

5. ATM - Spezifikationen

ATM (Asynchroner Transfer Mode) ist ein paketorientierter Übertragungsmodus, der auf synchronen Zeitvielfach-Multiplexverfahren und dem Einsatz von Zellen fester Länge beruht. Bei dieser Verbindungsart ist keine Quittung erforderlich. Die Informationen werden in Blöcken fester Länge unterteilt und jedem Block wird eine Steuerinformation vorangestellt. Diese Übertragungseinheit wird ATM-Zelle genannt. Beim ATM-Konzept werden ständig ununterbrochene Zellen übertragen. Wenn keine Nutzinformationen vorhanden sind, dann werden speziell gekennzeichnete Leerzellen gesendet. Die Zellen werden zeitlich unabhängig voneinander übertragen und haben so nicht die gleichen

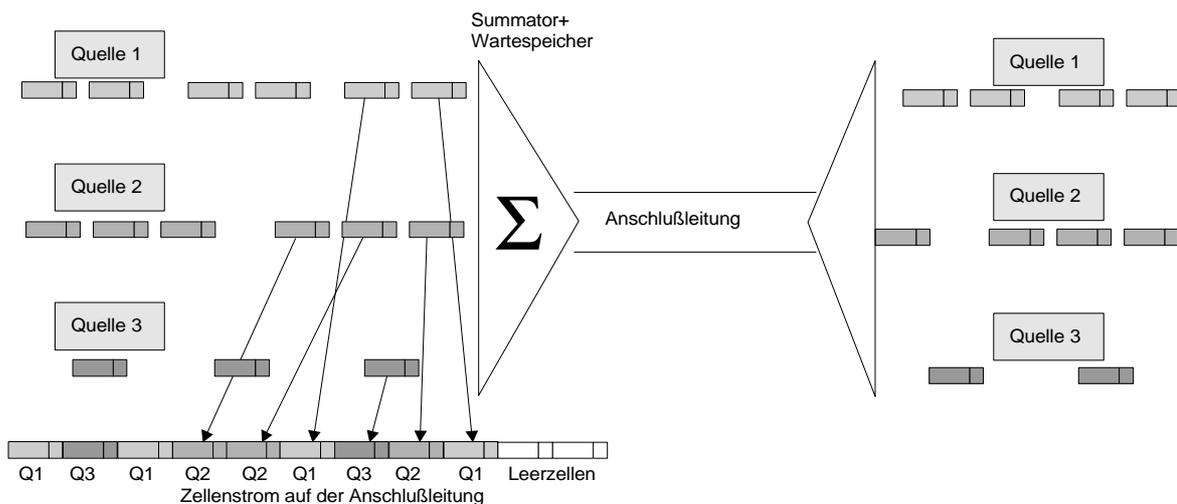


Abbildung 5-1 Multiplexen mehrere Quellen auf einen ATM-Anschluß

zeitlichen Abstände auf der Übertragungsstrecke, dies nennt man asynchron. Durch das Multiplexen ist es möglich, verschiedene Bitströme (64kbit/s, 2Mbit/s, usw.) auf die gleiche Art und Weise zu übertragen. Aus den ankommenden Bitströmen werden ATM-Zellen gebildet, die dann nach Bedarf freie Zeitschlitze auf dem Übertragungskanal belegen, dadurch entsteht eine asynchrone Übertragung. Jede Zelle wird auf die gleiche Art und Weise verarbeitet und ist deshalb für die Verarbeitung aller jetzt bekannten Anwendungen und auch zukünftiger Entwicklungen bestens geeignet.

5.1. Allgemein

Die Übertragung im ATM-Netzwerk wird in virtuellen Kanälen organisiert, wobei mehrere Kanäle einen virtuellen Pfad bilden. In einem physikalisch vorhandenen Breitbandkanal können mehrere virtuelle Pfade enthalten sein. Die Verkehrslenkung entspricht einer Eisenbahnstrecke mit vielen parallel geführten Gleisen. Jedes Gleis entspricht einem Kanal und mehrere Gleise bilden einen Pfad, der zu einem bestimmten Ziel führt. In unregelmäßigen Abständen gibt es Kreuzungspunkte (ATM-VSt), an denen die Kanäle und Pfade, genau wie im Eisenbahnverkehr neu aufgeteilt werden können und auch andere Wege zum gleichen Ziel nehmen. Jeder virtuelle Kanal erhält eine VCI (Virtual Channel Identifier) und jeder virtuelle Pfad eine VPI (Virtual Path Identifier).

