

## Breitbandkommunikationsnetze für ATM-basierte Mobilkommunikation

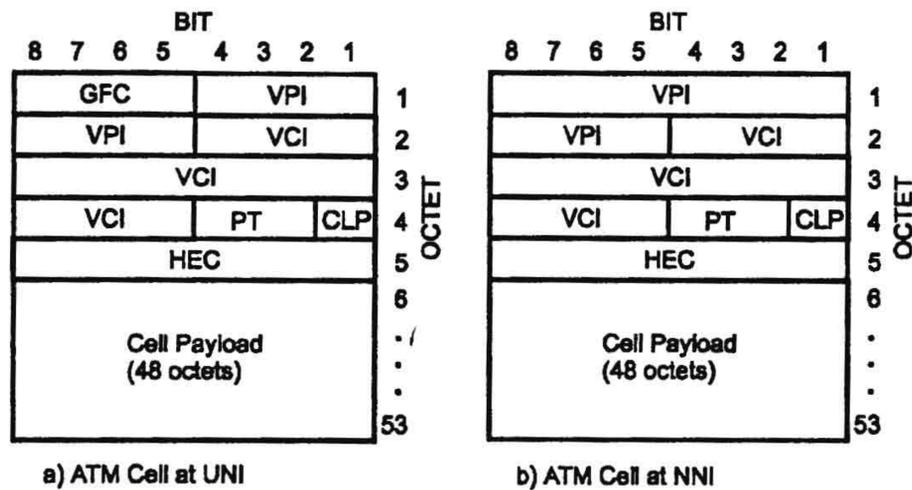
Bernhard Walke

Kommunikationsnetze, Fachbereich Elektrotechnik,  
RWTH Aachen, Kopernikusstr. 16, 52074 Aachen

**Zusammenfassung:** Nach einer Kurzeinführung in die ATM-Übertragungstechnik werden drahtlose ATM-Systeme zum Anschluß von Multimedial-Terminals an das Breitband-ISDN für verschiedene Anwendungsszenarien eingeführt und anhand ihrer spezifischen Dienstgütereorderungen erläutert. Der Schwerpunkt der Darstellung liegt auf der Beschreibung noch ungelöster Aufgaben bzw. des gegenwärtigen Standes der Technik. Einzelne Lösungsansätze werden vorgestellt, die für das Mobile Breitbandsystem (MBS) entwickelt worden sind.

### 1. Einleitung

Zukünftige breitbandig übertragende Telekommunikationsnetze werden gemäß der I-300-Serie der ITU-Empfehlungen paketorientiert übertragen. 1990/91 wurde der asynchrone Übertragungsmodus (asynchronous transfer mode, ATM) festgelegt mit Paketen konstanter Größe (5 byte Paketkopf, 48 byte Informationsfeld), die Zellen genannt werden, vgl. Bild 1.



GFC	General Flow Control	VPI	Virtual Path Identifier
VCI	Virtual Channel Identifier	PT	Payload Type
CLP	Cell Loss Priority	HEC	Header Error Check
UNI	User Network Interface	NNI	Network Node Interface

Bild 1: Zellformate an den Schnittstellen UNI und NNI

Die Zellformate unterscheiden sich an der Benutzer-Netz-Schnittstelle (UNI) und der Netz-Netz-Schnittstelle (NNI), Bild 2.

Anstelle der beim Schmalband-ISDN üblichen Reservierung einer festen Kapazität auf den Übertragungswegen und in den Vermittlungsknoten des Netzes für die Verbindung zwischen den kommunizierenden

Endeinrichtungen werden bei ATM-Netzen (Breitband-ISDN) virtuelle Verbindungen benutzt, Bild 3.

Die im Zellkopf enthaltene Information bezeichnet die jeweilige virtuelle Verbindung, die dazu dient, in Vermittlungen zellspezifisch den Zusammenhang zwischen kommendem virtuellem Pfad (virtual path, VP) und zugehörigem virtuellem Kanal (virtual channel, VC) und gehender Kombination VP/VC durch Vermittlung herzustellen. Das ATM-

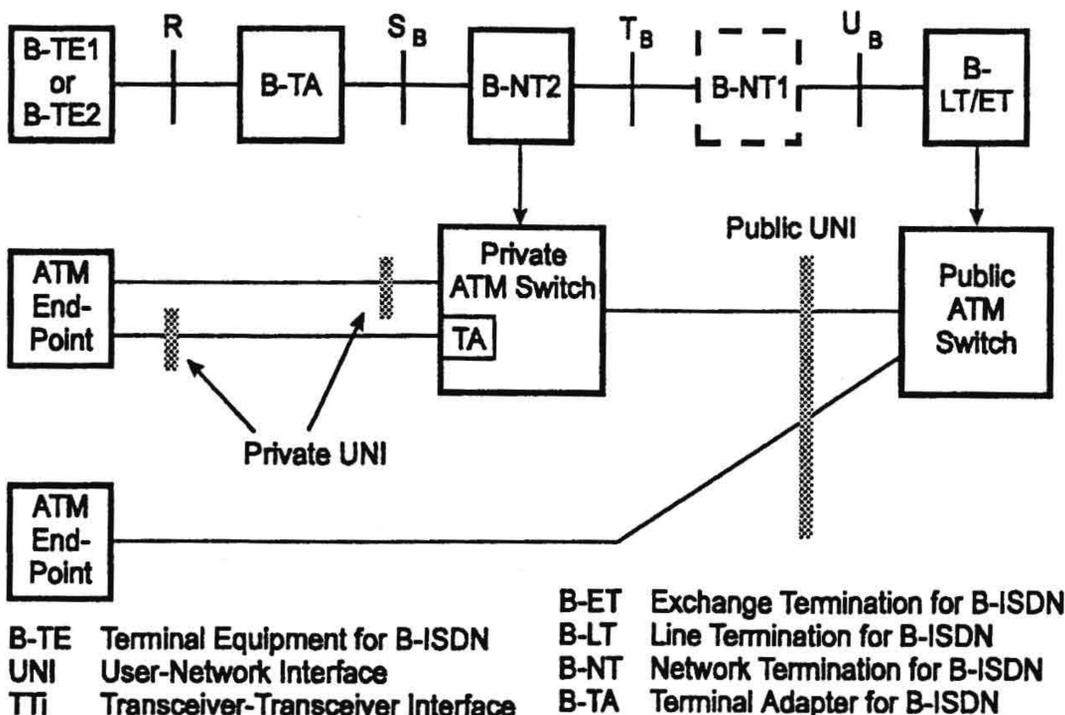


Bild 2: Bild 3: Referenzmodell des B-ISDN

Verfahren ist besonders gut für die gemeinsame Übertragung ("Integration") von Zellströmen unterschiedlicher Dienste (Sprache, Daten-, Video- und Grafik) über ein Netz hoher Übertragungsrate (150, 600, 1200 Mbit/s) geeignet, wobei charakteristische zeitliche Schwankungen der Zellenrate solcher Nachrichtenströme ausgenutzt werden, Bild 4. Dabei kann das Übertragungsmedium deutlich besser mit tatsächlichem Verkehr ausgelastet werden, als bei Zuweisung fester Übertragungskapazität zu Verbindungen, wie beim Schmalband-ISDN üblich. ATM-Netze sind maßgeschneidert für Verkehrsquellen mit variabler Bitrate (variable bitrate, VBR), ein typisches Merkmal vieler Datendienste und von Videocodecs. Der resultierende Zellstrom ist dann nicht kontinuierlich, sondern büschelartig mit hoher positiver lokaler Korrelation der Zeitabstände zwischen Zellen. ATM-Netze ziehen einen Vorteil aus der Mischung korrelierter Zellenströme zur gemeinsamen Übertragung, indem Lücken eines Stromes durch Zellenhäufungen eines anderen aufgefüllt werden. Da jedoch jede virtuelle Verbindung bestimmte Dienstgüteforderungen hat, die durch mittleren und maximalen Zellendurchsatz, mittlere bzw. maximale Zellenverzögerung und Zellenverlustwahrscheinlichkeit beschrieben werden können, benötigt der Netzbetreiber Steuerungsmöglichkeiten am Netzrand, um eine zeitweise Überlastung von Teilstrecken seines Netzes und damit eine Verletzung des Dienstgütevertrages mit dem Teilnehmer zu vermeiden. Es geht um die Frage, ob bei schon bestehenden virtuellen Verbindungen eine weitere zugelassen werden kann, ohne die Dienstgüte der bestehenden Verbindungen unzulässig zu beeinträchtigen. Beispielsweise muß für den Videoübertragungsdienst eine Zellenverlustrate von  $10^{-9}$  durch das Netz garantiert werden.

