

Die digitale Vernetzung Österreichs



Ing. Peter Raffer

Post und Telekom Austria/Direktion Graz (PTA)

Seit 1980 mitverantwortlich für den Aufbau von Fernsprechvermittlungstellen im Bereich der Steiermark sowie Mitwirkung bei Schulungen von Mitarbeitern im Bereich Vermittlungstechnik. Seit 1996 mitverantwortlich für den Aufbau des ATM-Netzes der Steiermark.



Dipl. Ing. Herwig Rehatschek

Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen (Technische Universität Graz)

Seit 1995 als Dissertant und Webmaster am Institut tätig mit den Hauptforschungsgebieten: Speicherung und Organisation von großen Bilddatensätzen, Java und Datenbanken sowie Mitwirkender am Aufbau eines ATM Testnetzwerkes an der TU-Graz.

Seit dem offiziellen Start des Europäischen ATM (Asynchronous Transfer Mode) Pilotversuches im Juli 1994, an dem sich 18 europäische Telekommunikationsbetreiber inklusive der Österreichischen Post und Telekom beteiligt haben, hat sich in Europa und vor allem in Österreich einiges getan. Seit Juli 1996 wurden ATM-Links zwischen Graz/Wien und Linz/Wien im ACONet (Austrian scientific COmputer Network) in Betrieb genommen. Das Joanneum Research Graz wurde im Juli 1996 über einen 155 MBit-ATM Link an den Vorfeldknoten Graz angeschaltet. In der zweiten Jahreshälfte 1996 wurde in Kooperation mit der PTA, ORF und ARS Electronica in Linz ein Betriebsversuch ins Leben gerufen bei dem Übertragungen von ORF Life-Sendungen aus dem ARS Electronica über ATM durchgeführt werden. Ein weiteres Projekt beschäftigt sich mit der Überarbeitung und Übertragung von Filmmaterial inklusive Archivierung sowie mit interaktiven Multimedia Anwendungen. In weiterer Folge ist die Vernetzung der ORF-Landesstudios und diverser Fußballstadien geplant. Dieser Artikel soll einerseits eine Einführung in die ATM Technik im allgemeinen und im speziellen eine Übersicht der derzeitigen angebotenen Infrastruktur und Breitbanddienste der Post und Telekom geben.

Technischer Überblick: ATM und B-ISDN

Einführung

ATM (Asynchronous Transfer Mode) [1] ist eine Hochgeschwindigkeits Übertragungstechnik für jede Art von binärer Information (Sprache, Daten, Bilder) bei der die Übertragung in Form von Zellen (Pakete fester Länge) erfolgt. ATM wurde 1991 von der ITU-T (damals CCITT) als der Standard für B-ISDN (Breitband-ISDN) [2] zur Integration aller vorhandenen Dienste sowie als Framework für alle zukünftigen Dienste festgelegt [3]. B-ISDN setzt auf die Funktionalität des Schmalband-ISDN (N-ISDN bzw. EURO-ISDN) [4] auf. Das ATM-Netz wird von ATM-Switches gebildet, die über von plesiochronen (PDH-Plesiochronous Digital Hierarchy) und synchronen (SDH-Synchronous Digital Hierarchy) Netzen zur Verfügung gestellten physikalischen Schichten miteinander verbunden werden. Derzeit stehen Zugangsgeschwindigkeiten von 2 Mbit/s bis 622 Mbit/s (OC-12c) zur Verfügung, eine Erweiterung auf 2488,32 Mbit/sec (OC-48c) ist in naher Zukunft zu erwarten. Dies

ermöglicht die Integration verschiedenster Breitbanddienste wie z.B. die Übertragung von Videos oder Multimediale E-mail. Die von ITU-T spezifizierten Schnittstellen für die B-ISDN Teilnehmer sind in der Abbildung 1 dargestellt.