Um Endsysteme und Knoten miteinander und untereinander verbinden zu können, wurden zwei verschiedenen Schnittstellen definiert. Die UNI (User Network Interface) dient als Netzzugangs-Schnittstelle und die NNI (Network Network Interface) als Knoten-Knoten-

Verbindung. Durch die Unterteilung der ATM-Netze in Private und Öffentliche wurde ein unterteilen in eine private und öffentliche UNI notwendig. Das öffentliche ATM-Netz wird als Breitband-ISDN bezeichnet. Private ATM-Netze können durch öffentliche ATM-Netze miteinander verbunden werden, so als ob es ein einziges Netz ist. Das öffentliche UNI wird bei der Kopplung von privatem und öffentlichem Netz eingesetzt, wohingegen das private UNI zur Verbindung von privatem Netz und Endsystem benutzt wird.

Im ATM-Netz wird keine abschnittsweise Fehlersicherung mehr durchgeführt, dies läßt sich auf die gute Übertragungsqualität der Glasfaser zurückführen. Wenn ein Teilstück einer Übertragungsstrecke ausfällt, dann meldet kein beteiligtes Element diese zurück, um den Fehler zu umgehen. Die Bitfehlerrate liegt bei 10^{-8} bis 10^{-12} . In den Endsystemen kann eine Fehlerprüfung eingebaut werden. Eine abschnittsweise Flußsteuerung ist auf Grund der hohen Übertragungs- und Paketverarbeitungsgeschwindigkeit nicht möglich. Es findet keine Rückmeldung an die Sendeseite statt. ATM ist eine verbindungsbezogene Übertragungsart. Für die Übermittlung der Pakete wird vorher eine virtuelle Verbindung aufgebaut, die einen oder mehrere virtuelle Pfade und mehrere virtuelle (logische) Kanäle enthält. Die Betriebsmittel bleiben während der ganzen Übertragung erhalten, und werden nach Beendigung der Übertragung wieder freigegeben. Alle Pakete nehmen den selben Übertragungsweg durch diesen Pfad. Zwischen den Stationen werden QoS (Quality of Service) ausgetauscht. QoS enthalten verschiedene Parameter, z.B. die durchschnittliche Zellübertragungsrate, die Spitzenzellrate und die Zellverlustpriorität. Im Netz stehen genug Ressourcen bereit, um Überlastsituationen zu vermeiden und die Daten zwischen zu speichern.

5.2. Das ATM-Schichtenmodell

Das ATM-Referenzmodell ist ähnlich dem OSI-Referenzmodell. Es enthält verschiedenen Säulen (Planes) von Kommunikationsprotokollen.

- U-Plane (Benutzersäule): für die Übertragung der Benutzerinformation, sie entspricht dem ISDN-B-Kanal
- C-Plane (Signalisierungssäule): für die Übertragung der Signalisierungs- und Steuerinformationen, sie entspricht dem ISDN-D-Kanal
- M-Plane (Managementsäule): dient der Übertragung der Managementinformationen.

Die ATM- und AAL-Schicht (ATM-Adaption-Layer) sind speziell für den asynchronen Transfermodus entwickelt worden und nicht im OSI-Referenz-Modell enthalten.

Die physikalische Schicht steht in enger Verbindung zum Übertragungsmedium und hat folgende Aufgaben:

- Bitübertragung,
- Erzeugung von Leerzellen, wenn keine Daten zum Übertragen vorliegen; dient zur Erzeugung eines kontinuierlichen Zellenstromes,
- Synchronisation: Erkennung des Zellkopfes und Zellendes, auch wenn eine Zelle z.B. durch zwei SDH-Rahmen übertragen wird,
- HEC-Erzeugung und -Auswertung: Erzeugung von Prüfzeichen im Sender und Behebung von Fehlern im Empfänger und
- Zellengrenzerzeugung.