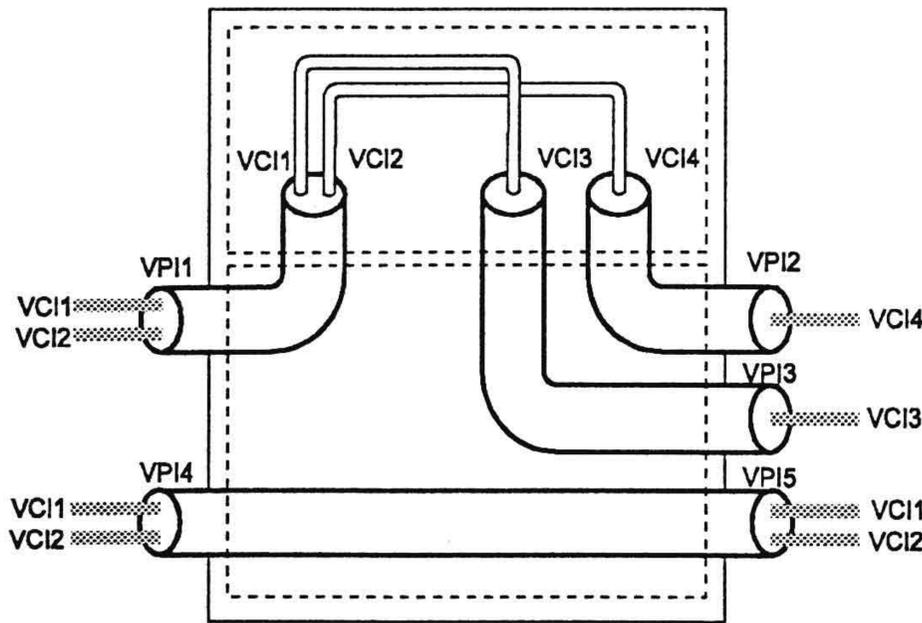


Bild 4: Vermittlung virtueller Verbindungen (VP/VC)

Der resultierende Zellstrom ist dann nicht kontinuierlich, sondern büschelartig mit hoher positiver lokaler Korrelation der Zeitabstände zwischen Zellen. ATM-Netze ziehen einen Vorteil aus der Mischung korrelierter Zellenströme zur gemeinsamen Übertragung, indem Lücken eines Stromes durch Zellenhäufungen eines anderen aufgefüllt werden. Da jedoch jede virtuelle Verbindung bestimmte Dienstgüteforderungen hat, die durch mittleren und maximalen Zellendurchsatz, mittlere bzw. maximale Zellenverzögerung und Zellenverlustwahrscheinlichkeit beschrieben werden können, benötigt der Netzbetreiber Steuerungsmöglichkeiten am Netzrand, um eine zeitweise Überlastung von Teilstrecken seines Netzes und damit eine Verletzung des Dienstgütevertrages mit dem Teilnehmer zu vermeiden. Es geht um die Frage, ob bei schon bestehenden virtuellen Verbindungen eine weitere zugelassen werden kann, ohne die Dienstgüte der bestehenden Verbindungen unzulässig zu beeinträchtigen. Beispielsweise muß für den Videoübertragungsdienst eine Zellenverlustrate von  $10^{-9}$  durch das Netz garantiert werden.

## 2. Schnurlose Breitbandssysteme

Unsere Forschungsarbeiten im Bereich mobile ATM-Systeme umfassen:

- Entwicklung von Protokollen für Kanalzugriff, Verbindungssteuerung, Handover, dynamische Ressourcenverwaltung, Mobilitätsverwaltung

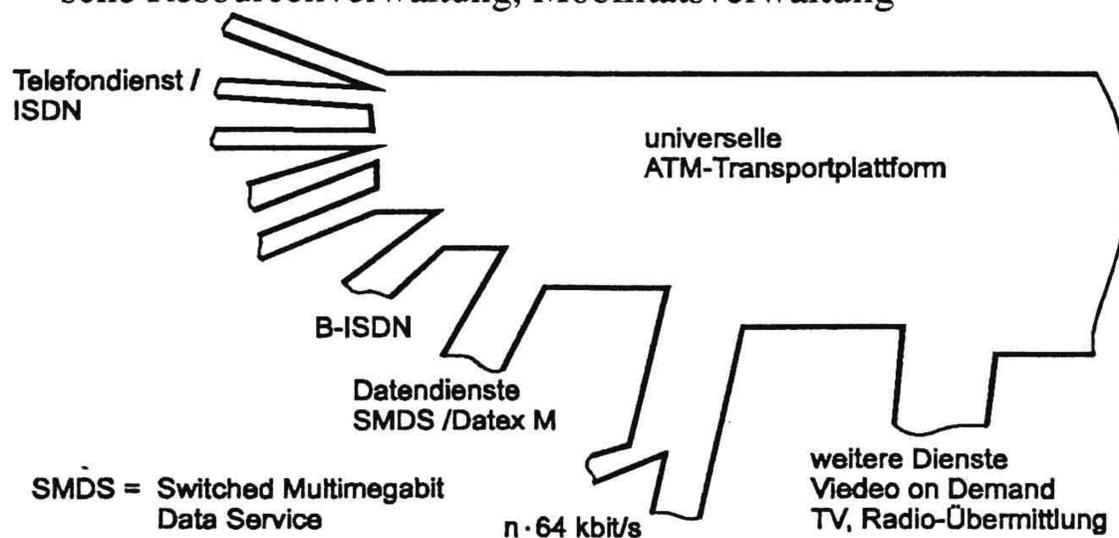


Bild 4: Multiplex von Diensten auf dem B-ISDN

- Formale Spezifikation der Protokolle in SDL
- Analytische und simulative Leistungsbewertung der vorgeschlagenen Protokolle durch Weiterentwicklung vorhandener Werkzeuge.

- Modellierung der Funkausbreitung
- Entwicklung von Verfahren zur Steuerung intelligenter Antennen (Phased Array) sowie angepaßter Zugriffsprotokolle
- Mehrwertdienste
- Mobilitätsdienste und Sicherheitsarchitekturen
- Mitwirkung bei der Realisierung der ATM-Mobil System Demonstratoren bzw. Testbeds.

## 2.1 Interessante Ausprägungen des schnurlosen Breitbandsystems

Das mobile Breitbandsystem kann in sehr verschiedenen Ausprägungen auftreten, wobei sich die jeweils verfügbaren Dienste und die Mobilität der Endgeräte szenariospezifisch unterscheiden. Auch wird davon ausgegangen, daß anwendungsspezifisch verschiedene Frequenzbänder mit unterschiedlicher Frequenzbandbreite, u.a. auch Infrarot, zum Einsatz kommen werden. Daraus resultieren unterschiedliche Übertragungsverfahren an der drahtlosen Schnittstelle, so daß man nicht von einem einheitlichen Standard für Modems des mobilen Breitbandsystems ausgehen kann. Für die Struktur der logischen Kanäle und die Zugriffsprotokolle wird jedoch zur Zeit eine skalierbare, einheitliche Lösung angestrebt. Es gilt als ungewiß, ob dieses Konzept durchgehalten werden kann, denn es sollen sehr unterschiedliche Anwendungsbereiche abgedeckt werden, von der Unterhaltungselektronik (geringe Dienstgüteforderungen, billige Drahtlostechnik) bis zur Studientechnik. Nachfolgend werden zunächst die unterschiedlichen anwendungsspezifischen Systemkonzepte vorgestellt.

### 2.2.1 Zellulare ATM Netze

Die erweiterte Einführung und zunehmende Nutzung von Breitbanddiensten über auf ATM-Übertragungstechnik basierenden Glasfasernetzen (Breitband-ISDN) mit 34 (E3), bzw. 155 (STM1), 600 (STM2) und 1200 Mbit/s Übertragungsraten erfordert, ähnlich wie GSM/DCS 1800 bzgl. des Schmalband-ISDN, die breitbandige Anschlußmöglichkeit beweglicher bzw. mobiler Endgeräte über ein mobiles Breitbandsystem. Der technologische Stand erlaubt funkgestützte, zellulare, mobile Breitbandsysteme mit 34 Mbit/s Nutzdatenrate zu realisieren, Bild 5. Funkfestverbindungen wurden bereits mit 155 Mbit/s realisiert.

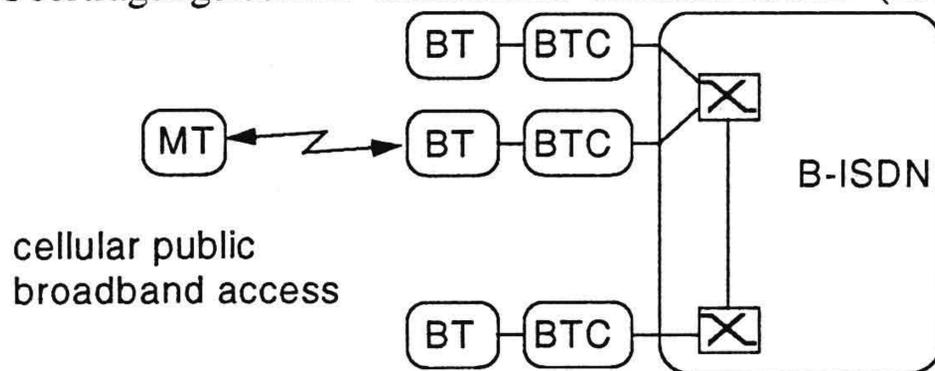


Bild 5: Zellulares mobiles Breitbandsystem

### 2.2.2 Drahtlose Multimedia Terminals

Ähnlich wie beim DECT-System wird insbesondere im Bereich der Konsumerelektronik mit Nachfrage nach kostengünstigen Drahtlostechniken für den Anschluß von interaktiven Multimedia-Terminals gerechnet, Bild 6. Damit soll es möglich werden, interaktives Fernsehen bzw. Multimedia-PCs an beliebigen Standorten in der Wohnung zu betreiben, frei von den Zwängen der Antennensteckdose. Die dafür erforderlichen Systeme kommen u.U. mit preiswerter Infrarot Übertragungstechnik bei evtl. geringerer Dienst-

