

## **3. ATM - ein Überblick**

### **3.1. Das ATM-Prinzip**

ATM ist ein kombiniertes Vermittlungs- und Multiplexverfahren, welches hohen Datendurchsatz bei niedrigen Verzögerungszeiten gestatten soll. Beim Asynchronen Transfer Mode handelt es sich um ein vereinfachtes verbindungsorientiertes Paketübermittlungsverfahren mit speziellen Festlegungen und Eigenschaften. ATM basiert auf dem asynchronen Zeitmultiplexing.

Die Grundlage der ATM-Übertragung bilden Zellen fester Länge (53 Byte), welche über ein einziges, für alle Dienste verfügbares, übertragungsgeschwindigkeitsunabhängiges Netzwerk übertragen werden. In den Zellen werden sowohl Nutz- als auch Signalisierungs- und Steuerungsinformationen übertragen. Die Bezeichnung Zelle wurde zur begrifflichen Unterscheidung gegenüber variablen Paketen bei anderen Paketübertragungsverfahren gewählt.

ATM-Zellen bestehen aus Kopf- (5 Byte) und Informationsfeld (48 Byte). Sämtliche Steuerinformationen werden im Kopffeld abgelegt und dem Nutzinformativfeld vorangestellt.

Die Anpassung der Nutzdaten an die Zellstruktur erfolgt in den Endeinrichtungen. Sämtliche Informationen müssen im begrenzten Nutzinformativfeld der ATM-Zelle übertragen werden. Die maximale Datenmenge, die eine Zelle übertragen kann, beträgt 48 Byte.

Je nach Bandbreitenbedarf des Senders zerlegt ein Paketierer den Nutzdatenstrom in eine entsprechende Anzahl von Zellen. Die Zuweisung erfolgt dynamisch, d.h. die Häufigkeit der produzierten Zellen entspricht dem tatsächlichen Bedarf der Verbindung, welcher sehr unterschiedlich sein und sich während der Verbindung verändern kann. Die Bandbreitenzuordnung wird flexibel vollzogen. Zur Handhabung der Flexibilität sind komplexe Mechanismen in den Endeinrichtungen und Netzelementen erforderlich.

ATM ist durch diese Konzeption in der Lage, unterschiedlichen Kommunikationsformen unterschiedlichster Verkehrscharakteristik (vom asynchronen

Datentransfer bis hin zu isochronen Echtzeit-Anwendungen) einen einheitlichen Übertragungsdienst anzubieten.

Die Sendung der ATM-Zellen erfolgt gemeinsam mit Zellen anderer Verbindungen auf einem gemeinsamen Transportmedium. ATM arbeitet dabei ohne Zugriffsmechanismen (media access). Am ATM-Anschluß wird das statistische Multiplexing angewendet.

ATM-Netze bestehen im wesentlichen aus den Netzelementen (Endeinrichtungen), welche über ein oder mehrere Switches verbunden sind. Die Übertragung und Vermittlung im Netz wird immer auf Zellbasis vollzogen. Dieser Fakt begünstigt ein einfaches Übertragungsnetz, da lediglich der Zelltransport als Primärfunktion implementiert wird. Die feste Zellenlänge begünstigt eine parallele Vermittlung.

Die Netzelemente und Übertragungseinrichtungen sind weitestgehend unabhängig von der Übertragungsbandbreite und den speziellen Anforderungen der verschiedenen Dienste. Die einzige Beschränkung wird durch die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Switches selbst verursacht. ATM-Netze können grundsätzlich auf verschiedenen Übertragungsmedien realisiert werden. Es ist die Übertragung reiner Zellströme (pures ATM) oder der Rückgriff auf bestehende Übertragungsstrukturen (Mapping von ATM-Zellen in PDH-, SDH-Übertragungsrahmen) möglich.

Auf den ATM-Leitungen werden immer Zellen - beginnend mit dem Header - übertragen. Zur Erzeugung eines fortlaufenden digitalen Datenstromes werden Leerzellen eingefügt, wenn keine Quelldaten zu übertragen sind.

Im Gegensatz zur Leitungsvermittlung erfolgt die Informationsübertragung nicht über durchgeschaltete Kanäle, sondern über „virtuelle“ Verbindungen.

Der ATM-Basisdienst ist verbindungsorientiert (connection oriented). Vor dem eigentlichen Datenaustausch erfolgt ein Verbindungsaufbau (durch Signalisierung geregelt), bei welchem die Betriebsmittel und Verbindungseigenschaften angefordert, die Kommunikationsbereitschaft der Zielstation festgestellt und zwischen Sender und Empfänger ein virtueller Kanal aufgebaut wird, der für die sich anschließende Kommunikationsphase exklusiv mit der angeforderten Dienstqualität zur Verfügung steht.

