassen und die Spektrumsnutzung effizient zu organisieren. Sie werden als Mobilfunksysteme der 4. Generation angesehen. Aus Gründen der Kompatibilität sollten die drahtlosen Stationen (Wireless Terminals, WT) idealerweise in Zugangsnetzen mit AP und in ad-hoc Netzen gleichermaßen betrieben werden können. Für Netze mit AP und für ad-hoc Netze sollten daher möglichst die gleichen Protokolle verwendet werden.

Nach [IEEE802] sind ad-hoc Netze unabhängig von einer Infrastruktur und bilden sich spontan für eine begrenzte Zeit und mit begrenzter Ausdehnung. Die Entstehung und die Auflösung von ad-hoc Netzen geschieht selbständig auf einfache Art und Weise.

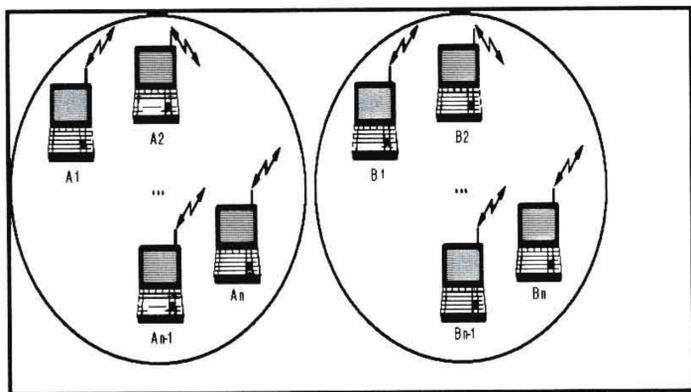


Bild 15.1: Unabhängige ad-hoc Netze

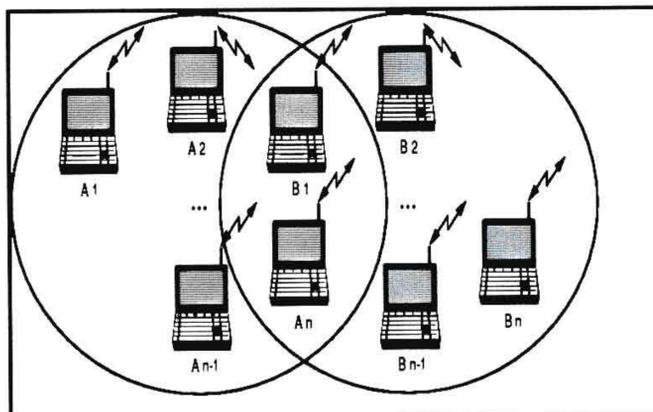


Bild 15.2: Überlappende ad-hoc Netze

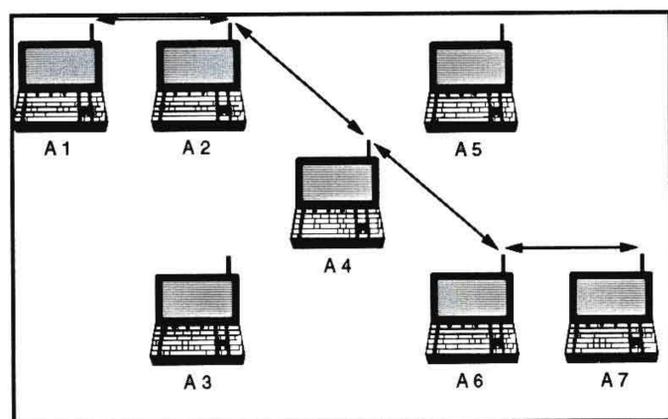


Bild 15.3: Multi-hop ad-hoc Netze

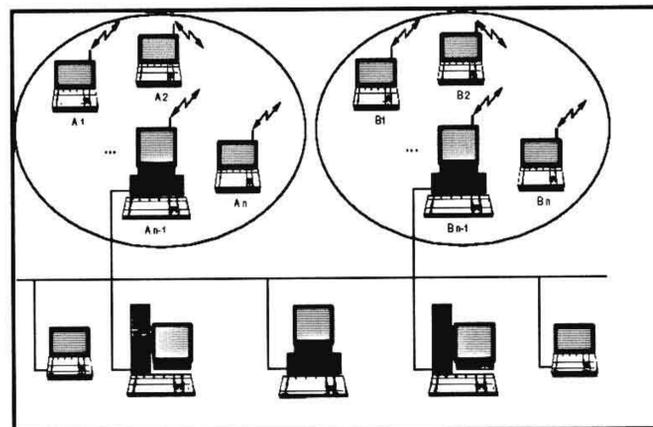


Bild 15.4: Zugang von ad-hoc Netzen zum Festnetz

Bei der Bildung von Netzen werden zwei grundlegende Netztopologien unterschieden: Die *vollvermaschte* Topologie, vgl. Bild 15.1 und 15.2, bei der jedes WT mit jedem anderen WT desselben Systems eine direkte Funkverbindung über eine Funkstrecke (Hop) aufbauen kann, und die *teilvermaschte* Netztopologie (Bild 15.3, 15.4), bei der eine Ende-zu-Ende Verbindung zwischen einigen WTs über eine Folge von Hops (d.h. Multihop) aufgebaut werden muß.