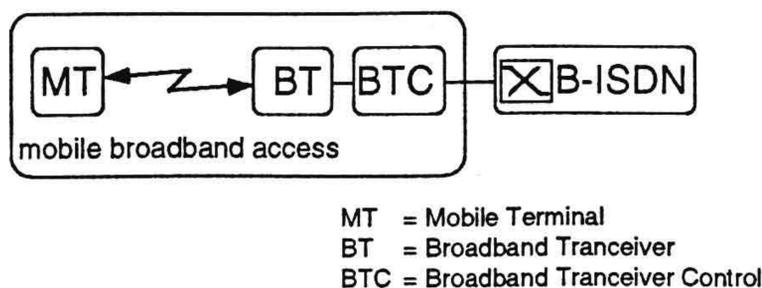
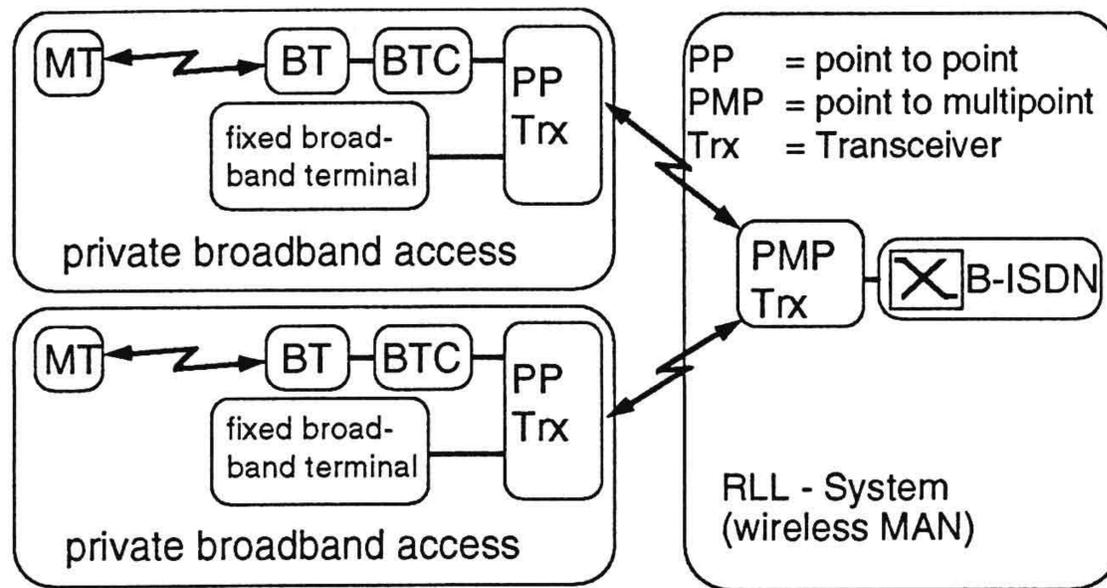


Bild 6: Drahtloses Heim-Breitbandsystem

güte aus, als für die anderen drahtlosen Breitbandssysteme gefordert. Es handelt sich im Unterschied zu bestehender Breitbandverteilterchnik (Rundfunk) um bidirektionale Kommunikation, evtl. mit reduzierter Bitrate auf dem (Schmalband-)Rückkanal.

### 2.2.3 Funkbasierte Zugangsnetze (Radio in the Local Loop)

Neben der Nutzung hochbitratiger Übertragungsverfahren über bestehende verdrehte Zweidrahtleitungen im Ortsnetz nach den Verfahren HDSL (high speed digital subscriber link) bzw. ADSL (asymmetric digital SL) mit bis zu 10 Mbit/s, soweit sie dafür geeignet sind, wird wettbewerbsbedingt Nachfrage nach hochbitratiger drahtloser Übertragung erwartet. Dabei werden Ketten von Basisstationen zur Realisierung von Punkt-zu-Punkt Verbindungen und baumartige Anordnungen von Richtfunkstrecken als Punkt-zu-Mehrpunkt Verbindungen, ausgehend vom Festnetzzugang, für den Ortsnetzbereich erwartet, um "die letzte Meile" zwischen Festnetz und Teilnehmeranschluß zu überbrücken. Dafür kommen dasselbe Frequenzband wie beim zellularen Breitbandssystem, oder öffentliche Richtfunkbänder z.B. 7, 23, 26, 38 GHz infrage, Bild 7. Die weitere Entwicklung wird hier wie auch bei anderen Mobilfunknetzen (UMTS) zur intelligenten



Steuerung von Keulen entsprechend geeigneter Antennen (phased array) führen mit starker Interferenzminderung und Reduktion der Funkstrahlungsbelastung, wobei z.B. gleichzeitig in mehrere Richtungen kommuniziert werden kann (SDMA, space division multiple access) oder die Steuerung von Nullstellen der Antennen-Richtdiagramme zur Verbesserung des

Bild 7: Punkt-zu-Mehrpunkt Breitbandzugangsnetz

Störabstandes der gerade aktiven Empfängern nutzbar ist. Diese Technik ermöglicht quasi Richtfunk Punkt-zu-Mehrpunkt im Zeitmultiplex. Sie bedarf, vor ihrer Einführung, noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bei Antennen, ihrer Steuerung und bei Algorithmen zur zeitgerechten Ausleuchtung des jeweils richtigen Ortes (an dem sich eine ortsfeste, bewegliche oder mobile Station - mit/ohne aktuelle Verbindung - befindet). Auch sind die Zugriffsprotokolle auf die Bedürfnisse der SDMA-Technik abzustimmen.

### 2.2.4 Wireless LAN

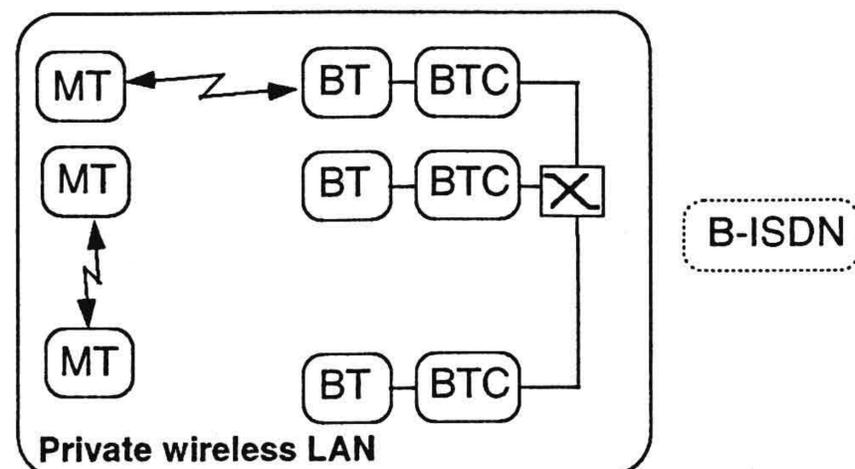


Bild 8: Privates drahtloses LAN (verteilte ATM-Vermittlung) mit evtl. direkter Kommunikation

Für im Internet übliche Anwendungen, die heute in vielen Fällen über ein lokales Netz (LAN) erreicht werden, besteht ein erheblicher Bedarf für den drahtlosen Anschluß bewegbarer (movable) Arbeitsplatzrechner, um Flexibilität bzgl. Raum und Aufstellungsort zu erreichen. Die Standardisierung hat gerade Lösungen erarbeitet, die einen ersten schnellen Schritt in diese Richtung bedeuten, vgl. HIPERLAN, WLAN 802.11. Bisher wurden sog. ein-hop Lösungen (für vollständig vermaschte Statio-

nen) entwickelt, die bei den vorgesehenen Frequenzen 2.4, 5.2, 17.2 GHz LAN-Kommunikation zwischen den Stationen benachbarter Räume, oder auch mit Terminals am Festnetz über eine „Basisstation“ mit Festnetzanschluß (z.B. LAN) unterstützen. Hier sind Weiterentwicklungen zur Einsparung von Kabeln möglich und notwendig. Da solche Netze vergleichbare Datenübertragungsraten wie LANs ermöglichen (typisch 10 Mbit/s), sind sie als Ersatz für LANs und weniger zur Unterstützung neuer Multimedia-Dienste geeignet. Solche neuen Dienste stellen Echtzeitforderungen an das Übertragungssystem, die weder von HIPERLAN/WLAN [1], noch vom Internet (oder erst nach erheblicher Weiterentwicklung) unterstützt werden können. Beispielsweise wird im bestehenden HIPERLAN Standard bei Übertragung von ATM-Zellen nur eine maximale Auslastung von ca. 9% erreicht, bei indiskutabler Verzögerungszeit der Zellen [2]. Neben bewegbaren Stationen können auch mobile Endgeräte unterstützt werden. Außer Funk werden für drahtlose LANs auch Medien wie Infrarot und Licht diskutiert. Mobilität (bzw. Beweglichkeit) von Endgeräten stellt neue Forderungen an die Internet Protokolle. Das schnurlose Breitbandsystem hat gegenüber solchen Lösungen den Vorteil, daß die ATM-Übertragungstechnik direkt bis zum Multimedia-Terminal geführt wird, ohne die leidigen im Internet üblichen Anpaßfunktionen (interworking functions), Bild 8. Dabei ist neben zentralisierter Kommunikation (mobile termination, MT zu broadband termination BT) ggf. auch der direkte Kommunikationsmodus MT zu MT möglich.

### 3. Gegenwärtiger Stand auf dem Gebiet

Tabelle 1 gibt einen Überblick über den heutigen weltweiten Stand der Forschung auf dem Gebiet von 60 GHz Breitband Systemen. Spalte 1 (Europe MBS) enthält Informationen über das RACE II Projekt R2067 "MBS Mobile Broadband System" [3]. Eine Forschergruppe des Autors ist an der Systementwicklung des MBS Systems maßgeblich beteiligt. Die aufgelisteten Konzepte stehen alle erst am Anfang der Entwicklung. In den USA gibt es keine nationale 60 GHz Initiative, wie in anderen Ländern, aber Arbeiten an Universitäten und in Firmen mit einem Schwerpunkt der Entwicklung auf Wireless (ATM)LANs bei tieferen Frequenzen.