Während der Übertragungsphase erfolgt ein transparenter Informationsaustausch auf Zellenbasis. Beim Verbindungsabbau werden die benutzten Übertragungskapazitäten wieder freigegeben.

Der Zellentransport wird mittels Kennzeichnungen im Header gesteuert (VCI/VPI). Das Informationsfeld wird transparent durch das Netz übertragen, d.h. die Nutzdaten werden vom Netz in keiner Weise bearbeitet (mit Ausnahme von Signalisierungszellen). Der für die Zellenlenkung verantwortliche Zellheader kann nur von den Netzelementen modifiziert werden. Die Bearbeitung der Zellkopfinformationen erfolgt während der Vermittlung, welche auf Zellebene vollzogen wird. Dabei werden die Adreßinformationen jeweils für den nächsten Abschnitt aktualisiert.

Am Endpunkt der Verbindung - im Empfänger - werden die in den Zellen übertragenen Informationen wieder in ihre Ursprungsstruktur umgewandelt. Die für die Rekonstruktion erforderlichen Steuerinformationen werden dienstabhängig im Informationsfeld mitübertragen (Aussagen zur Strukturierung der Nachricht, Taktinformationen, ...).

[GB 96], [Bad 95], [Kya 96], [Pry 95]

### **3.1.1. Die ATM-Zellstruktur**

ATM-Zellen bestehen aus:

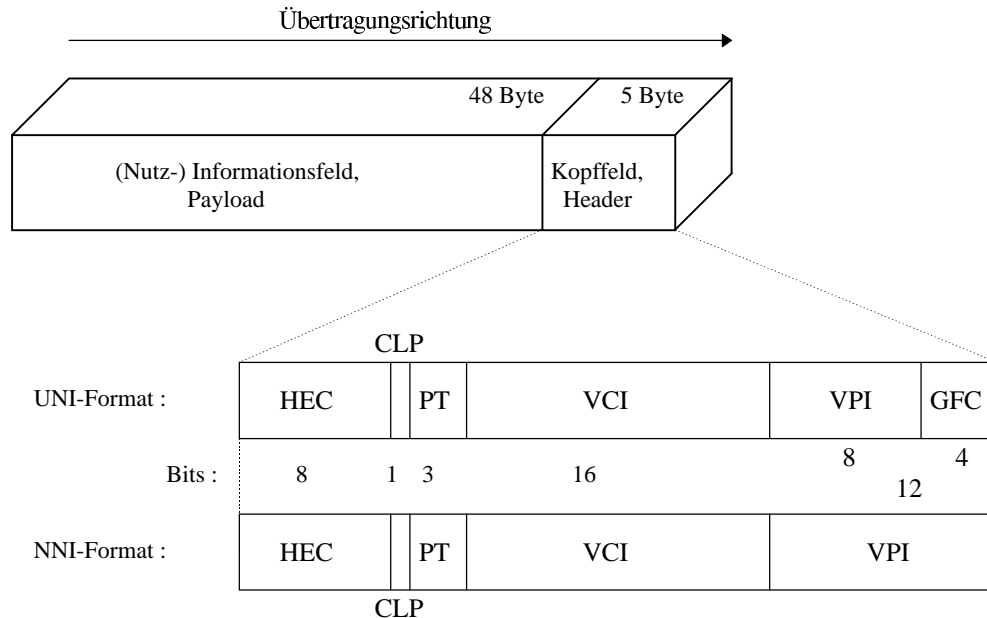
- einem 48 Byte langen Informationsfeld (zur Aufnahme der zu übertragenden Nutz- bzw. Signalisierungsinformationen, u. U. einschließlich zusätzlicher dienstspezifischer Sicherungs- und Steuerungsinformationen)
- einem 5 Byte langen Headerfeld, welches Adressinformationen zur Zellenweiterleitung (Hauptaufgabe) durch das Netz, Informationen zur Netzverwaltung, zum Zelleninhalt und Prioritäten, sowie einen Fehlerschutzmechanismus zur Sicherung der Kopffeldinformationen enthält.

Das Kopffeld soll an dieser Stelle im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen. Weitergehende Betrachtungen zum Informationsfeld hat Kapitel 3.3.2. zum Inhalt.

Der ATM-Header ist für Steuerinformationen reserviert, um die Funktionen der ATM-Schicht zu unterstützen.

In der ITU-T Empfehlung I.361 sind die Headerstrukturen für die zwei definierten ATM-Interfaces (UNI - User Network Interface / NNI - Network Network Interface) spezifiziert.