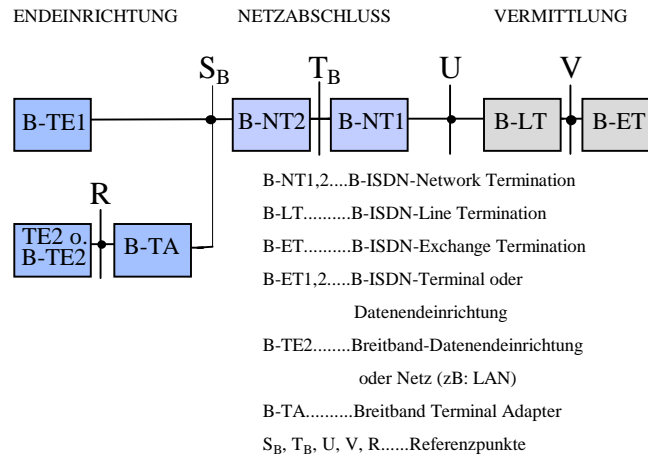


Abbildung 1: ATM/B-ISDN Referenzpunkte (Schnittstellen)

Jede ATM Zelle weist 5 Byte Zellenkopf und 48 Byte Nutzlast auf. Eine ATM Verbindung besteht im wesentlichen aus einem virtuellen Pfad (VP Virtual Path) und aus einer Anzahl von virtuellen Kanälen (VC Virtual Channel) innerhalb desselben. Nur der Zellenkopf wird von den Netzknoten analysiert und verarbeitet, um die Pakete vom Sender zum Empfänger zu befördern (routing). Hierzu enthält der Zellenkopf zwei sich ergänzende Felder, das VPI (Virtual Path Identifier) und das VCI (Virtual Channel Identifier) Feld. Das VPI Feld identifiziert den virtuellen Pfad, zu dem die Zelle gehört - das VCI Feld den virtuellen Kanal innerhalb desselben. Mit Hilfe dieser beiden Felder können ATM Zellen nun gemultiplext (asynchroner Zeitmultiplex), übertragen bzw. vermittelt werden. Siehe hierzu Abbildung 2.

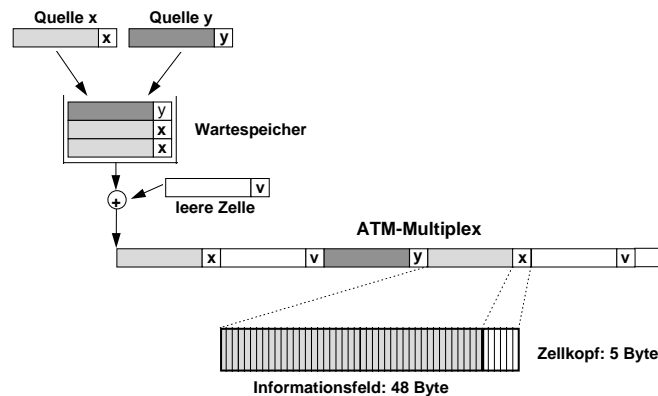


Abbildung 2: Prinzip des asynchronen Multiplexen bei ATM

Da ATM virtuelle Pfade und virtuelle Kanäle definiert, kann eine Durchschaltung sowohl über eine reine VP-Vermittlung als auch über eine VP in Kombination mit einer VC-Vermittlung erfolgen (Abbildung 3). Somit erfolgt eine verbindungsorientierte Durchschaltung über physikalische Leitungswege durch die Umsetzung der logischen VPI und VCI Felder. Bei der Zellvermittlung wird die Reihenfolge der Zellen sichergestellt. Zellverluste, welche nur mit geringer Wahrscheinlichkeit auftreten dürfen (bei 80% Auslastung und einer Puffergröße für 50 Pakete ist die Wahrscheinlichkeit $< 10^{-10}$ [5]), werden durch Puffer Speicher in den ATM Switches limitiert.