Region	Europa (MBS)	Canada	Japan	Australia
Operator	öffentl. & privat	privat	privat	privat
Datenübertragungsr ate	155 Mbit/s	155 Mbit/s	155 Mbit/s	100 Mbit/s
ATM Unterstützung	ja	ja		
Mobilität	bis 100 km/h	portabel	portabel	2 m / s
Anwendungen	indoor / outdoor alle Geschäfts- bereiche	indoor Büro	indoor Büro	indoor Büro
Frequenzbänder	62 - 65 GHz	20 - 60 GHz, IR	59 - 64 GHz	60/40-65 GHz
Modulation	16 OQAM / 4 OQAM	BPSK	BPSK	
Zugriffsmethode	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA
Duplex Methode	FDD	TDD		
Anzahl v. Trägern	34			
Kanalzuweisung	dynamisch	fest		dynamisch
Handover	ja			

Tabelle 1: Weltweiter Vergleich von Breitband Systemen bei 60 GHz

### 4. Beschreibung einzelner Forschungsarbeiten

Die in der Einleitung genannten Forschungsarbeiten werden im folgenden näher beschrieben.

#### 4.1 Entwicklung von Protokollen für Kanalzugriff u. Verbindungssteuerung

Die Entwicklung der Protokolle für Kanalzugriff (MAC) für mobile breitbandige voll ATM kompatible Funknetze muß diensteunabhängig erfolgen: die Luftschnittstelle muß die ATM Zellen transparent übertragen können, d.h. ähnlich wie ein ATM-Multiplexer arbeiten. Dies erfordert gänzlich neue Ansätze um das statistische Verhalten der ATM-Quellen zu berücksichtigen und eine möglichst kurzfristige Verzögerung zu garantieren [3]. Die MAC Protokolle müssen mit einem Algorithmus zur dynamischen Frequenzvergabe verbunden werden um eine hohe Kanaleffizienz im Falle von heterogener Lastverteilung auf Funkzellen zu erreichen. Die Spezifikation der logische Kanäle und LLC-Dienstzugangspunkte muß die neuesten Ergebnisse der laufenden Spezifikation von ATM (ITU und ATM-Forum) berücksichtigen mit Dienstzugangspunkten für die ATM-Dienstklassen CBR, VBR und ABR, sowie für die systemspezifischen Signalisierungskanäle.

Für die Entwicklung der MAC-Schicht sind u.a. folgende Arbeitsschritte nötig:

- Untersuchung und Definition der Anforderungen an das MAC Protokoll unter Berücksichtigung der Randbedingungen des physikalische Kanals und der transparenten Übertragung von ATM-Zellen.
- Untersuchung der Verwendbarkeit von existierenden MAC Protokollen in einem mobilen ATM-Netz und Spezifikation eines geeigneten MAC Protokolls
- Implementierung zusätzlicher MAC Funktionalität zur Unterstützung der Funkbetriebsmittel-Verwaltung und Handover Steuerung (z.B. Einfügen von Idle-Slots zur Kanalmessung, regelmäßige Messungen auf anderen Frequenzen zum Auffinden alternativer Basisstationen)
- Untersuchung von Algorithmen zur gesonderten Behandlung von logischen Kanälen mit hoher Priorität (z.B.: Übertragung von Nachrichten zur Durchführung von Handover)
- Anpassung der Simulationssoftware zur Verwendung als Demonstrator-Firmware.

Bild 9 zeigt ein Beispiel für ein voll entwickeltes MAC-Protokoll für das mobile Breitbandsystem MBS.

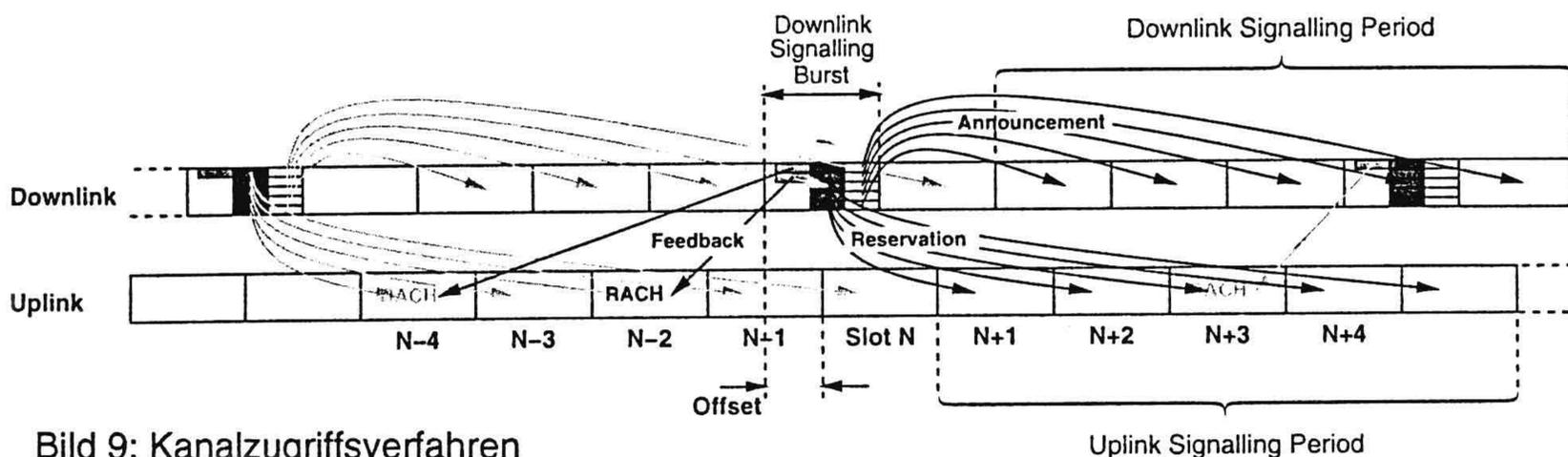


Bild 9: Kanalzugriffsverfahren

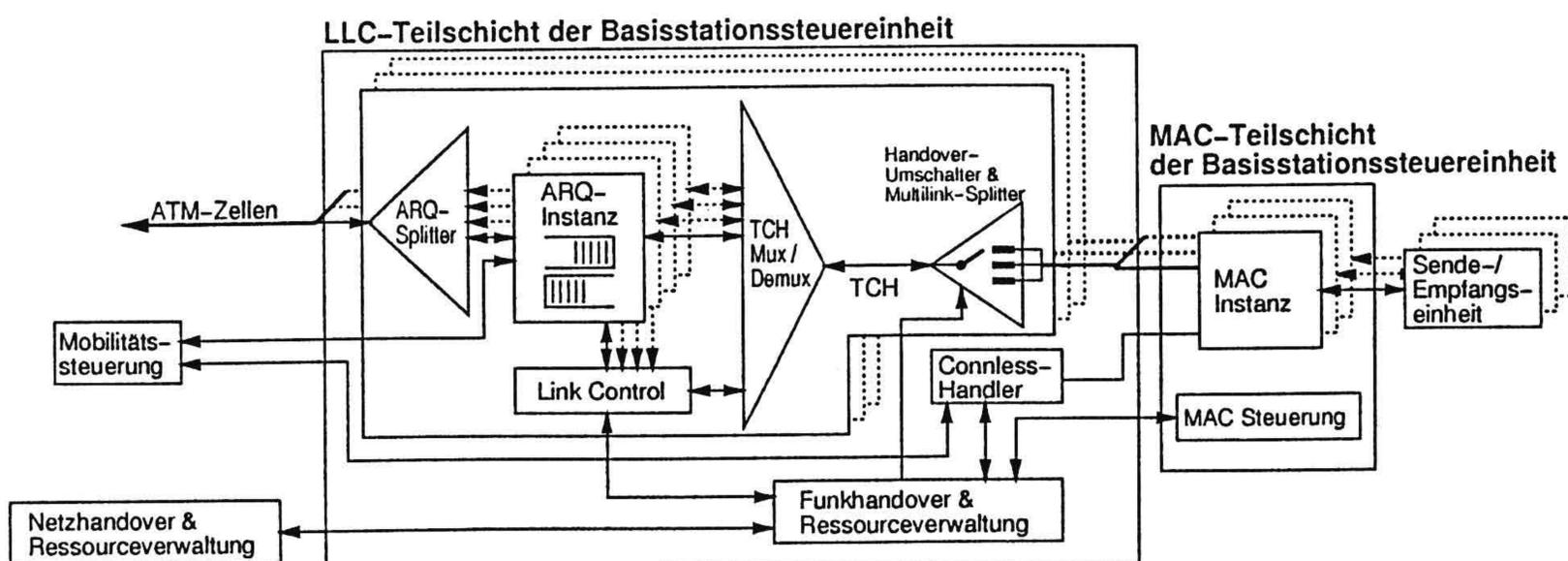


Bild 10: Logical Link Control (LLC): Realisierung bei MBS

Die LLC-Schicht muß folgende Funktionalität enthalten:

- Unterstützung eines adaptiven Selective-Repeat-Request-ARQ (ASR-ARQ) Protokolls, das die verbindungs-spezifischen Anforderungen an Übertragungsverzögerung und Bitfehler-rate (BER) für multimedia Anwendungen berücksichtigt
- Überwachung der Reihenfolge von ATM-Zellen für jeden einzelnen virtuellen Kanal
- Protokolle für Multi-Link Übertragung und Makrodiversität
- Erweiterung des ASR-ARQ-Protokolls um eine ATM-konforme Verkehrsglättung zur Behebung von Überlast.

Bild 10 zeigt die Struktur der LLC-Schicht des mobilen Breitband-systems MBS mit den Protokollinstanzen der Mobil- und Basisstation. Jede MAC-Instanz betreibt genau eine virtuelle Verbindung. Das Zusammenspiel von MAC und LLC Protokollen in den verschiedenen Bestandteilen des mobilen Breitband-systems sieht man, inclusive der festzulegenden Schnittstellen, in Bild 11.