**Bemerkung:** Der Unterschied zwischen beiden Headerstrukturen besteht darin, daß das am UNI benutzte GFC-Feld am NNI nicht benötigt wird. Somit stehen 4 weitere Bits zur Kennzeichnung des virtuellen Pfades am NNI zur Verfügung. (siehe folgende Abbildung)



**Abb. 3.1.:** ATM-Zelle (Aufbau und Headerformate)

Headerfeld	Funktion
<b>VCI (Virtual Channel Identifier)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identifizierung des virtuellen Kanals</li> <li>■ Unterscheidung mehrerer gleichzeitiger Verbindungen</li> </ul>
<b>VPI (Virtual Path Identifier)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identifizierung des virtuellen Pfades/Kanalbündels</li> <li>■ Trennung mehrerer Wege unterschiedlicher Richtungen, die je mehrere virtuelle Kanäle enthalten</li> </ul>
<b>GFC (Generic Flow Control)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Regelung des Datenflusses am UNI</li> <li>■ Steuerung der Zelleingliederung, Staukontrolle</li> <li>■ Zugriffskontrolle für angeschlossene Endgeräte</li> </ul>
<b>PT (Payload Type)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kennzeichnung des Payloadtyps, Zelltyps</li> <li>■ unterschieden werden: Nutzzellen, Leerzellen, Meta Signaling Cells, OAM-Zellen,...</li> </ul>
<b>CLP (Cell Loss Priority)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Definition der Zellenverlustriorität innerhalb einer Verbindung</li> <li>■ CLP=1: niedrige Priorität, bevorzugter Verwurf in Überlastsituationen</li> <li>■ CLP=0: hohe Priorität, Zellen werden bevorzugt übertragen</li> </ul>
<b>HEC (Header Error Correction)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fehlererkennung und -korrektur zum Schutz der ersten 4 Headerbytes (Fehlerpolynom: <math>x^8+x^2+x+1</math>, ein Fehler korrigierbar, Mehrfachfehler erkennbar)</li> <li>■ Zellensynchronisation</li> </ul>

**Tab. 3.1.:** Funktionen der Zellkopfbestandteile

**Bemerkung:** VPI und VCI bilden als Kombination die Verbindungskennung (connection identifier) und sind Grundlage der Vermittlung. Beide Kennungen werden jeweils für den betreffenden Vermittlungsabschnitt vergeben. Alle Zellen der gleichen Verbindung haben gleiche VCI/VPI-Werte.

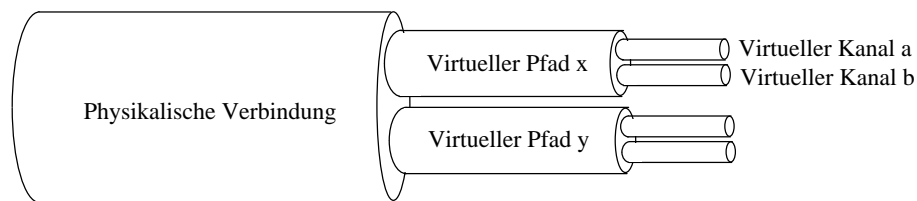
[GB 96]

### **3.1.2. Das Prinzip der Virtuellen Verbindung**

Wie bereits erwähnt, wird in ATM-Netzen das Prinzip der virtuellen Verbindungen angewendet. Der Name begründet sich aus dem für den Anwender scheinbaren Vorhandensein einer stetigen Verbindung. Im Gegensatz zur Leitungsvermittlung existieren keine festen Kanäle (welche für die gesamte Verbindungsphase starr aufrechterhalten werden) zwischen den beteiligten Endgeräten, vielmehr werden Zellen auf einem Weg, der beim Verbindungsaufbau festgelegt wird, durch das Netz transportiert.

Alle Zellen einer Verbindung nehmen i.a. den gleichen Weg durch das Netz.

Zur Beschreibung der Verbindungen wird das Konzept der virtuellen Pfade und Kanäle verwendet.



**Abb. 3.2.:**VP-, VC-Konzept [GB 96]

Innerhalb einer physikalischen Verbindung werden mehrere virtuelle Pfade (VP) übertragen. Jeder virtuelle Pfad kann mehrere virtuelle Kanäle (VC) umfassen.

Virtueller Kanal (virtual channel): Ein virtueller Kanal stellt eine unidirektionale Verbindung zwischen 2 Endanwendern dar. (Virtuelle Kanäle können auch zur Übertragung von Multimedia-Anwendungen genutzt werden, indem jedem VC eine Dienstkomponente zugeordnet wird.)