Bei der Art der Organisation können außerdem zwei grundlegende Netzkonzepte unterschieden werden, *zentral* und *dezentral organisierte* Netze.

Bei zentral organisierten Netzen wird das Zugriffsrecht auf die Funkschnittstelle von einer zentralen Station vergeben. Bei Initialisierung eines Netzes sind alle Stationen gleichrangig.

Die zentrale Station (central controller, CC) kann z.B. für einen möglichst optimalen Betrieb in Abhängigkeit der Signalstärken aller empfangbaren WTs dezentral ausgewählt werden, vgl. Bild 16. Die Station mit der größten Anzahl erreichbarer WTs wird dabei die zentrale Station.

Kann keine Station mit allen aktiven WTs kommunizieren, werden Teilnetze mit jeweils eigenständigen zentralen Stationen gebildet. Um diese Teilnetze zu verbinden, werden Forwarder eingerichtet, welche auf den Frequenzen der zu verbindenden ad-hoc Netze übertragen können. Haben zentrale Stationen direkten Funkkontakt, oder können WTs über den Forwarder erreicht werden, dann kann die Ende-zu-Ende Verbindung über 3 bzw. 2 Funkstrecken (Hops) realisiert werden.

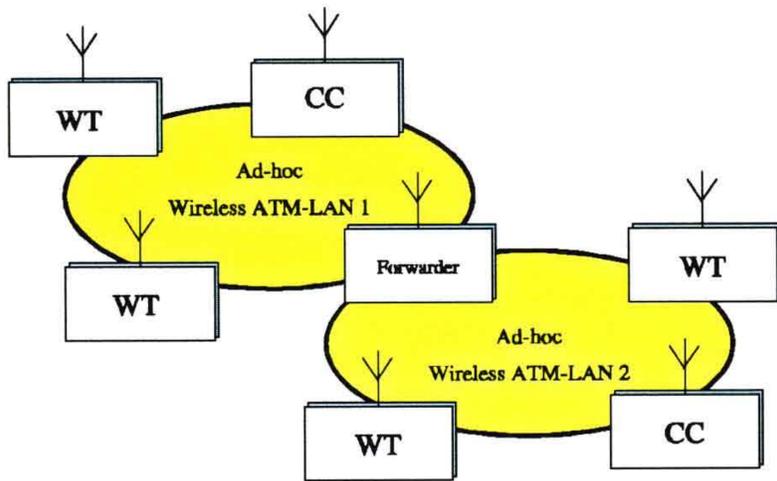


Bild 16: Verbindung von adhoc Teilnetzen durch Forwarder

gesteuerte (auch multihop) Drahtlossysteme in vielfältigen Anwendungsumgebungen sein und deshalb werden in diesen Bereichen erhebliche Forschungsarbeiten zu leisten sein. Die Mikro- und Nanotechnik wird Sensoren und Aktuatoren schaffen, die sehr klein ausgeführt sein können und in Kombination mit Sende-/Empfangseinrichtungen die Basis für viele neuartige Systeme bilden werden.

10.1 Körpernahe sensorbasierte Funkssysteme

Im MediaLab des MIT kann man Prototypen tragbarer (wearable) verteilter funkbasierter Systeme ansehen, die bzgl. der heute vorgestellten Anwendungen zwar noch wenig überzeugend aber allein aufgrund ihrer erwarteten Zukunft auch geeignete Anwendungen finden werden. Die Systeme können Teil der Bekleidung sein [MIT]. Hier sieht man, daß Sprach- und Datenkommunikation gleichermaßen bearbeitet werden.

Mein persönlicher Favorit ist ein "Tragbarer Schutzengel", ein selbstorganisierendes drahtloses System, das beliebig viele Sensoren mit zugehöriger Funkeinrichtung umfassen kann und als Teil von Gebrauchsgegenständen (Ring, Uhr, Brille, Schuh, Kleidung usw.) körfernah getragen werden kann, vgl. **Bild 17**. Die Sensoren messen medizinische Daten und übertragen sie gelegentlich, evtl. multihop, zu einem Rechner (server), der selbst tragbar als Teil eines Terminals oder ortsfest zu Hause ist. Das Programm auf diesem Rechner vergleicht die Meßwerte über Puls, usw. mit Normwerten und gibt Empfehlungen für das Eßverhalten, sportliche Betätigung, Kleidung, Urlaubsorte usw. die für mich besonders geeignet sind.