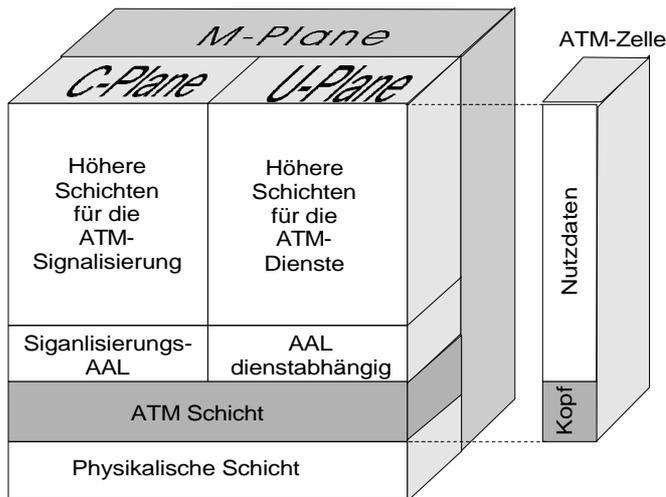


Abbildung 5.2-1 ATM-Schichtenmodell

Man kann die Schicht in zwei Unterschichten (Sublayer) unterteilen, das Physische Medium (PM) und die Übertragungskongvergenz (TC). Der PM-Sublayer ist tatsächlich abhängig vom Übertragungsmedium (optisch, elektrisch, Funk). Diese Unterschicht sicher eine Wiederherstellung des Bit-Timing auf der Empfängerseite. Die TC-Unterschicht beinhaltet im wesentlichen fünf Funktionen. Die erste nach dem Wiederherstellen der Bits ist die Anpassung an das

verwendete Übertragungssystem (SDH-Synchrone Digitale Hierarchie, PDH-Plesynchrone Digitale Hierarchie, FDDI-(Fiber Distributed Data Interface) oder Zellen. Wurden die Zellengrenzen erkannt, kann die HEC-Auswertung beginnen und wenn möglich die Fehler korrigiert werden. Schließlich werden noch OAM (Operation and Maintance)-Daten mit der Verwaltungsschicht ausgetauscht, die zur Dienstgütesicherung dienen.

In der ATM-Schicht wird die Zelle zur Übertragung erzeugt. Diese Zelle besteht aus einem 5 Byte großen Kopf und dem 48 Byte großen Datenfeld. Eine ATM-Zelle ist immer 53 Byte lang. Sind nicht genügend Daten vorhanden, dann wird der Rest mit Füllzeichen aufgefüllt. Die ATM-Schicht hat folgende Funktionen:

- Fluß- und Zugangskontrolle im Teilnehmerbereich,
- Dienstunabhängiger Transport von ATM-Zellen,
- Adressierung von virtuellen ATM-Verbindungen,
- Mutiplex- und Demultiplexfunktionen und
- Fehlerkontrolle im Zellkopf.

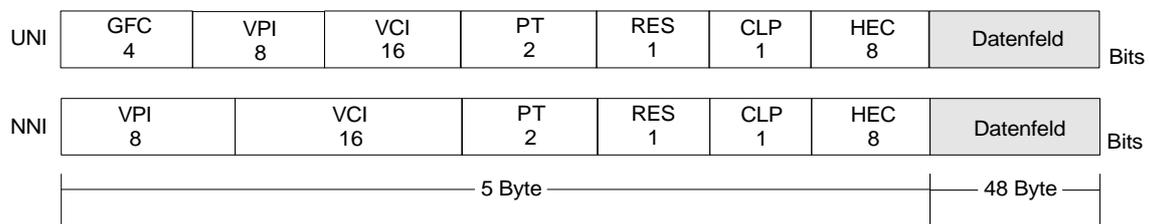


Abbildung 5.2-2 ATM-Zelle

- GFC: Gewährleistung eines geregelten Zuganges verschiedener Endsysteme zum Übertragungsmedium. Sie übernimmt die Verkehrsgestaltung an der UNI und verhindert durch Zugangsbegrenzung, daß das Netz überlastet wird. Endsysteme werden an die in einem Netzlastvertrag geregelten Parameter angepaßt.
- VPI / VCI: Zuordnung der Zellen zu einem virtuellen Kanal und virtuellen Pfad. Es lassen sich bis zu 2^{16} virtuelle (logische) Kanäle definieren und 2^8 oder 2^{12} virtuelle Pfade theoretisch adressieren.