Virtueller Pfad (virtual path): Ein virtueller Pfad (auch als Kanalbündel bezeichnet) stellt

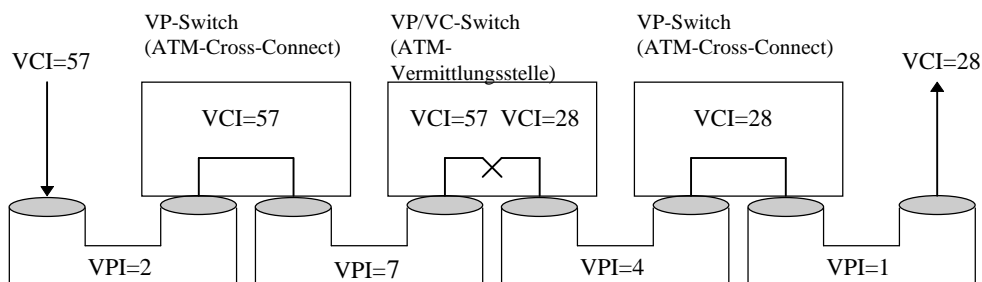
die Zusammenfassung mehrerer VC dar. Er ist ebenfalls unidirektional und kennzeichnet einen logischen Weg zwischen Netzknoten bzw. Endeinrichtungen.

Die virtuelle Verbindung, der eine Zelle angehört, ist im Kopffeld der Zelle eindeutig durch die:

Pfadkennzeichnung	VPI - Virtual Path Identifier und
Kanalkennzeichnung	VCI - Virtual Channel Identifier

definiert. Beide Kennzeichnungen werden abschnittsweise vergeben und dienen der schnellen Bearbeitung und Weiterleitung im Netz.

Das angewendete Prinzip optimiert den Vermittlungsaufwand. Aufgrund der zwei Multiplexebenen ist eine Vermittlung ganzer VP als auch einzelner VC möglich.



**Abb. 3.3.:** Abschnittsweise VCI/VPI-Umwertung [GB 96]

[GB 96]

### 3.2. Charakteristische Eigenschaften, Vorteile und Nachteile

#### Eigenschaften:

- Fehlen einer Beziehung zwischen dem zellenorientierten Bitstrom und der Zeit (eine Zuordnung einer Zelle anhand ihrer Zeitlage (wie beim synchronen Zeitmultiplex) ist nicht möglich; in diesem Sinne ist die Übermittlung asynchron)
- Zuteilung der Bandbreite nach Bedarf (von wenigen Bit/s bis zu mehreren hundert Mbit/s)
- möglichst einfaches Protokoll
- Unterstützung variabler und fester Bitraten, sowie burstartigen Verkehrs

- Eignung für hohe Übertragungsgeschwindigkeiten
- Unterstützung unterschiedlicher Quelle-zu-Senke-Beziehungen
- unabhängig von der Art der physikalischen Übertragung
- mehrere Quellen/Senken können gleichzeitig über einen Anschluß kommunizieren
- kontinuierlicher Datenstrom (u.U. durch Leerzeileneinfügung erzwungen) macht einen Verzicht auf feste Synchronisationszellen und ständig neue Aufsynchronisationen möglich
- konstante Zellenlänge ermöglicht schnelle Behandlung der Zellen in den Netzknoten
- Verzicht auf abschnittsweise Fehlersicherung der gesamten Zelle (wie bei X.25 üblich)
- Fehlersicherung zwischen Endstellen für bestimmte Dienste implementiert
- keine Flußsteuerung
- verbindungsorientierter Basisdienst
- Anwendung des Prinzips der virtuellen Verbindungen

#### Vorteile:

- Skalierbarkeit der Bandbreite, flexible Bandbreitenzuordnung
- effektive Ausnutzung der Übertragungswege durch bedarfsgerechten Zellaustausch
- Skalierbarkeit der Netzausdehnung
- Integrationsfähigkeit in bestehende Netze (z.B.: durch Bitratenkompatibilität zur SDH)
- ATM bietet bisher nie dagewesene Möglichkeit sowohl LAN's als auch MAN's mit nur einer Technologie zu verbinden
- Eignung für alle Schmalbanddienste und neue Breitbandanwendungen, Integration unterschiedlicher Informationsströme
- Garantierte Bandbreite und Laufzeiten
- garantierte Obergrenze für Fehler