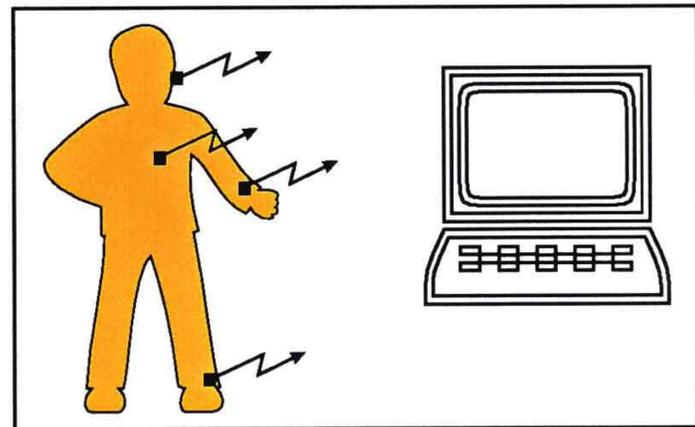


Bild 17: Körper-/kleidungsmontiertes Gesundheitüberwachungssystem mit abgesetztem Server



Bild 18: Drahtlose Texteingabe

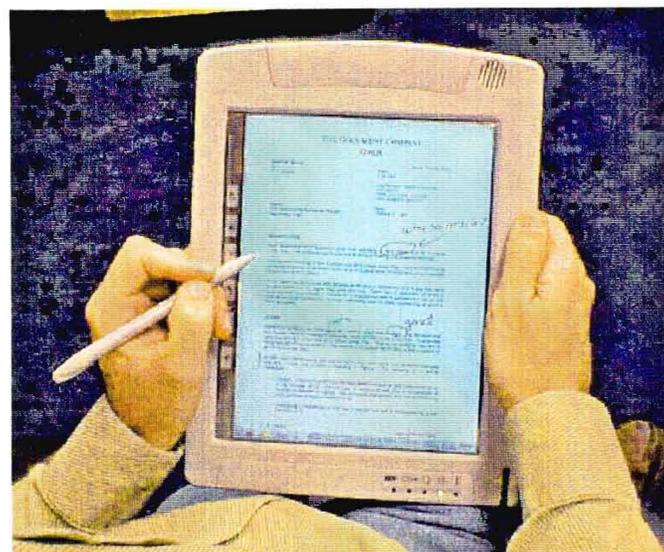


Bild 19: Korrekturtableau für Text

Aufgrund der zeitlichen Verzögerung und der Mehrfachbelastung des Funkspektrums werden möglichst wenig Hops empfohlen [WaBoLo98].

10. Systeme der 4. Generation

Man rechnet in Zukunft mit erheblich wachsender Bedeutung sog. eingebetteter Systeme, die als Teil anderer Systeme auftreten und auf drahtloser Kommunikation beruhen. Diese eingebetteten Systeme werden typischerweise selbstorganisierende, sich selbst konfigurierende, dezentral gesteuerte (auch multihop) Drahtlossysteme in vielfältigen Anwendungsumgebungen sein und deshalb werden in diesen Bereichen erhebliche Forschungsarbeiten zu leisten sein. Die Mikro- und Nanotechnik wird Sensoren und Aktuatoren schaffen, die sehr klein ausgeführt sein können und in Kombination mit Sende-/Empfangseinrichtungen die Basis für viele neuartige Systeme bilden werden.

Das System erhalte ich wahrscheinlich später geschenkt und als Gegenleistung bevorzugt Produkte der Sponsoren empfohlen.

10.2 Drahtlose Texteingabe

Für notorische Tastaturfeinde wird es drahtlose "Kugelschreiber" geben, die aus den auftretenden Momenten bei der Schreibbewegung auf die geschriebene Schrift schließen und das Ergebnis drahtlos an einen PC übertragen [Stift], vgl. **Bild 18**. Das Ergebnis erscheint beispielsweise auf einem Korrekturen-Tableau, das Handschriftkorrekturen erkennt und markierungsgerecht direkt in den Text aufnimmt, **Bild 19**. Selbstverständlich ist auch das Tableau drahtlos an einen Rechner angeschlossen [Tab].

10.3 Zukünftige Teleunterstützung der menschlichen Sinne

Die Sensortechnik wird dazu beitragen, daß über Kommunikationssysteme nicht nur Ton und Bild für Ohr und Auge, sondern auch Meßgrößen für andere Sinnesorgane, nämlich Geruch, Geschmack, Druck, Temperatur usw. kommuniziert werden. Dazu werden gerade geeignete Terminals untersucht.