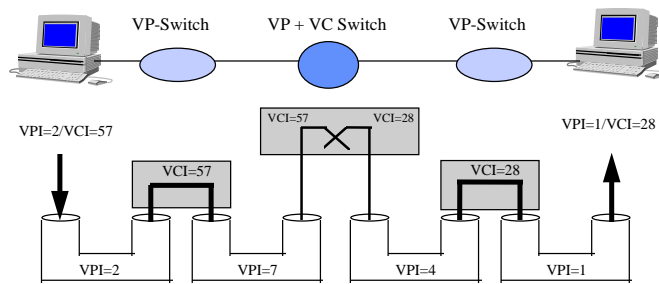


Abbildung 3: VP/VC ATM Vermittlung

Abhängig von der Verwaltung der Verbindungen unterscheidet man zwischen *festgeschalteten* und *vermittelten* Netzen. In einem *festgeschalteten Netz* werden die Verbindungen vom Operator einer Netzwerkmanagementzentrale (NMC - Network Management Centre) verwaltet, von der die Vermittlungsknoten gesteuert und ihr Zustand überwacht wird. Der Operator kann dabei die Übertragungsgeschwindigkeit der virtuellen Verbindungen dynamisch einstellen. Diese Verbindungen können auch zeitgesteuert ab- bzw. aufgebaut werden. In einem *vermittelten Netz* erfolgt die Knotensteuerung in Echtzeit durch die Teilnehmer, die selbst die von ihnen benötigten Verbindungen herstellen.

Verbindungen können mit unterschiedlicher Bitrate und Verkehrs- bzw. Dienstgüte (QoS Quality of Service) geschaltet werden. Die gewünschte QoS-Klasse kann der Benutzer beim Verbindungsaufbau für jede Übertragungsrichtung anfordern. Zu den Verkehrslastparametern zählen seit der UNI (User Network Interface) Version 3.1 die folgenden sieben Parameter: max. Bitrate, Durchschnittsrate, Zellverzögerungsvariation, Burst Toleranz, Zellverzögerung, Zellverlustrate und minimale Zellenrate. Das Netz überprüft (CAC ... Connection Admission Control) [7], ob die Verbindung mit den geforderten Parametern mit einer gewissen hohen Wahrscheinlichkeit akzeptiert werden kann, wenn nicht, wird die Verbindung verweigert. Die Kommunikation erfolgt über einen "Rufserver" unter Verwendung einer spezifischen Signalisierungssprache. Eine Signalisierung dieser Art ist das FRP (Fast Reservation Protocol).

Protokoll Referenzmodell

Für ATM wurde ein Referenzmodell festgelegt gemäß Abbildung 4 festgelegt. Aus der Benutzerebene ankommende Daten werden in der AAL Anpassungsschicht (AAL... ATM Adaptation Layer) und dem ATM Layer in den 48 Byte Nutzlast der ATM Zelle gekapselt bzw. umgekehrt wieder in die dienstspezifische Information zurückgewandelt. Abhängig von den Diensten bzw. Dienstklassen werden noch Steuer- und Sicherungsbits in den Nutzinformationen der ATM-Zellen mitverpackt. In der ATM-Schicht (ATM-Layer) wird nur der 5 Byte große Zellenkopf, der die notwendigen Informationen für die ATM-Übertragung und Vermittlung enthält, generiert und bearbeitet, sowie den Nutzinformationen der Zelle angefügt bzw. entzogen. Das ATM-Verfahren ist bis zur ATM-Schicht unabhängig vom physikalischen Medium, diese kommt erst in der