#### Nachteile:

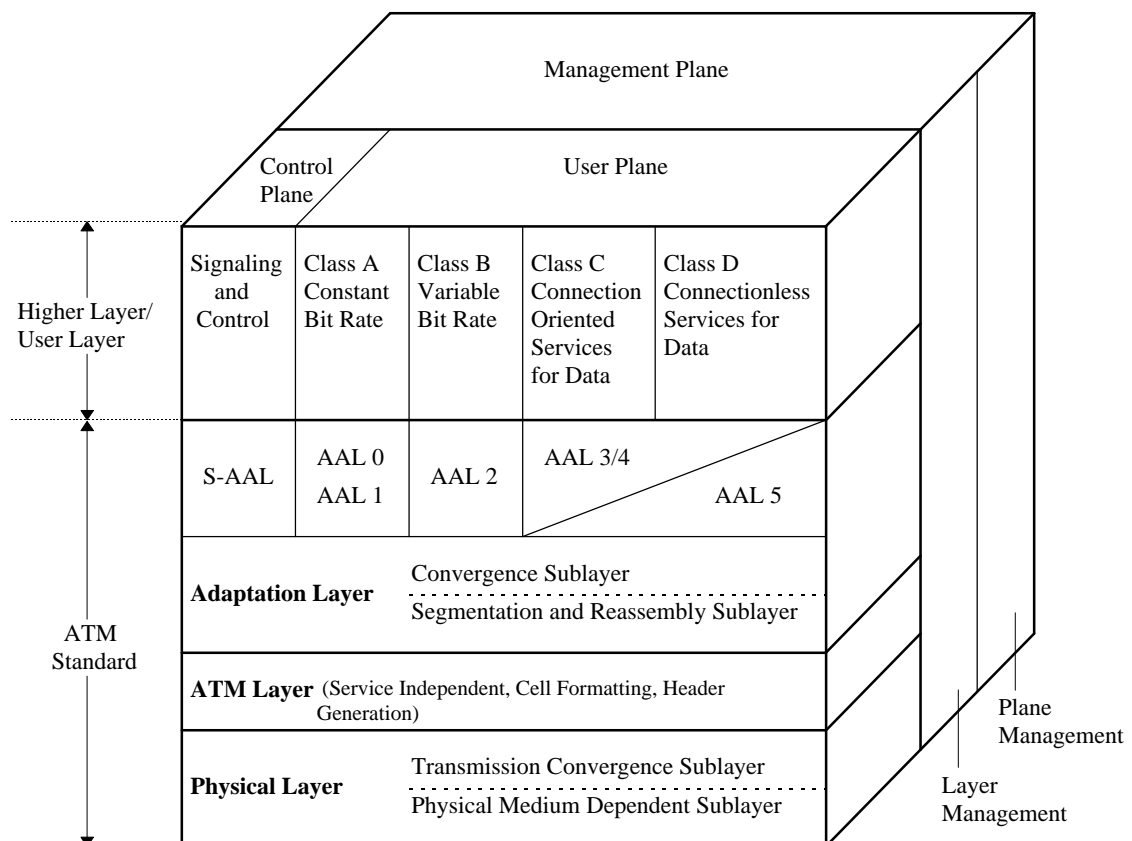
- durch Zellheader verursachter Overhead (ca. 10% der Zelle)
- eingeschränkte Transparenz im Zeitbereich (aufgrund von Schwankungen der Zellenlaufzeit (delay jitter))
- notwendige (z.T. sehr komplexe) Verkehrs- und Überlaststeuerungen zur Sicherung der jeweiligen Dienstqualität

[GB 96]

### 3.3.ATM im Referenzmodell

#### 3.3.1. Das ATM-Referenzmodell und die zugehörigen Schichtenfunktionen

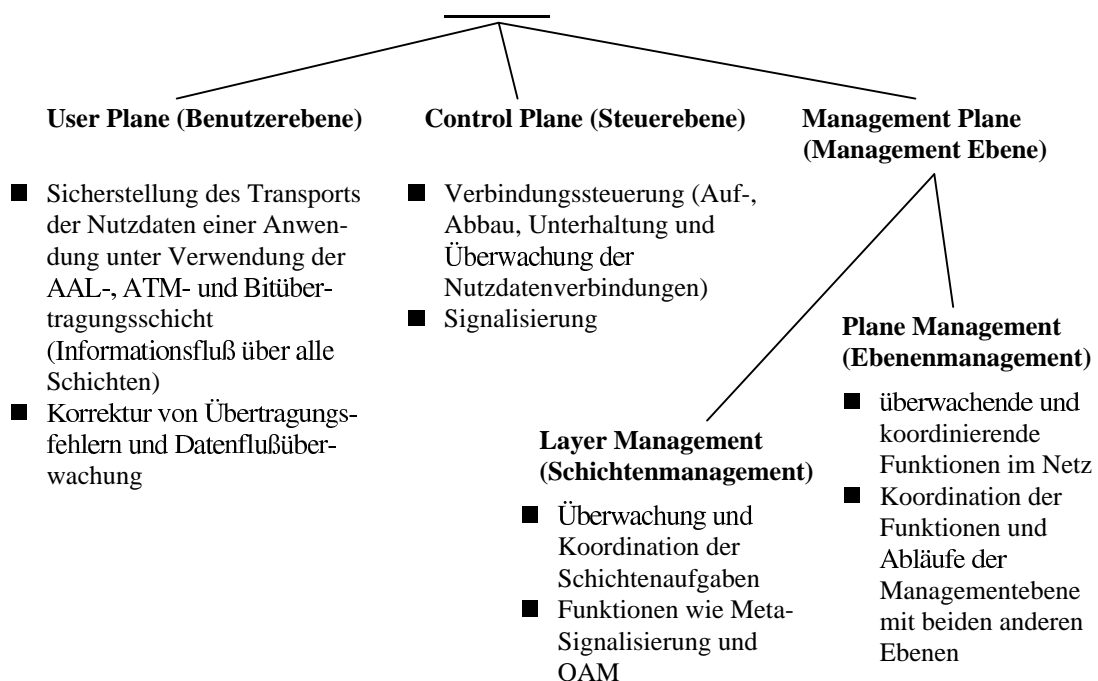
Die Einordnung einiger ATM-Funktionen in das bekannte 7-Schichtenmodell ist nicht eindeutig möglich. Aus diesem Grund wurde von der ITU-T ein spezielles ATM-Referenzmodell in der Spezifikation I.321 festgeschrieben.