- PT (Nutzlast-Angabe): dient zur Unterscheidung ob die Zellen Nutzdaten oder Managementinformationen enthalten.
- CLP (Verlustprioritäts-Angabe): ermöglicht die Kennzeichnung besonders kritischer Zellen in einer Verbindung. Zellen mit niedriger Priorität (CLP=1) werden in Überlastsituationen zuerst verworfen.
- HEC (Bitfehler-Kontrolle im Zellenkopf): erforderlich zur Verringerung des Zellenverlustes durch Übertragungsfehler. Mittels des HEC-Feldes kann ein Bitfehler entdeckt und korrigiert, mehrere Bitfehler können nur entdeckt werden, diese Zellen werden verworfen.

Die Adressierung über VCI und VPI bringt die Zelle von der Quelle zum Ziel, die Daten von VCI und VPI können sich während der Übertragung in den VSt (Vermittlungsstellen) ändern. Die Fehlerberechnung des durch eine 8-bit-Kombination gebildeten HEC-Feldes entsteht durch die Division des Kopfes (ohne HEC) durch das Generalpolynom x^8+x^2+x+1 .

Die AAL-Schicht (Adaptionsschicht) ist das Bindeglied zwischen der zellorientierten Übertragung der ATM-Schicht und den Nutzdaten. Diese Schicht ist dienstabhängig, wobei die Bitrate der Dienste fest oder variabel sein kann. Es werden Signalisierungs- oder Nutzdaten übertragen. Da das ATM-Netz in der Lage ist verschiedenste Kommunikationsarten (Echtzeitanwendungen bis asynchrone Datenübertragung) zu unterstützen, wurden vier Dienstklassen installiert, die eine Beschreibung vereinfachen.

Dienstklasse	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Synchronisation (zw. Endgeräten)	erforderlich		nicht erforderlich	
Bitrate	konstant	variabel		
Kommunikationsart	verbindungsorientiert			verbindungslos
Diensttyp	Typ 1	Typ 2	Typ 3 / 4	
			Typ 5	

- Klasse A: PCM-Codierte-Sprachkommunikation, Videokonferenzen
- Klasse B: Videokommunikation mit variabler Bitrate (Multimedia, Abruf bewegter Bilder, Bilddatenbanken)
- Klasse C: verbindungsorientierter Datentransfer
- Klasse D: verbindungsloser Datentransfer, LAN-Verbund, Abruf von Datenbanken

Die AAL-Schicht kann grob in zwei wesentliche Teilschichten getrennt werden. Der SAR (Segmentation and Reassembly Sublayer) hat die Aufgabe, die Nutzdaten auf die Zell-Länge aufzuteilen (Sender) oder die Nutzdaten aus der Zelle wieder zu rekonstruieren (Empfänger). Die CS (Convergence Sublayer) ist dienstabhängig, und kann z.B. die eigene Sicherungsmaßnahmen durch Protokollelemente vornehmen. Für die verschiedenen Diensttypen wird das 48 Byte große Nutzdatenfeld der ATM-Zelle unterteilt (SAR-Segmente):

- Diensttyp 1: 1 bit Convergence Sublayer Inikation (CSI), 3 bit Sequence Number (SN), 4 bit Sequence Number Protection (SNP), 47 byte Datefield,

- Diensttyp 2: 4 bit SN, 4 bit Celltype (CT), 45 Byte Datefield, 6 bit Length Indicator (LI), 10 bit Cyclic Redundancy Check (CRC),
- Diensttyp 3 / 4: 2 bit Segmenttype (ST), 4 bit SN, 10 bit Message Identifier (MID), 44 byte Datefield, 6 bit LI, 10 bit CRC,
- Diensttyp 5: 48 Datefield.

Die unterschiedlichen Diensttypen können parallel auf die AAL-Schicht zugreifen, dazu werden verschiedenen SAP's (Service Access Point) benutzt. Sie haben die gleiche Funktion wie im LAN, wo sie in der LLC-Schicht die Zwischenspeicherung der einzelnen Daten übernehmen, bis diese weiterverarbeitet werden können.