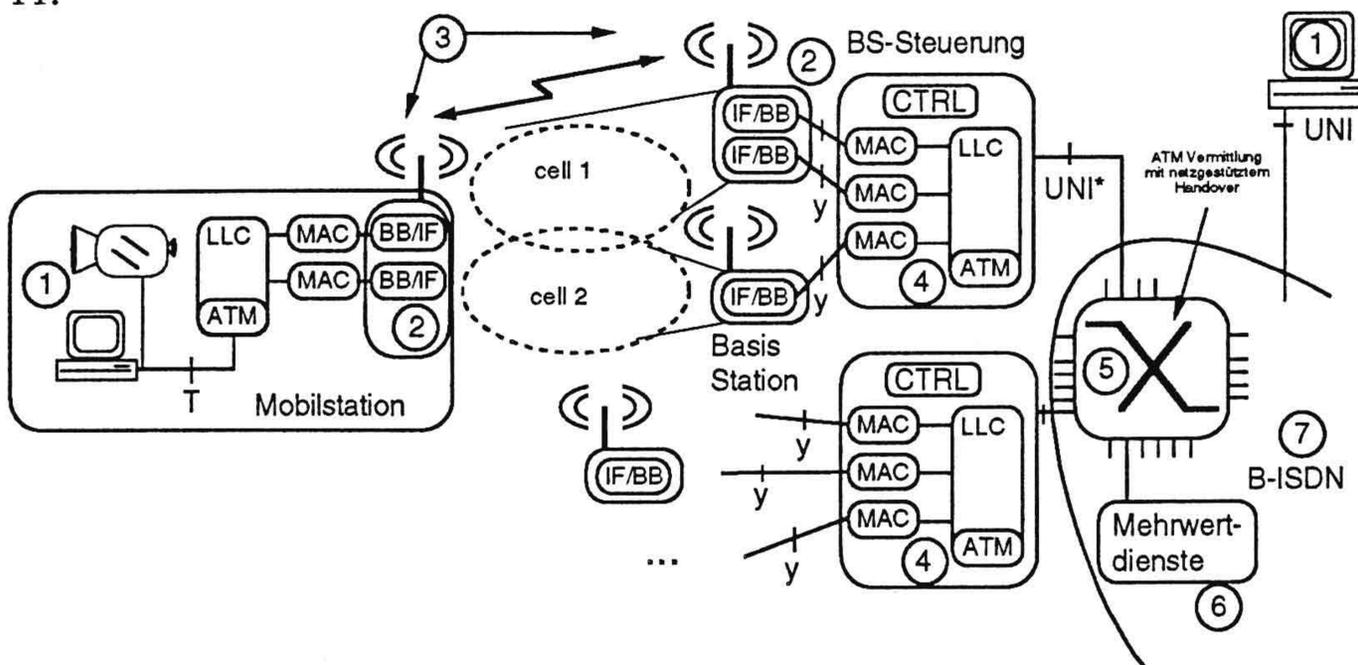


Bild 11: Referenzsystem des Mobilbreitband-systems

#### 4.1.1 Handover und dynamische Funkbetriebsmittel-Verwaltung

Die Mikro-/Pikozellenstruktur von ATM-Mobilfunksystemen erlaubt keine statische Frequenzplanung. Mit dynamischer Kanalvergabe (dynamic channel assignment, DCA) können die hohe Dynamik der Ausbreitungsbedingungen beherrscht und die dienstspezifischen Bitraten mit der geforderten Dienstgüte bereitgestellt werden. DCA-Verfahren müssen mit MAC-Verfahren kombiniert werden. Mobilstation-gesteuerte Handoveralgorithmen müssen den aktuellen Signalpegel (RSSI) der empfangbaren Basisstationen und die Qualität der Verbindungen berücksichtigen

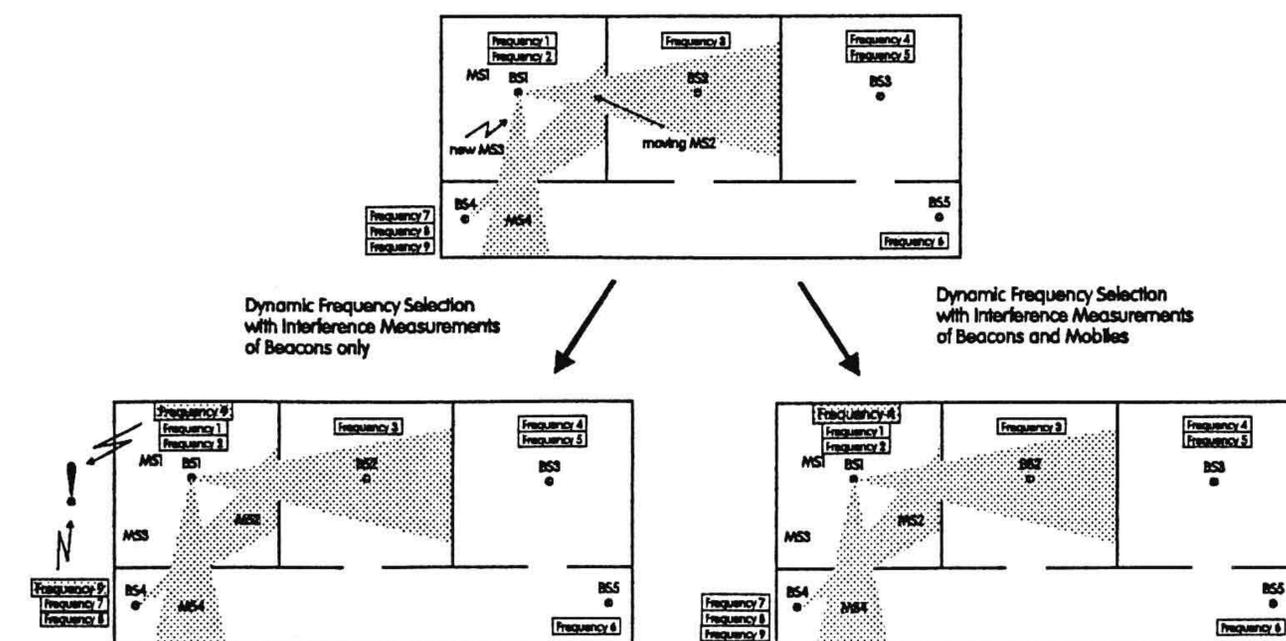


Bild 12: Funkbetriebsmittel-Verwaltung und Handover

und mit schnellem Handover reagieren können. Gleichzeitige Verbindungen zu mehreren Basisstationen (Mehrkanalbetrieb) müssen berücksichtigt und geeignete Handoveralgorithmen entwickelt werden, die einen *seamless*

Handover ermöglichen und die geforderte Qualität der Verbindung aufrecht erhalten. Bild 12 zeigt ein Simulationsszenario mit berechneter Funkausleuchtung und verschiedenen Frequenz-zuteilungsverfahren.

#### **4.1.2 Protokolle zur Mobilitätsverwaltung**

Die Mobilitätsverwaltung des mobilen ATM-Breitbandsystems umfaßt Protokolle für die Terminal-Mobilität, wie Aufenthaltsverwaltung, Funkruf und Benutzerdatenverwaltung im Festnetz. Instanzen dieser Protokolle befinden sich in den Endgeräten, in den Basisstationen und in Datenbanken im Festnetz. Dementsprechend müssen Daten über die Funkschnittstelle und im ATM Festnetz ausgetauscht werden. Um diese Datenströme klein zu halten insbesondere bei zu erwartenden hohen Benutzerzahlen sind dynamische Mechanismen und dezentrale Datenhaltung zu untersuchen [4].

Die Übertragung von ATM Zellen über die Luftschnittstelle erfordert eine adaptierte ATM Schicht in den Basisstationen. ATM Dienstklassen (CBR, VBR, ABR, etc.) müssen auf die speziellen Erfordernisse der Luftschnittstellen angepaßt werden und in äquivalente Klassen im LLC umgesetzt werden. Zugangskontrolle, Überlaufschutz, und Resource Management im Festnetz stehen im engen Zusammenhang mit den Protokollen für netzgestützten Handover und haben für ein künftiges drahtloses ATM-System besondere Bedeutung.

ATM basierte Dienste sollen im ATM-Mobilfunknetz unverändert benutzt werden und eine spezielle Festnetz-Infrastruktur für mobile ATM-Netze vermieden werden. Basisstationen sollen direkt mit dem ATM Netz verbunden werden. Bedingt durch Mobilität wird bei jedem Wechsel des ATM Netz-Zugangspunktes ein netzgestützter Handover ausgeführt. Der Transportmechanismus in ATM Netzen beruht auf virtuellen Verbindungen, statt auf Kanalvermittlung. Der Netz-Handover wird von heutigen ATM-Netzen nicht unterstützt. Sie können für eine virtuelle Verbindung in Echtzeit keinen neuen Leitweg schalten und die ATM Zellenfolge nicht beibehalten. Entsprechende Mechanismen müssen entwickelt und implementiert werden.

#### **4.3 Formale Spezifikation der Protokolle in SDL**

Die neu entwickelten Protokolle (MAC/LLC, Handover, Funkbetriebsmittel-Verwaltung und Mobilitätsverwaltung) werden nach dem Stand der Technik in formalen Sprachen, z.B. SDL (Specification and Description Language) spezifiziert und üblicherweise, unter Verwendung eines Codegenerators zur direkten Umsetzung der formalen Spezifikation in C++-Code zur Untersuchung in einem Systemsimulator überführt, bzw. direkt in ausführbaren Maschinencode übersetzt, Bild 13. Damit kann sichergestellt werden, daß die Spezifikation der betreffenden Software, abweichend von herkömmlichen Softwareentwicklungsverfahren, nicht nur für die Implementierung sondern auch für die Leistungsoptimierung und optimierte Anpassung an die Zielhardware als Teil eines einheitlichen Entwicklungsprozesses benutzt wird. Als Nebenprodukt fällt eine für die Dokumentation geeignete, zur Diskussion mit Standardisierungsgremien erforderliche, formale Beschreibung an, welche die Transparenz der betreffenden Funktionen erheblich erhöht und Portabilität auf verschiedenste Plattformen garantiert.