**Abb. 3.4.:** ATM-Referenzmodell [Bay 96]

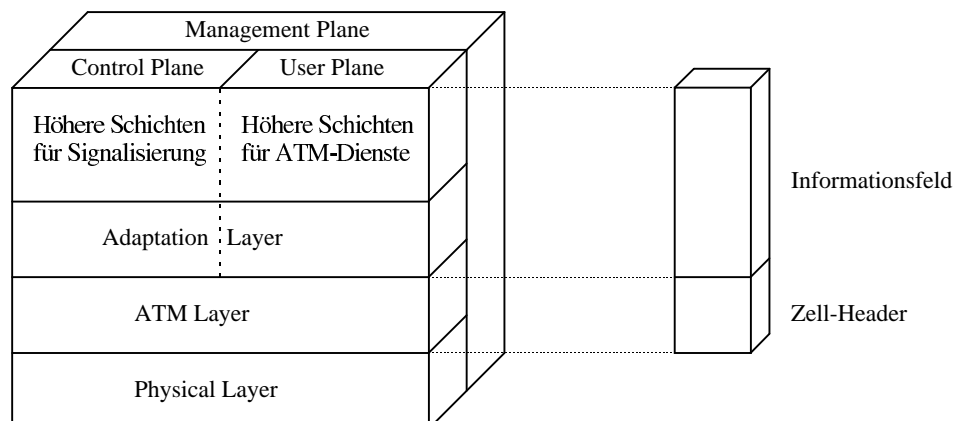
Die logische ATM-Architektur ist ebenfalls hierarchisch (in Anlehnung ans OSI-Schichtenmodell) aufgebaut. Es basiert auf vier unabhängigen Schichten, welche (durch die dreidimensionale Erweiterung des Modells um die Managementebene) über drei Ebenen verbunden sind. Neben der physikalischen Schicht, welche weitestgehend der OSI-Schicht 1 entspricht, wurden zwei sehr ATM-spezifische Schichten, die Adaptationsschicht und die ATM-Schicht, festgelegt.

Erstmals erfolgt eine Trennung der Nutzdaten- von der Steuerdaten-übermittlungsfunktion für die AAL- und höhere Schichten.



**Abb. 3.5.:** Ebenenfunktionen (im Überblick)

Im weiteren wird auf die Funktionen der einzelnen Schichten eingegangen.



**Abb. 3.6.:** ATM-Referenzmodell und Einfluß der Schichten auf die Zellbestandteile  
[Bad 95]

Schichten- management	Funktionen der höheren Schichten	Höhere Schichten	
	Prioritätssteuerung OAM-Funktionen		
	Fehlerüberwachung des ATM- Zellkopfes (HEC) Zellen-Synchronisation Übertragungsrahmenanpassung (Scrambling/Descrambling) Übertragungsrahmengenerierung		

**Tab. 3.2.:** Schichtenfunktionen im Überblick (unter Einbeziehung der Sublayer)

[GB 96]

Auch aus der Auflistung der Schichtenfunktionen ist abzuleiten, daß eine Korrespondenz

zwischen dem ATM-Referenzmodell und dem OSI-Modell nur schwer zu finden ist. Die ITU hat die Zuordnung nicht definiert, so daß in der Literatur oftmals eigenständige Interpretationen zu finden sind. Eigentlich vollzieht das ATM-Referenzmodell die logische Trennung der OSI-Schichten. Die Schicht 1 ist i.a. identisch. Die ATM-Schicht umfaßt Funktionen der OSI-Schichten 2 (Abschnittssicherung zwischen 2 Knoten) und 3 (Ende-zu-Ende-Vermittlung). Der gesicherte Dienst der AAL3/4-CPCS entspricht

beispielsweise einer Ende-zu-Ende-Sicherung auf Schicht der Transportprotokolle (Schicht 4). Streng genommen müßten AAL-Typen auf Ebene 4 angesiedelt werden.