Diensttyp 1

Dienste mit konstanter Übertragungsrate (CBR) erfordern zwischen Sender und Empfänger eine konstante Bitrate auf einer virtuellen Verbindung. Die Nutzdaten müssen vollständig und in der richtigen Reihenfolge empfangen werden, dazu wird eine Zellsequenznummer eingefügt. Wenn mehrere Fehleranzeigen (Timingverlust, Pufferüberlauf, etc.) auftreten, können diese an die Verwaltungsschicht übergeben werden und dann eine Entscheidung zur Übertragungswiederholung erfolgen.

Diensttyp 2

Dieser Diensttyp ist von der ITU-T noch nicht abschließend definiert, da die SAR funktionen enthalten muß, mit der unvollständig gefüllt Zellen trotzdem richtig ausgewerte werden. Unvollständig gefüllt Zellen können durch die variablen Bitraten vom Ursprung entstehen. Die erste und bisher am weitesten geführte Idee ist oben gezeigt. Im Zelltyp-Feld wird der Beginn (BOM), die Fortdauer (COM) oder das Ende (EOM) der Nachricht angezeigt. Das Längen-Feld gibt die Anzahl der zu verwendenden Bytes in teilweise gefüllten Zellen an.

Diensttyp 3 / 4

Für die Übertragung von Daten, die keinen zeitlichen Bezug, aber eine gute Fehlerkorrektur bei Verlust oder Beschädigung benötigen, ist dieser Diensttyp am besten geeignet. Dieser Dienst kann verbindungslos oder verbindungsorientiert erfolgen, wobei nicht alle Funktionen für einen verbindungslosen Dienst erfüllt werden. Für die weiteren Funktionen ist die Netzwerkschicht verantwortlich. Es könne zwei Betriebsarten unterschieden werden, der Nachrichtenmodus und der Streamingmodus. Beide Betriebsarten können im gesicherten oder ungesicherten Modus ausgeführt werden. Die SAR-Unterschicht beinhaltet folgende Funktionen:

- Segmentierung und Entsegmentierung von CS-Felder mit variabler Länge,
- Fehlererkennung und
- Multiplexen von mehreren CS-Felder auf den Träger in der ATM-Schicht (VCI/VPI).

Die CS-Teilschicht wird in zwei Teile aufgeteilt: den CPCS (Common Part Convergence Sublayer) als gemeinsame Anpassungsschicht und den SSCS (Service Specific Part Sublayer) als dienstspezifische Anpassungsschicht. Die CPCS Dateneinheit besteht aus einem 4 Byte Header, einem Informationsfeld variabler Länge (max. 65 kbyte) und einem 4 byte Trailer. Die Nutzdaten werden in die CPCS-Dateneinheit verpackt und dann in der SAR-Teilschicht in Segmente zu 44 Byte aufgeteilt.