#### **4.4 Modellierung der Funkausbreitung**

Wegen der besonderen Eigenschaften des breitbandigen ATM-Funkkanals (Mehrwegeausbreitung, Beugung, Abschattung, etc.) ist eine realitätsgetreue Modellierung der Funkausbreitungsbedingungen für die Leistungsbewertung des ATM-Mobilsystems erforderlich. Bei uns entwickelte Kanalmodelle und Methoden zur Funkausbreitungsberechnung (Ray-Tracing, etc.) können weiterentwickelt und eingesetzt werden um im ATM-Mobil Systemsimulator SIMCO die Leistung der vorgeschlagenen Protokolle zu untersuchen.

# SIMCO - Simulation of Mobile Communications

Objective: Performance Evaluation of Mobile Communication Systems

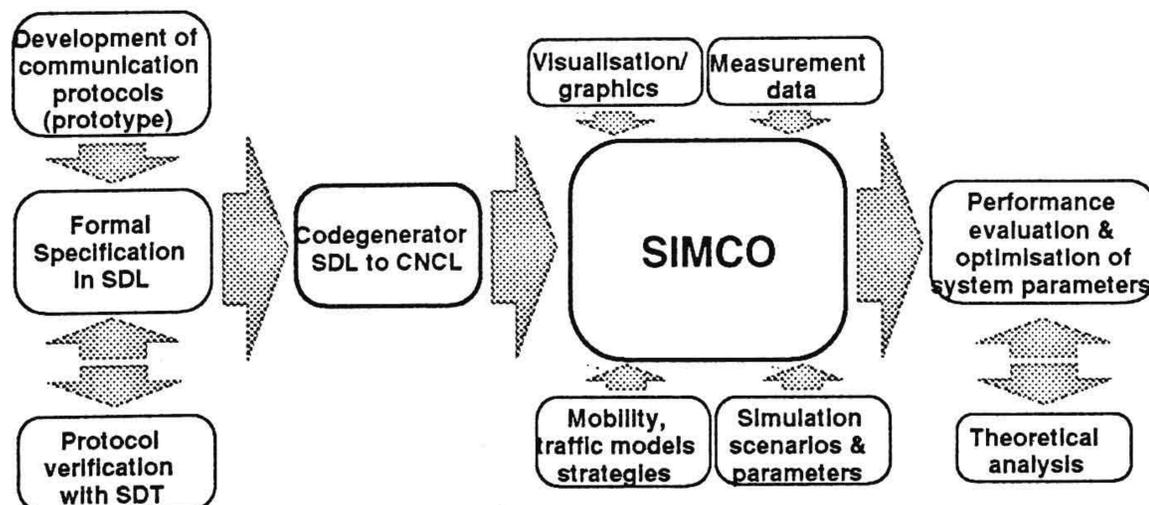


Bild 13: Formale Protokollspezifikation und Leistungsoptimierung

Dazu sind u.a. folgende Arbeiten erforderlich:

- Modellierung der Mehrwegeausbreitung (Ein- und Zweifachreflektionen an statischen und mobilen Reflektoren gegebener Szenarien) und von Polarisationsseigenschaften (vertikal, horizontal und zirkular)
- Berücksichtigung von Diversityverfahren (Makrodiversity, Mikrodiversity, Raumdiversity, Polarisationsdiversity)
- Ermittlung der Basischarakteristika von Antennen: Rundstrahler, Dipol, Phased-Array mit Schnittstelle zur Einbeziehung von Antennendaten und Entwurfsverfahren zur Berechnung von Antennenfootprints
- Bestimmung charakteristischer SNR bzw. BER-Parameter auf Basis typischer Empfängerseigenschaften bei gegebenen Modulationsverfahren
- Validierung der Funkfeldberechnung anhand von Meßdaten aus ATM-Mobil System-Demonstratoren.

## 4.5 Steuerung intelligenter Antennen und angepasste Zugriffsprotokolle

Um eine möglichst hohe Effizienz der zur Verfügung stehenden Ressourcen, angepasste Reichweiten, sowie kompakte Endgeräte mit möglichst geringem Stromverbrauch zu realisieren, sind die Entwicklung intelligenter Antennen und die zu deren Steuerung erforderlichen Verfahren erforderlich. Durch elektronisch gesteuerte Keulen von Phased-Array Antennen kann der Mehrwegeschwund vermindert oder ganz vermieden werden. Es sind spezielle Zugriffs- und Ortungsprotokolle für solche Antennen erforderlich, die auch eine Lokalisierung und Verfolgung (tracking) der Mobilstationen und eine entsprechende Steuerung der Antennen-Keulen ermöglichen. Die ATM-Mobil Zugriffsverfahren müssen entsprechend angepasst werden. Bild 14 zeigt die funktionale Zusammenarbeit von Zugriffs- und Ortungsprotokollen mit der Antennensteuerung in MBS.

## 5. Mehrwertdienste

Die unterschiedlichen mit dem ATM-Mobil-Netz zu verbindenden Netze und zugehörigen Dienste sind nicht ohne weiteres kompatibel. Deshalb müssen neue und bestehende Möglichkeiten der Dienstewandlung in praktikable Lösungen umgesetzt werden. Dabei wird schrittweise die Funktion "Dienstewandlung" der Mobile-Media-Plattform entwickelt und realisiert. Bild 15 zeigt die heutige Kommunikationslandschaft, die durch das vorliegende Projekt um mobile ATM

Terminals, Netze, Dienste und Protokolle, sowohl im lokalen, als auch im öffentlichen Bereich erweitert werden soll. Unser Beitrag betrifft die Definition und Bereitstellung einer Plattform zur Unterstützung mobiler Breitbanddienste. Dazu gehört z.B. die Anpassung der Mediendarstellung an die Möglichkeiten des momentanen Endgerätes, um echte Mehrwertdienste zu erhalten sowie die Personalisierung der Dienste. Zur Unterstützung beim Entwurf der Architektur und Protokolle sind Simulationsstudien geplant.

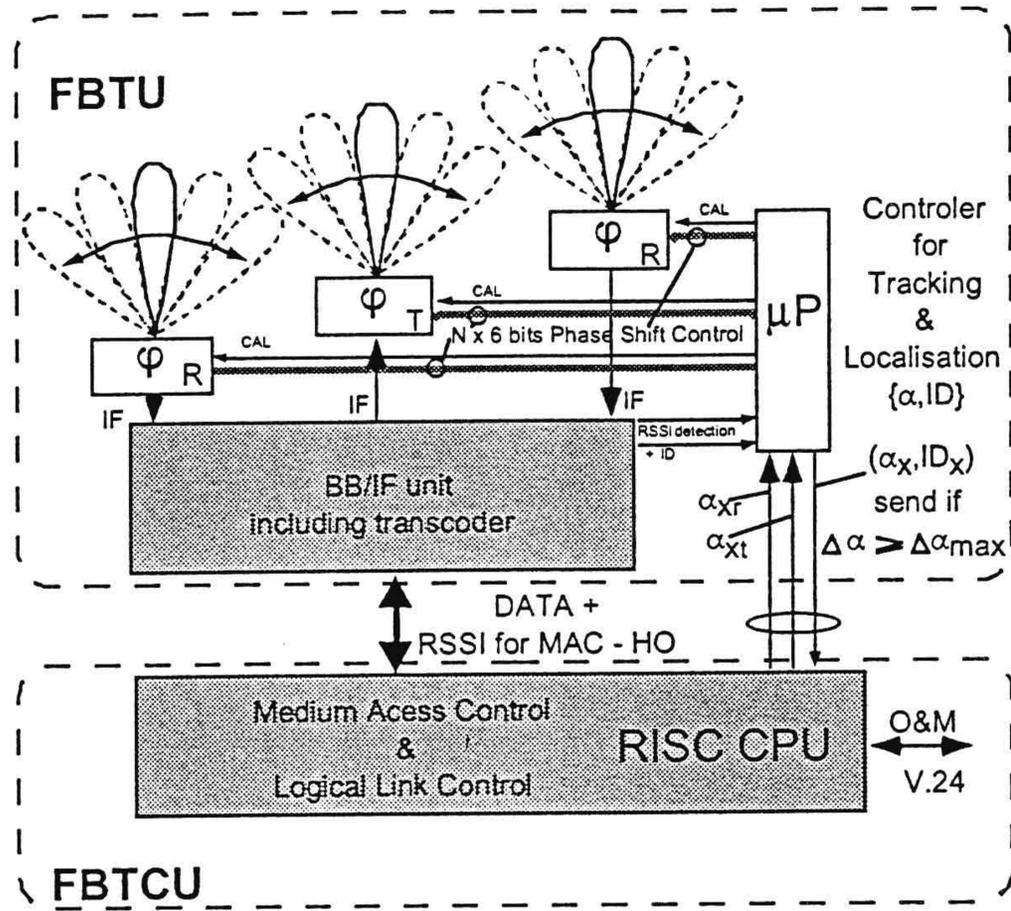


Bild 14: Steuerung der Antennen der fixed base transceiver unit (FBTU) durch die zugehörige Steuereinheit (fixed base transceiver control unit, FBTCU)