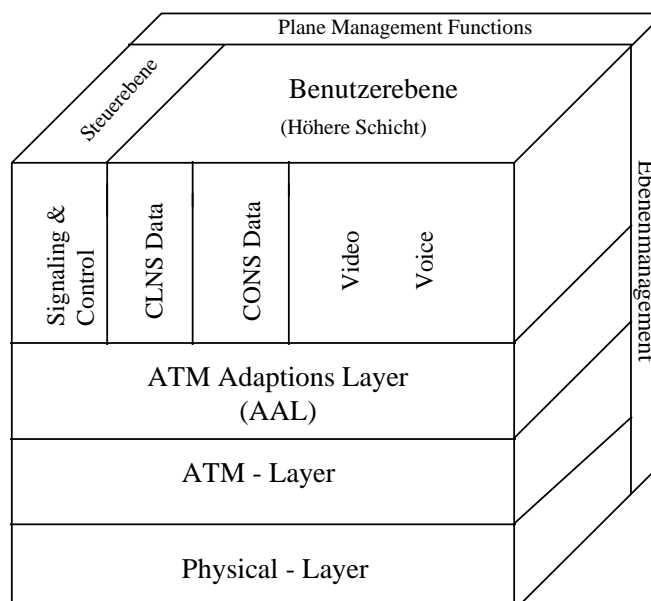


Abbildung 4: ATM Referenzmodell

physikalischen Schicht (Physical Layer) zum Tragen (z.B.: SDH oder PDH).

Die ATM AALs sind dafür verantwortlich alle existierenden Datendienste (sowohl verbindungsorientiert / paketorientiert als auch synchron / asynchron / isochron) zu unterstützen und transparent für den Benutzer zu übertragen. Ursprünglich wurden vier AALs von der ITU-T definiert, die direkt mit Service Klassen von A-D bezeichnet wurden. Später wurden AAL3 und AAL4 zu einem Layer zusammengefaßt und mit AAL3/4 bezeichnet. Dieser AAL unterstützt nun sowohl Klasse C als auch D. AAL 5 wurde vom ATM Forum spezifiziert und es wird von der ITU-T erwogen, diesen Layer ebenfalls für Dienste der Klasse C zu verwenden [5]. Die Entwicklung wurde von zahlreichen Herstellern und Anwendern vorangetrieben, da der von der ITU-T spezifizierte AAL3/4 einen zu hohen Overhead besitzt. Weiters ist die Erkennung von Bitfehlern nicht ausreichend. In Abbildung 5 kann man erkennen, welche AALs man für bestimmte Dienstanforderungen verwenden kann. So benötigt man für eine IP über ATM Übertragung z.B. AAL 3/4, da TCP/IP keine zeitliche Relation zwischen Quelle und Ziel verlangt, eine variable Bitrate akzeptiert und ein verbindungsloser (Datagram) Dienst ist.

	Service Klasse			
Anforderungen	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Zeitbeziehung zwischen Quelle und Ziel	benötigt		nicht benötigt	
Bit Rate	konstant	variabel		
Verbindungs Modus	verbindungsorientiert			verbindungslos
AAL(s)	AAL1	AAL2	AAL3/4 or AAL5	AAL3/4 or AAL5
Beispiele	DS1, E1, p×64, unkompr. Video	VOD, Audio	Frame Relay	IP, SMDS, X.25

Abbildung 5: *ATM Service Klassen.* Definition der einzelnen AALs samt Beispielen für welche bereits existierende Services sie angewendet werden können.

Mit den fünf AALs ist es ATM möglich, alle existierenden Datendienste zu unterstützen, was auch eines der Hauptziele der ATM Technologie war. Auf Grund der äußerst allgemeinen Merkmale bietet ATM auch einen Rahmen für zukünftige, noch zu definierende Dienste [6].

Architektur eines ATM Netzwerkes

Abbildung 6 zeigt die Gesamtstruktur eines ATM-Netzes mit folgenden Strukturelementen:

- Infrastrukturnetz
- Servernetz
- Teilnehmernetz

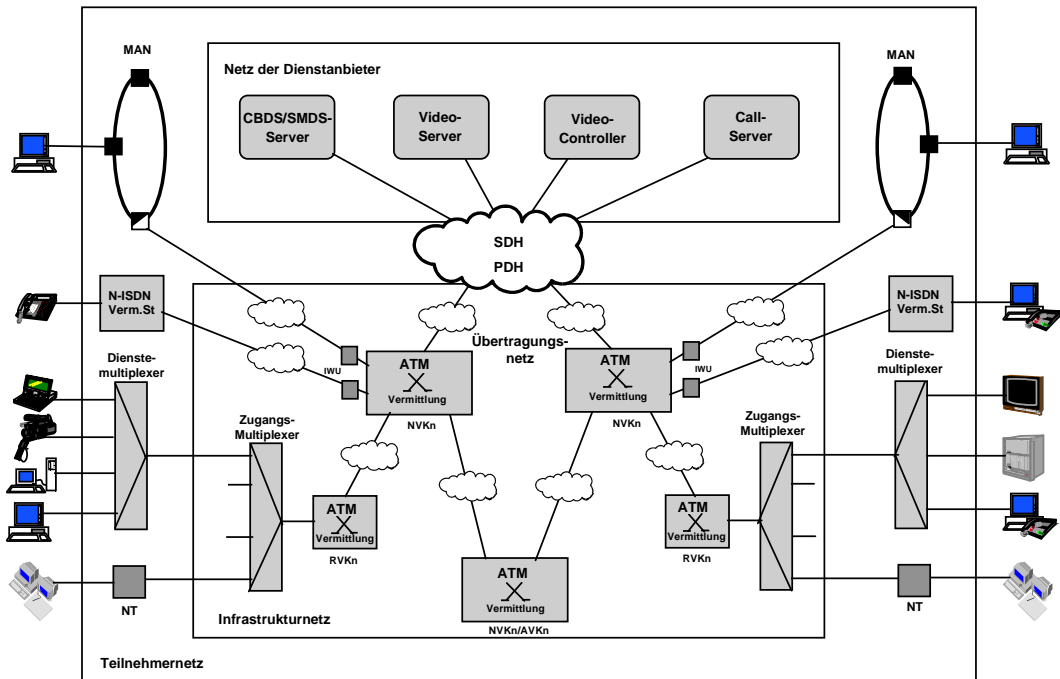


Abbildung 6: Gesamtarchitektur eines ATM-Netztes

Das *Infrastrukturnetz* innerhalb Österreichs setzt sich aus dem Kernnetz, das sich aus den nationalen ATM Vermittlungsknoten (NVKn) und den regionalen ATM-Vermittlungsknoten (RVKn) bildet, und den Zugangsmultiplexern zusammen. Die NVKn und RVKn dienen als B-ISDN Vermittlungsstellen. Über eine Interworking Unit (IWU) wird die Anschlußfunktionalität für MAN und N-ISDN sichergestellt. Die Netzwerkmanagement Funktion wird über ein NMC (Network Management Center) wahrgenommen. Das Übertragungsnetz stellt die Verbindung zwischen den einzelnen Komponenten in SDH-, bzw. PDH-Technik her.

Das *Servernetz* ist über ATM-Verbindungen an das Infrastrukturnetz angeschlossen. Dieses kann bestehen aus Servern für: CBDS/SMDS, Video-Server, Video Controller, Call-Server für Teilnehmersignalisierung, um ATM-Verbindungen in Echtzeit und für eine beliebige Dauer Ruf für Ruf herzustellen.

Die *Teilnehmernetze* enthalten im Prinzip alle möglichen Arten von Endeinrichtungen. Eine Anpassung der Endgeräte an das Infrastrukturnetz kann entweder mit einem Adapter beim Teilnehmer der die spezifischen AAL-Schichten bearbeitet, bzw. über eine für den betreffenden Dienst verfügbare Schnittstelle des Infrastrukturnetzes erfolgen. Der Zugang aus MAN-Netzen sowie von Schmalband ISDN-Teilnehmern aus dem öffentlichen Fernsprechnetz wird über eine IWU (Interworking Unit) ermöglicht.