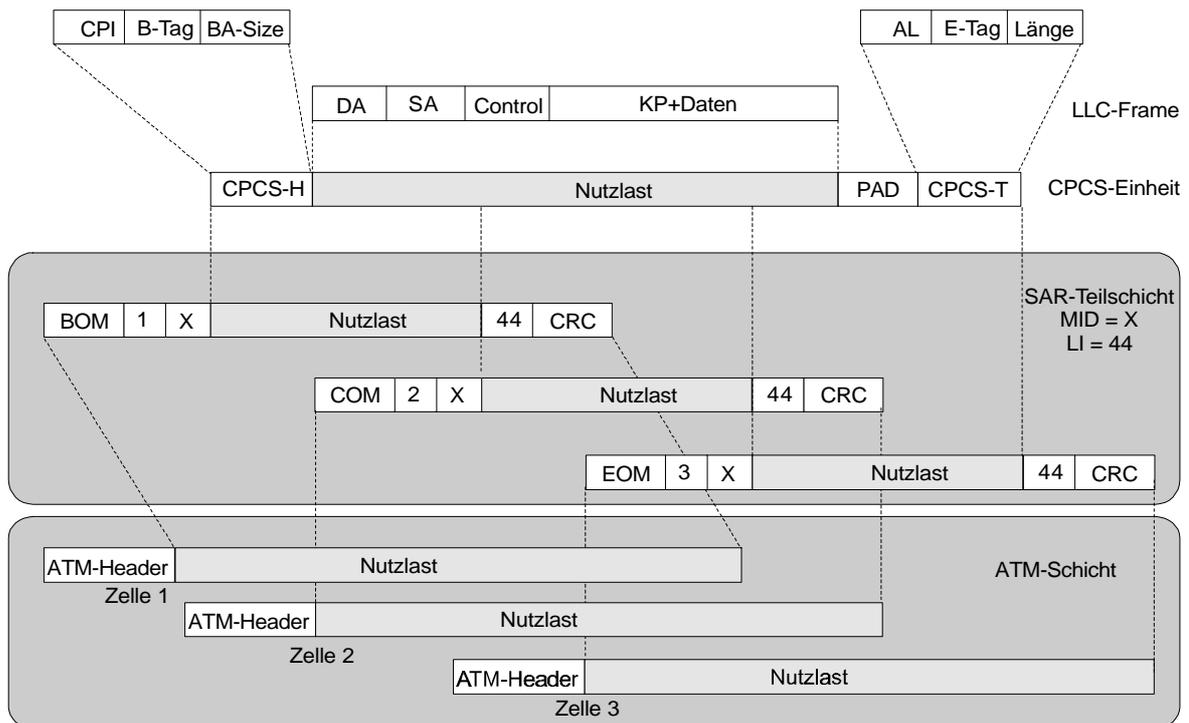


Abbildung 5.2-3 ATM-Übertragung eines LLC-Frames

- CPI - Common Part Identifier
- B-Tag - Beginning Tag
- BA-Size - Buffer Allocation Size Indication
- PAD - Padding (Füllzeichen)
- AL - Aligment (Ausgleichsbit)
- E-Tag - Ending Tag
- Länge - Länge der CPCS-Einheit
- BOM - Beginn of Message
- COM - Continuation of Message
- EOM - End of Message

Als Beispiel möchte ich die Übertragung eines LLC-Frames (Kapitel 2.4.3) mittels ATM in Abbildung 5.2-3 darstellen. Der LLC-Frame wird mit den CPCS-Angaben versehen und dann in der SAR-Teilschicht segmentiert. In der ATM-Schicht wird dem 48 Byte-Datenfeld der ATM-Head hinzugefügt und dann gegebenenfalls im Multiplexverfahren übertragen.

Dienstyp 5

Dieser Dienstyp ist eine Vereinfachung von Diensttyp 3 / 4. Es können durch den geringeren Overhead mehr Daten schneller übertragen werden.

OAM - Operation and Maintance

OAM bezeichnet die Betriebs- und Wartungsfunktionen für ein ATM-Netzwerk. Das Hauptprinzip beruht auf einer gesteuerten Wartung, bestehend aus Beaufsichtigung, Prüfung und Leistungsüberwachung. Für eine optimale Funktionalität sind folgende Abschnitte eingerichtet worden:

- Leistungsüberwachung: regelmäßige Prüfung der Funktionen für die Wartungsdatenversorgung. Die daraus gewonnenen Leistungsdaten werden zu den OAM-Einheiten Kurzzeitsteuerung der Dienstqualität, Langzeitauswertung oder zu Vorbeugemaßnahmen verwendet.
- Schadens- und Fehlererkennung: durch die regelmäßige Prüfung können Fehler erkannt und Wartungsdaten oder Alarmsignale erzeugt werden.
- Systemschutz: bei Fehlererkennung wird die Einheit außer Betrieb genommen. Erhält eine Schicht eine Fehleranzeige, wartet sie auf die Schutzfunktionen der unteren Schicht. Besteht weiterhin die Fehleranzeige, sendet sie eine Alarmbenachrichtigung in beide Flußrichtungen.
- Fehler- und Leistungsdaten: Beim Ausfall einer Einheit werden die anderen Verwaltungseinheiten informiert. Nachbareinheiten nehmen diese Nachricht auf und verbreiten sie im Netz
- Fehlerlokalisierung: Testsysteme lokalisieren die ausgefallene Einheit und sichert den Systemschutzabschnitt.

Die Funktionen und Aufgaben werden von einer Zentrale aus überwacht und ausgeführt.

5.3. Protokollablauf bei einer ATM-Verbindung

Auch beim Protokollaufbau einer modernen ATM-Verbindung finden sich die gleichen Merkmale wie im Protokoll einer analogen Telefonverbindung (Kapitel 2.7.1), wenn auch ungleich komplexer.