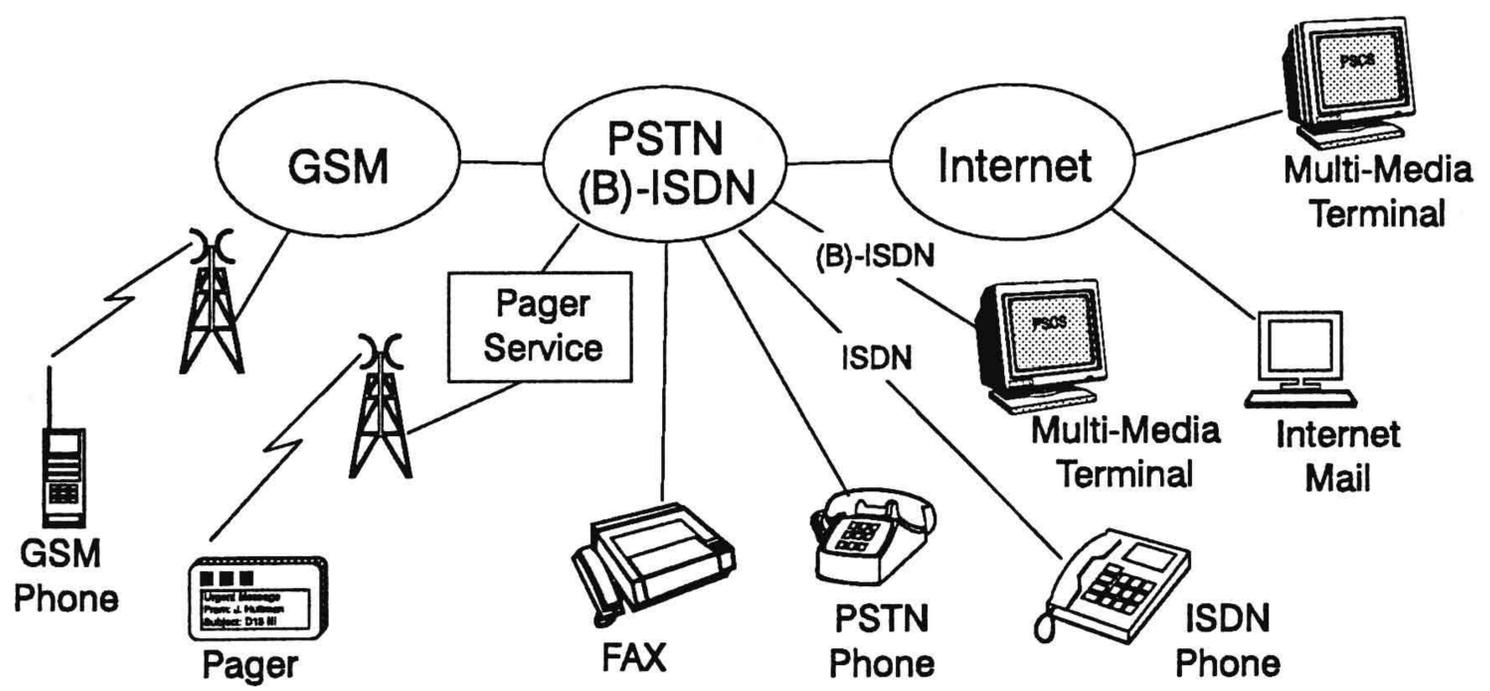


Bild 15: Mehrwertdienste bzw. zugehörige Telekommunikationsnetze

**5.1 Mobilitätsspezifische Dienste und Sicherheitsarchitektur**

Mobilfunksysteme benötigen Sicherheitsarchitekturen, um in Multidomänen-Netzen uneingeschränkt betreibbar zu sein [5,6]. Eine auf ATM-Mobil zugeschnittene Sicherheitsarchitektur ist z.T. fertiggestellt worden, Bild 16. Sie beruht auf einer Bedrohungsanalyse des Gesamtsystems und der Auswahl geeigneter kryptographischer Verfahren (wie Authentikation, Verschlüsselung,

Integritätssicherung, Anonymität, usw.). Die Verwendung personalisierter Dienste wird voraussichtlich die Benutzung eines persönlichen Sicherheitsmoduls in Form einer Chipkarte erforderlich machen. Sicherheitsprotokolle zur Interaktion mit den einzelnen Komponenten von ATM-Mobil, wie z.B. Chipkarte, Terminal und Serviceplattform sind noch zu entwickeln. Dabei ist die Verwaltung der Sicherheitsarchitektur zu berücksichtigen, die sich z.B. mit der Verwaltung sicherheitsrelevanter Daten und Geräte (Zertifikate, Chipkarten, Kryptomodule) befasst. Schnittstellen zu den einzelnen Komponenten und zum Netzmanagement sind zu spezifizieren.

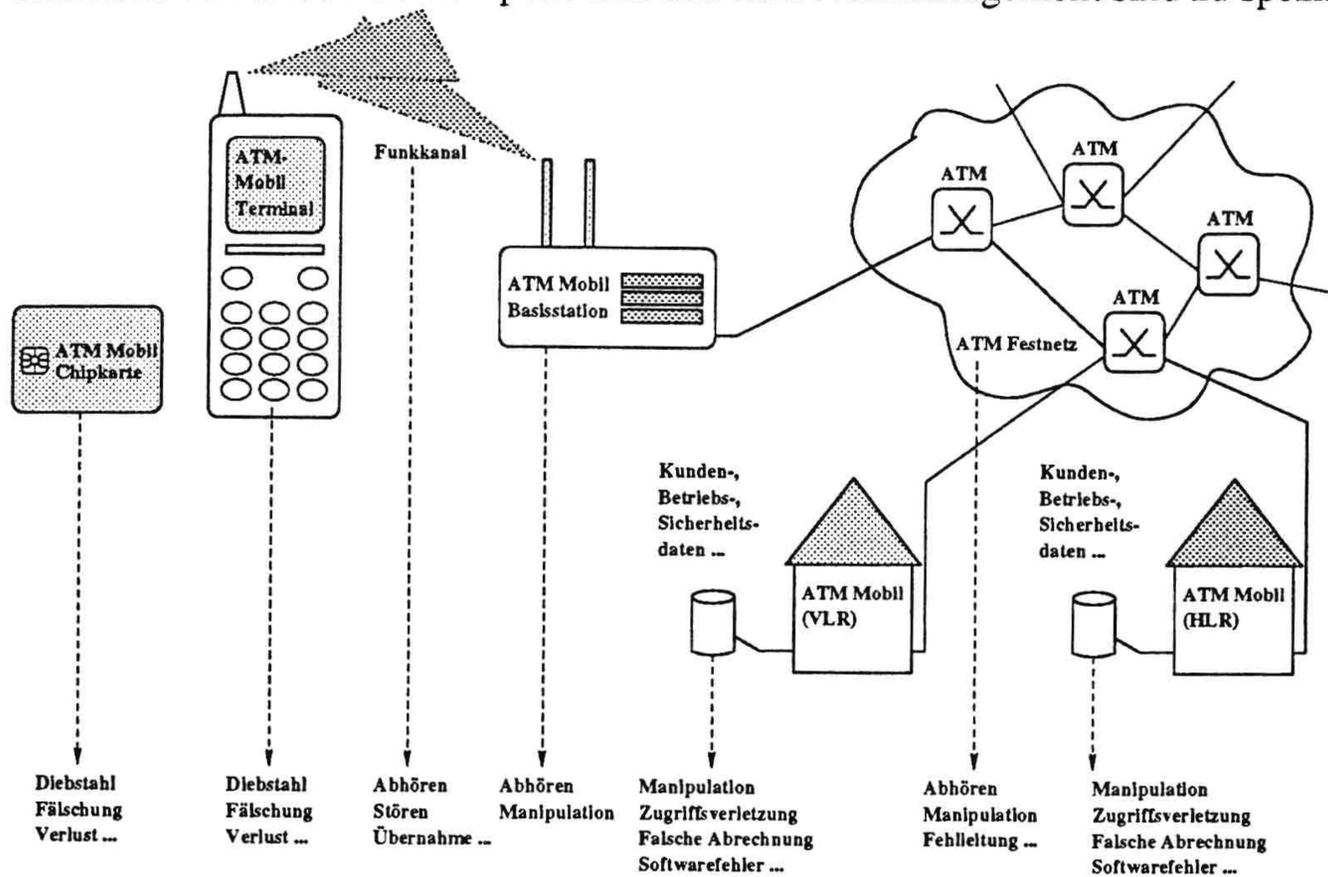


Bild 16: Sicherheitsarchitektur für das mobile Breitbandsystem

Bei Entwurf und Implementierung der systemübergreifenden Sicherheitsarchitektur werden Erfahrungen aus Mobilfunksystemen und aktuelle Entwicklungen berücksichtigt. Die Sicherheitsarchitektur wird im gesetzlichen Rahmen Verschlüsselung zur Wahrung der Privatsphäre des Benutzers bereitstellen. Der Anwender wird durch ein persönliches Hardwaremodul (Chipkarte) unterstützt. Funktionen zur Anonymisierung, Authentifizierung, Identifizierung und zur Wahrung von Daten- und Nachrichtenintegrität werden vorgesehen. Ende-zu-Ende Sicherheit kann integriert werden. Die Sicherheitssoftware wird in die Dienstplattform eines ATM-Demonstrators integriert; dabei werden unterschiedliche Dienstleister/Netzbetreiber unterstützt. Hier ist z.B. die Verwendung sicherer Methoden für den Austausch von Abrechnungsinformationen und Signalisierungsinformationen vorzusehen. Funktionen zum Schlüsselmanagement sind zu erarbeiten.

## 6. Analytische und simulative Leistungsbewertung der vorgeschlagenen Protokolle

Das ATM - Mobilfunknetz muß:

- eine Vielzahl von B-ISDN Diensten mit unterschiedlichen Systemanforderungen
- in verschiedenen Umgebungen (Indoor, Outdoor)
- mit unterschiedlichen Einflüssen (Abschattung, Multipath-Fading, etc.) auf die Kanalqualität unterstützen. Eine Verifikation und genaue Leistungsbewertung der entwickelten Protokolle und Algorithmen in verschiedenen ATM-Mobil Systemumgebungen ist daher von besonderer Bedeutung, wobei als Ergebnis für bestimmte ATM Dienste und verschiedene Systemumgebungen optimale Parameterwerte und Kommunikations-Profile vorgeschlagen werden sollen. Dazu besteht ein sehr detaillierter Simulator, Bild 17.