ATM stellt im wesentlichen Funktionen des Transportlayers für übergeordnete Schichten zur Verfügung. Trotzdem wird ATM für herkömmliche Protokolle als Dienst der Schicht 2 genutzt. Aufsetzende Anwendungen sind zumeist der Schicht 3 zuzuordnen (z.B.: IP).

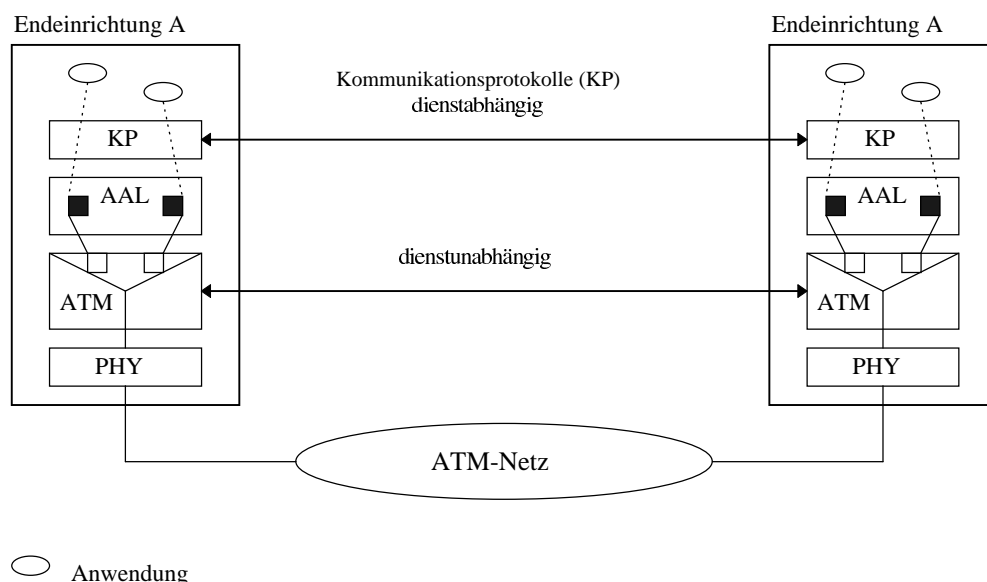
Weitere Probleme bereitet die Einordnung von Unterprotokollfunktionen und parallel liegenden Ebenen.

[GB 96], [Kya 96], [Pry 95],[Zeh 94],[c't 10/96]

### 3.3.2. Die Anpassungsschicht (AAL)

Der Anpassungsschicht, welche das Bindeglied zwischen den Nutzdaten der höheren Schichten und der zellenorientierten Übertragung durch die ATM-Schicht darstellt, kommt eine besondere Rolle zu, so daß an dieser Stelle einige ausführlichere Betrachtungen folgen sollen.

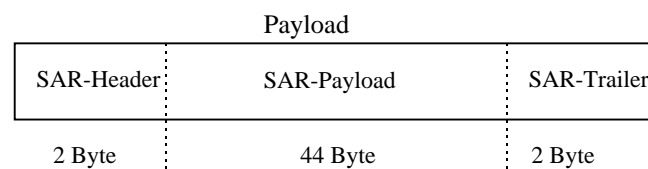
Die Hauptaufgabe der AAL besteht in der Anpassung des universellen ATM-Transportmechanismus an die unterschiedlichen Dienste. Dies umfaßt die Zerlegung von Datenströmen höherer Anwendungsschichten in 48 Byte (entsprechend der Payload einer ATM-Zelle) lange Informationsfragmente bzw. die Rückwandlung in die ursprüngliche Datenstruktur auf der Empfängerseite. Die AAL berührt nur die Endsysteme, für Vermittlungsknoten ist sie (mit Ausnahme von Signalisierungskomponenten) völlig transparent.



**Abb. 3.7.:** Die zentrale Rolle der AAL-Schicht [Bad 95]

Die Funktionen sind dienstspezifisch, d.h. abhängig von der Charakteristik der übergeordneten Anwendungen. Je nach Dienstklasse ist eine unterschiedliche Anpassung notwendig. Zu diesem Zweck wurden AAL-Typen definiert, welche für den jeweiligen Einsatzzweck optimiert wurden.