TIn A sendet eine SETUP-Nachricht zur VSt im festgelegten Signalisierungskanal, die eine Belegung anzeigt. Diese Nachricht enthält alle weiteren Information zu den Eigenschaften der Verbindung (Bandbreite, Wahlziffern, etc.) Bei einer Belegung kann vom TIn ein VPI/VCI angefordert werden. Mit der Call-PROCeeding-Information sendet die ATM-VSt-A die Angaben für den VPI/VCI. Können keine ausreichenden Ressourcen bereitgestellt werden, dann erhält TIn A die RELease COMpLETE-Nachricht. Das Endgerät von TIn B wird durch die ATM-VSt-B belegt mit einer SETUP-Nachricht belegt. In der SETUP-Nachricht sind Informationen über den zu verwendenden VPI/VCI und die

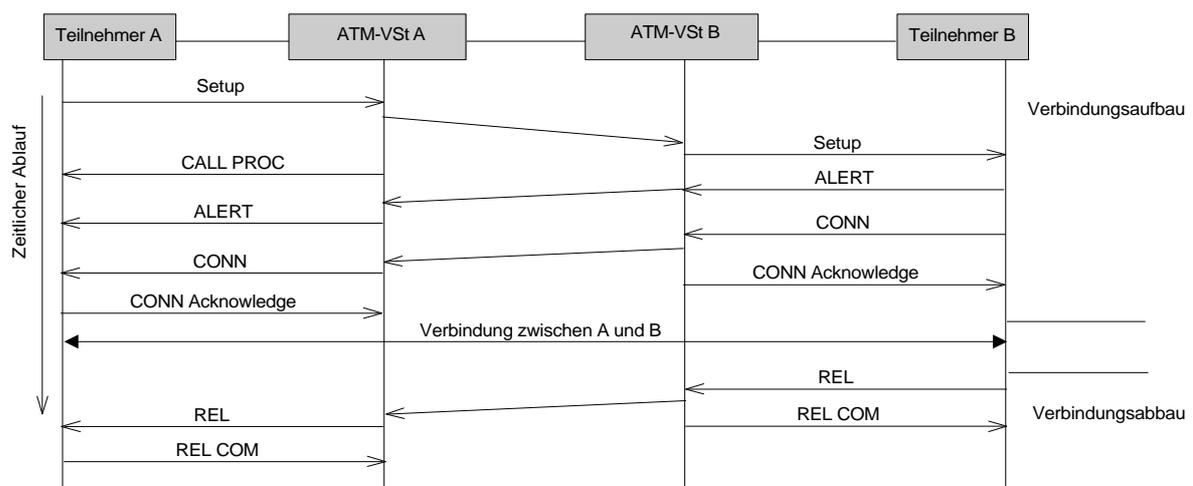


Abbildung 5.3-1 Protokollablauf einer ATM (B-ISDN) -Verbindung

geforderten Eigenschaften (Datenrate, Bandbreite, etc.) enthalten. Sind alle Bedingungen bei TIn B erfüllt, dann sendet er eine ALERTing-Nachricht ins Netz, die an TIn A weitergeleitet wird. Nimmt TIn B die Verbindung an, dann sendet die Station eine

CONNect-Nachricht an die VSt, die zu Tln A weitergeleitet wird. Die Verbindung ist nun aufgebaut und die Gebührenpflicht beginnt. Tln B erhält eine CONNect Acknowledge-Nachricht zur Bestätigung. Die Gebührenerfassung kann auf Entfernungsebene, Zeitebene, Mengenebene oder einer Kombination aus diesen erfolgen.

Der Verbindungsabbau wird von einer der beiden Seiten durch das Senden einer RELEase-Nachricht eingeleitet. Die Rel-Nachricht von Tln B wird zum Tln A weitergeleitet. Die VSt-B sendet eine RELEase COMplete-Nachricht an Tln B und hebt die VPI/VCI-Verbindung auf. Der Tln A sendet nach Erhalt der REL-Nachricht ebenfalls eine RELEase COMplete-Nachricht an die VSt A und die Gebührenpflicht endet. Die belegten Ressourcen stehen jetzt wieder zur Verfügung.