Vorteile von ATM

ATM bietet folgende technische Vorteile:

- 4 Hohe Bandbreite für WANs, derzeit bis OC-12c (622 Mbit/sec)
- 4 Service Qualität für jede Verbindung definierbar
- 4 Standardisiert für eine große Anzahl von existierenden physischen Infrastrukturen (SDH, PDH, SONET, FDDI, DQDB, MM Fiber Interface)
- 4 Einzige bekannte Technologie, die Daten, Sprache und Video global effizient transportieren kann
- 4 LAN-Emulation ermöglicht eine ATM backbone Verbindung bestehender Ethernet/Token Ring LANs per bridges oder einen Übergang zwischen ATM und nicht-ATM LANs über eine bridge.
- 4 Einfachere Installation von ATM Switches gegenüber Routern
- 4 Gute Skalierbarkeit

Infrastruktur der Post und Telekom in Österreich

In Österreich startete die Entwicklung der Breitbandkommunikation als universelles Medium der Datenübertragung bereits im Jahre 1985 mit dem Aufbau des sogenannten Ö-Netzes, das sich damals noch vorwiegend aus Koaxialkabel- und Richtfunkstrecken zusammensetzte. Parallel zum Einsatz digitaler Fernsprechvermittlungstechnik (OES) werden seit damals alle Weitverkehrsverbindungen ausschließlich in Glasfasertechnik errichtet. Mit dem Einsatz des derzeit modernsten Übertragungssystems, der SDH-Technik (Synchronous Digital Hierarchy) [8] und dem Aufbau von Netzknoten in MAN- und ATM-Technologie wurde in Österreich die Voraussetzung für ein europäisches integriertes Breitbandnetz geschaffen. Ein Netzüberblick des Kernnetzes mit dem MAN und ATM der PTA ist der Abbildung 7 zu entnehmen. Das ATM-Kernnetz ist mit Ende Februar 1997 verfügbar und wird mit Alcatel 1000-AX bzw. Siemens APEX Switches realisiert. Es stellt eine Bandbreite von 155 Mbit/sec zur Verfügung.