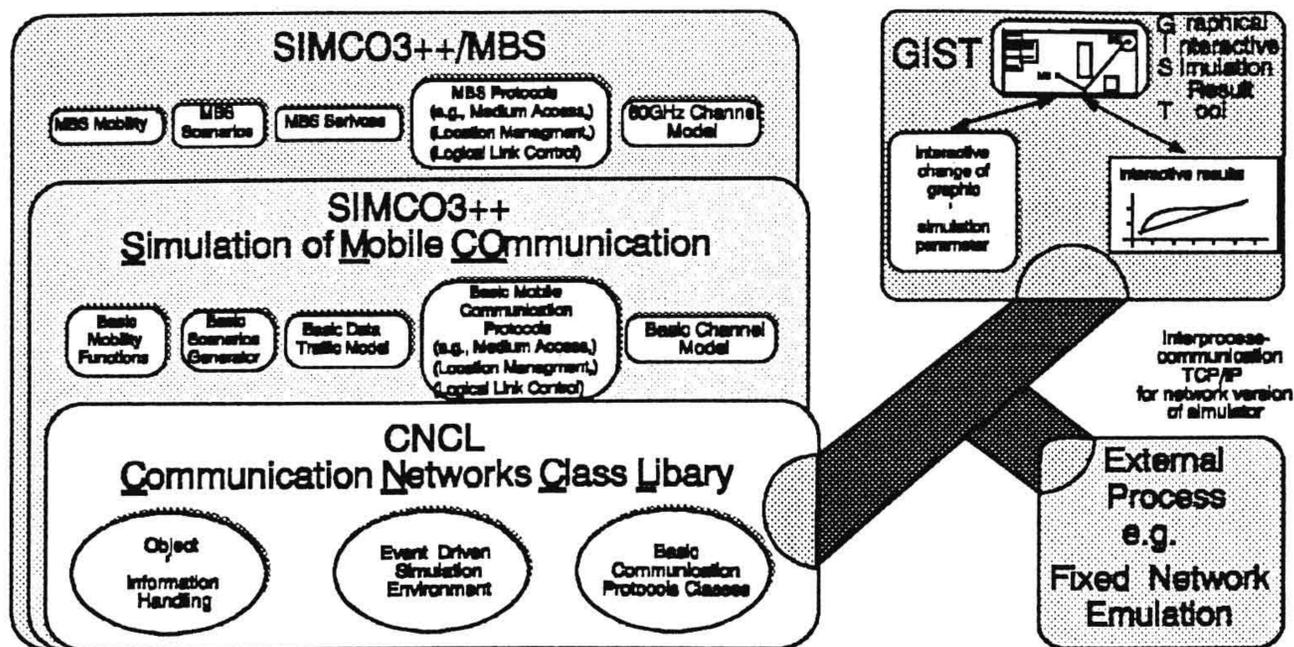


Bild 17: Simulator zur Leistungsanalyse von Protokollen mobiler Breitbandsysteme

### 7. ATM-Mobil Demonstratoren und Feldversuche

Die einzelnen ATM-Mobil Systemkomponenten müssen getestet und integriert werden. Der bestehende MBS-Prototyp zeigt die Realisierbarkeit zukünftiger ATM-Mobilfunknetze, Bild 18. Die Auswertung der Feldtestmessungen ermöglicht eine Verifikation der durch die Simulationen erhaltenen Ergebnisse.

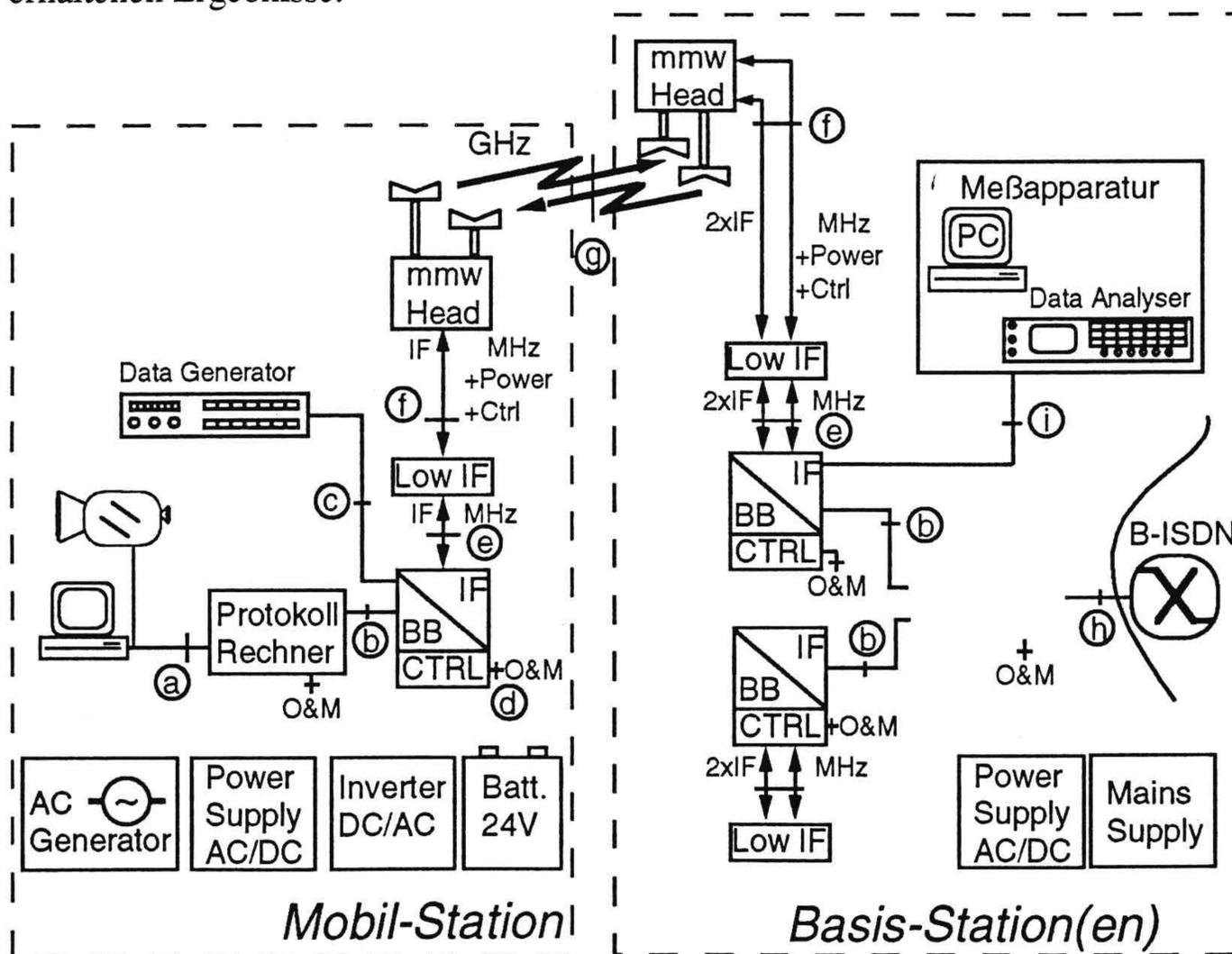


Bild 18: MBS Demonstrator:  
 a: Terminal zu Protokollrechner (z.B. UNI)  
 b: BSC zu BST Schnittstelle  
 d: Operation & Maintenance  
 f: Low-IF-Schnittstelle

a: Terminal zu Protokollrechner (z.B. UNI)  
 c: Externer Datengenerator zu Modem  
 e: IF-Schnittstelle  
 g: Luftschichtstelle  
 h: BS-Steuerung zu B-ISDN (UNI \*)  
 i: Modem zu Meßapparatur

Meine Mitarbeiter Carl-Herbert Rokitansky, Carmelita Görg, Markus Scheibenbogen, Dietmar Petras, Dieter Pläßmann und Ralf Popp haben zu diesem Aufsatz beigetragen. Ich möchte ihnen an dieser Stelle herzlich danken.

### **Literatur**

- [1] European Telecommunications Standards Institute RES10, High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN), Draft Version 1.1, Sophia Antipolis, France, January 1995
- [2] W. Herrig, C. Plenge: Bewertung von dezentralen Zugriffsmechanismen bei HIPERLAN, 2. ITG-Fachtagung Mobile Kommunikation, 26.-28. Sept. 1995, Neu-Ulm, ITG-Fachberichte Nr. 135, VDE-Verlag, S. 371-378
- [3] D. Petras: Untersuchung eines Kanalzugriffsprotokolls für eine mobile Erweiterung von ATM-Netzen, 2. ITG-Fachtagung Mobile Kommunikation, 26.-28. Sept. 1995, Neu-Ulm, ITG-Fachberichte Nr. 135, VDE-Verlag, S. 387-394
- [4] C. Görg, S. Kleier, M. Guntermann, M. Fröhlich: An European solution for advanced UPT: integration of services for personal communications. TINA 1995 Conference, 13-15. Feb. 1995, Melbourne, Australia.
- [5] R. Popp, M. Fröhlich: A security architecture for mobile personal communication services among heterogeneous networks, 2. ITG-Fachtagung Mobile Kommunikation, 26.-28. Sept. 1995, Neu-Ulm, ITG-Fachberichte Nr. 135, VDE-Verlag, S. 423-431
- [6] Walke: Technikakzeptanz und -verträglichkeit von mobilen Kommunikationsnetzen, ITG-Fachtagung „Herausforderung Informationstechnik“, 18.-20. Okt. 1994, München, VDE-Verlag Offenbach