Haptische Systeme sind in der Lage den Berührungsdruck von entfernten Objekten zu übermitteln, die E-Nose und neuronale Netze zur Geschmacksfindung gingen gerade durch die Fachzeitschriften [E-No]. Natürlich werden diese elektronischen Verlängerungen der menschlichen Sinne drahtlos bis zum Menschen am Terminal vorgenommen werden.

Literatur

- [E-No] The E-Nose, IEEE Spectrum, September 1998, pp.22-31 and pp. 32-34
- [ETSI_RES] European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Radio Equipment and Systems (RES): High Performance Local Area Networks (HIPERLANs): Requirements and Architecture for Wireless ATM Access and Interconnection, TR 101 031, April 1997
- [ETSI_H1] High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN); Services and Facilities ETR 096. Technical Report ETSI- Radio Equipment and Systems (RES), February 1993.
- [DuHu96] Y. Du, S. Hulyalkar, D., Evans, D. Petras, C. Ngo, P. May, C. Herrmann, M. Duque-Anton, R. Kraemer, R. Fifield, D. Verma: System Architecture of a Home Wireless ATM Network. Proc. 5th IEEE Int. Conf. Universal Personal Communications (ICUPC96), 1996, pp. 477-481
- [FeDe95] L. Fernandez: Developing a System Concept and Technologies for Mobile Broadband Communications. IEEE Personal Communications, Vol. 2, No. 1, Febr. 1995, pp. 54-59
- [HeVo98] A. Hettich, U. Vornefeld, "Error Control Schemes for Wireless ATM Systems", ACTS Mobile Summit 1998, Rhodes, Greece, June 1998.
- [HeAlDu97] A. Hettich, M. Aldinger, Y. Du, M. Litzemberger, M. Radimirsch, Frequency Sharing Rules for HIPERLAN-/U-NII-Systems, ACTS Mobile Communication Summit, S. 133-137, 1997.
- [IEEE802] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications. Standard IEEE 802.11, IEEE, New York, November 1997
- [KrScLo98] Krämling, M. Scheibenbogen, T. Lohmar, "Dynamic Channel Allocation in Wireless ATM Networks", International Conference on Telecom. (ICT'98), S. 286-290, Juni, 1998.
- [MaLo98] S. Mangold, M. Lott, D. Evans, R. Fifield: Indoor Radio Channel Modeling - Bridging from Propagation Details to Simulation, 9th Personal and Indoors Mobile Radio Comms. Conf. #98, Sept. 8-11, 1998, Boston, Mass. USA.
- [Pet95] D. Petras: Medium Access Control Protocol for Wireless transparent ATM Access, Proc. IEEE Wireless Communications Systems Symposium, Long Island, NY, Nov. 1995, pp. 79-84, Available from <http://www.comnets.rwth-aachen.de/~petras>
- [MIT] http://www.media.mit.edu/~nitin/NomadicRadio/img/wear_front.jpg; <http://www.media.mit.edu/~nitin/NomadicRadio/EricssonTalk/sld010.htm>; <http://www.media.mit.edu/~nitin/NomadicRadio/EricssonTalk/sld013.htm>; <http://www.media.mit.edu/~nitin/NomadicRadio/EricssonTalk/sld019.htm>
- [Stift] <http://www.innovate.bt.com/showcase/smartquill/>
- [Ta98] Franz Tank: Some Thoughts on the State of the Technical Science in 2012. Proceeding of the IEEE, Vol 86, No. 10, Oct. 1998, pp. 2106-07
- [Tab] <http://www.fxpal.xerox.com/xlibris/>
- [WaBr85] B. Walke, G. Briechle: A Local Cellular Radio Network for Digital Voice and Data Transmission at 60 GHz, Proc. Int. Conf. Cellular and Mobile Communications, London, Nov. 1985, Online Publication, pp. 215-225
- [Wa98b] B. Walke: Breitbandige Mobilkommunikation für Multimedia auf ATM-Basis, NTZ, Heft 8, S. 58-61 und Heft 9, S. 60-63
- [Wa98] B. Walke: Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band 1 und Band 2, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart 1998.
- [WaPeP196] B. Walke, D. Petras, D. Plaßmann: Wireless ATM: Air Interface and Network Protocols of the Mobile Broadband System, IEEE Personal Comms. Magazine, Aug. 1996, Vol. 3, No.4, pp. 50-56
- [WaBoLo98] B. Walke and S. Böhmer and M. Lott, "Protocols for a Wireless-ATM Network", International Zurich Seminar, Zürich, Schweiz, S. 75-82, Februar 1998.