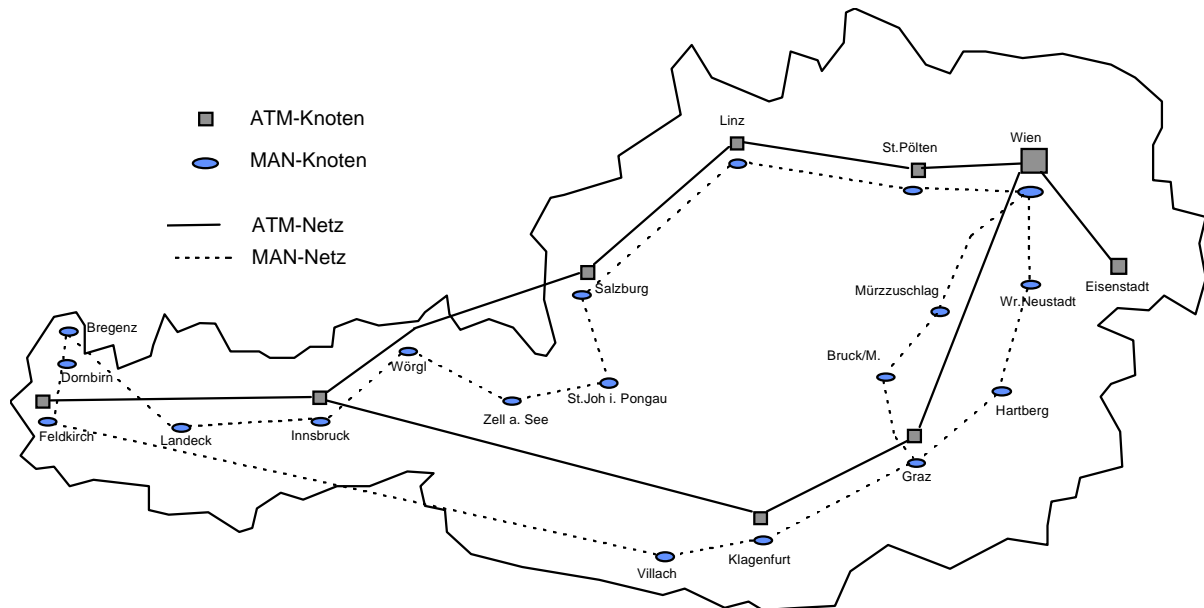


Abbildung 7: Kernnetz von ATM und MAN

Das MAN ist eine verbindungsunabhängige Breitband-Technologie für die gleichzeitige Übertragung von Daten-, Bild- und Sprachinformationen. Die hohe Bandbreite (bis 155 Mbit/s) wird am gemeinsamen Bus allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Das System verwendet den DQDB (Distributed Queue Dual Bus) IEEE 802.6 Standard und kann grundsätzlich asynchrone und synchrone Dienste anbieten. In dieser Technologie werden Dienste wie CBDS/SMDS (Connectionless Broadband Data Service/Switched Multimegabit Data Service), Frame Relay und LAN-Anschluß (mit Ethernet- oder Token Ring-Protokoll) angeboten. Weiters stehen auch Breitbanddienste für Sprach- und Videoübertragung (isochrone Dienste) zur Verfügung.

Breitband Dienste der Post und Telekom

Die PTA bietet derzeit die in Tabelle 1 zusammengefaßten Dienste über das Kernnetz an.

Dienst	Angebotene Schnittstellen
CBDS/SMDS	PDH: E1, E3, SDH: STM-1
Frame Relay	E1, X.21, RS449
Video	MPEG, PAL, NTSC
Ethernet	IEEE 802.3
Token Ring	IEEE 802.5
ATM (VP, CBR)	TAXI, PDH: E1, E3, SDH: STM-1, HSSI

Tabelle 1: Von der PTA derzeit angebotene Dienste samt der international genormten Schnittstellen

Für die ATM Technologie stehen derzeit die symmetrische (Verbindung zum und vom Teilnehmer weisen dieselbe Bitrate auf) und die asymmetrische Benutzung (Verbindung zum und vom Teilnehmer weisen

unterschiedliche Bitrate auf) zur Verfügung. Dem Teilnehmer kann hierbei jede gewünschte Bandbreite innerhalb von 2 - 155 Mbit/sec in Stufen von jeweils 1 Mbit/sec eingerichtet werden. Dementsprechend fällt auch die Vergütung unterschiedlich aus. Es werden AAL1, AAL3/4 und AAL5 angeboten. Zur Zeit ist das Netz noch festgeschaltet, eine Änderung der QoS Parameter sowie von vorhandenen Verbindungen muß über einen Anruf im Network Management Center erfolgen. In Zukunft wird es aber dem Benutzer selbst möglich sein, die Qualität seiner Verbindung und das Ziel festzulegen.

Grundsätzlich wurde Vorsorge getroffen, daß in allen Bezirkshauptstädten bzw. in Industriezonen kurzfristig Glasfaserverbindungen bei den Teilnehmern zur Verfügung gestellt werden können. Für Kunden mit engen wirtschaftlichen Beziehungen zueinander können im lokalen Bereich spezielle ATM-Anschlüsse für die interne Verkehrsabwicklung realisiert werden, wobei der Zugang zum Kernnetz selbstverständlich gegeben ist. Allerdings ist eine Glasfasereinbindung nicht in jedem Fall erforderlich. Es besteht auch die Möglichkeit, über die in der Regel beim Kunden bereits vorhandenen Kupferanschlußleitungen über die HDSL (High bitrate Subscriber Line) Technik, Bitraten mit bis zu 2 Mbit/s auf eine Entfernung von bis zu 6 km zu übertragen. In Zukunft sollen auch ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) und VDSL (Very high bitrate Asymmetric Digital Subscriber Line) verfügbar sein [9]. Mit V/ADSL hat man die zusätzliche Möglichkeit, Teilnehmer asymmetrisch anzuschließen. Das bedeutet die Verbindung zum Teilnehmer kann eine andere Bitrate aufweisen als diejenige von ihm kommende. Eine Übersicht über dieser Technologien ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Technologie	Reichweite	Bitrate
HDSL	bis zu 6 km	2 Mbit/sec
ADSL	2-5,4 km	1,5 - 8 Mbit/sec bzw. 16-640 kbit/sec*
VDSL	bis 1000 m	bis 55,2 Mbit/sec**

* Die Verbindung ist asymmetrisch voll duplex. Der erste Wert bezieht sich auf die Verbindung zum, der zweite auf die Verbindung vom Teilnehmer.

** variabler Duplexbetrieb ist wie bei ADSL vorgesehen

Tabelle 2: Verschiedene Technologien um über verdrehte Kupferdrahtleitungen Datenraten im Mbit Bereich übertragen zu können.

Da mit einer flächendeckenden „Glasfaser-zum-Haushalt“ Infrastruktur in naher Zukunft nicht zu rechnen ist, kann man diesen Technologien einen hohen Marktstellenwert zuweisen. Derzeit wird HDSL von der PTA bereits angeboten, ADSL und VDSL werden je nach Verfügbarkeit der Produkte und Standards in Kürze folgen.

Die Kosten für die oben genannten Anschlüsse bzw. Dienste richten sich nach der örtlichen Lage der Anschlüsse, den beanspruchten Diensten, den gewünschten Bandbreiten, der Dauer der virtuellen Verbindung sowie den Vergütungszonen (Inland oder Ausland). Die PTA erarbeitet in jedem Einzelfall entsprechend den Bedürfnissen des Teilnehmers die günstigste Realisierungsvariante. Für Pilotprojekte werden Sonderkonditionen vereinbart. Nähere Informationen und kundenspezifische Beratung hierzu siehe [10].

Ausblick

Nach der Errichtung eines internationalen ATM-Knotens in Wien im Jahre 1994, der entsprechend den Spezifikationsgrundlagen von ITU, ETSI und EURECOM die Abwicklung eines internationalen Breitbandverkehrs ermöglicht, erfolgt bis Februar 1997 die Inbetriebnahme von weiteren nationalen ATM-Knoten in den Städten Linz, Graz, Klagenfurt, Innsbruck, Salzburg, Feldkirch, Eisenstadt und St.Pölten. Bis Ende 1997 werden auch das Interworking zu MAN und N-ISDN realisiert. Selbstverständlich wird neben dem weiteren Aufbau von regionalen Vorfeldknoten und Zugangsmultiplexern ein weiteres Hochrüsten im Konnex der internationalen Empfehlungen und Normen kontinuierlich erfolgen. Die ATM-Technologie wird neben der Einbindung bestehender Datendienste, besonders bedingt durch die gute Skalierbarkeit und die Unabhängigkeit vom physikalischen Layer, eine starke Verbreitung finden. Multimedia-Applikationen wie: Video on Demand, Videotelefon, Videokonferenz, sowie diverse Business-Dienste bieten sowohl Medienanbietern als auch Entwicklern und Betreibern lukrative Geschäftsfelder. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei auch die von der PTA gebotene Möglichkeit, internationale Verbindungen in andere europäische Länder zu betreiben.

Referenzen:

[1] Empfehlung I.140 und I.361 des ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)

[2] Empfehlung I.321 und X.200 der ITU-T

- [3] D. McDysan, D. Spohn, ATM - Theory and Application. ISBN: 0-07-060362-6, McGraw-Hill, 1994
- [4] Empfehlung G.704 der ITU-T
- [5] Prycker M., 1994. „Asynchronous Transfer Mode“. ISBN: 3-930436-03-5, Prentice Hall.
- [6] R. Händel, M. Huber, S. Schröder, ATM Networks - Concepts, Protocols, Applications. ISBN: 0-201-42274-3, Addison Wesley, 1994
- [7] H. Saito, Teletraffic Technologies in ATM Networks. ISBN: 0-89006-622-1, Artech House, 1994
- [8] Empfehlung G 707, G 708, G 709 von CCITT
- [9] M. Schenk, D. Schmücking, A. Wörner, I. Ruge, 1996. „VDSL (Very high bitrate Digital Subscriber Line) - die 3. Generation der digitalen Teilnehmeranschlußleitung“, Telekom Praxis 6/96, Seiten 10-19
- [10] Post und Telekom, Austria - Business Center, Marburger Kai, 8010 Graz, Ing. Winkelbauer, Tel.: 0316 / 880 2023 oder: 0316 / 880 2020