In Abhängigkeit von der Dienstklasse schreibt die AAL-Schicht Anwender-/Steuerungs- oder Verwaltungsinformationen (bis zu 4 Byte) mit in das Datenfeld der ATM-Zelle, wodurch sich die eigentliche Nutzbitrate verringert und der Overheadanteil steigt.

**Abb. 3.8.:** Aufbau der Payload einer ATM-Zelle in der AAL-Schicht [GB 96]

Eine weitere Aufgabe der AAL-Schicht besteht im Ausgleich von Zellenlaufzeiten und Zellenlaufzeitschwankungen und der Gewährleistung der Konvergenz (abhängig von der Dienstart).

Wie bereits dem ATM-Referenzmodell zu entnehmen, ist die AAL in zwei Sublayer unterteilt.

SAR - Segmentation and Reassembly Sublayer

- Segmentierung der Nutzdaten in an das Informationsfeld angepaßte Blöcke (sendeseitig)
- Reassemblierung/Rekonstruktion der ursprünglichen Gestalt aus den Inhalten der Zellen (empfangsseitig)

### CS - Convergence Sublayer

- Funktionen stark dienstabhängig
- Sicherstellung der Konvergenz
- Sicherung der Nutzdatenübertragung durch Protokollelemente
- Einkapselung der Nutzdaten
- kann u.U. weiter gegliedert sein in einen gemeinsamen Teil CPCS (Common Part Convergence Sublayer) und einen dienstspezifischen Teil SSCS (Service Specific Convergence Sublayer)

[Bad 95], [GB 96], [Pry 95], [Kya 96]

#### 3.3.2.1. Überblick über Dienstklassen und AAL-Typen

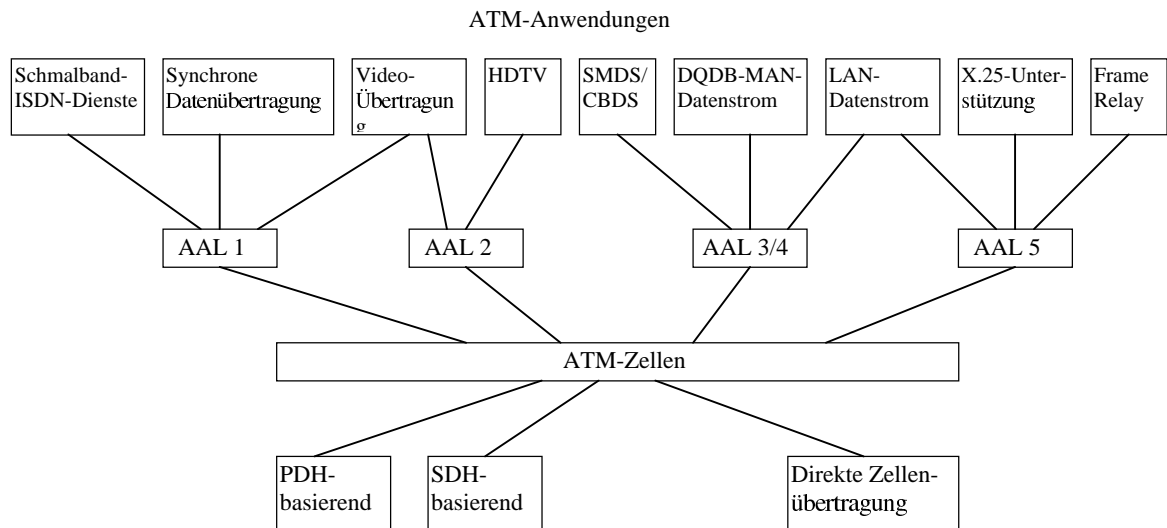
Um die vielfältigen Anforderungen der einzelnen Dienste zu klassifizieren, wurden von der ITU-T in der Empfehlung I.362 folgende 4 Klassen definiert.

<div>Dienstklasse</div> <div>Parameter</div>	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Quelle-Senke-Timing	isochron		anisochron	
Bitrate	konstant	variabel		
Verbindungsmodus	verbindungsorientiert			verbindungslos
AAL-Typ	(AAL 0) AAL 1	AAL 2	AAL 3/4 AAL 5	
Bitratendienste	CBR	VBR-RT	VBR-NRT, ABR, UBR	
Beispiel	Circuit Emulation, Sprachübertragung			

**Tab. 3.3:** Dienstklassen und AAL-Typen

In obiger Tabelle sind die den jeweiligen Dienstklassen zugeordneten AAL-Typen (in ITU-T Empfehlung I.363 näher spezifiziert) mit aufgeführt.

In folgender Darstellung werden einige Beispiele für typische Anwendungen für den jeweiligen AAL-Typ angeführt.



**Abb. 3.9.:** ATM-Anwendungen und AAL-Typen [Bad 95]

[GB 96], [IK 2/96]

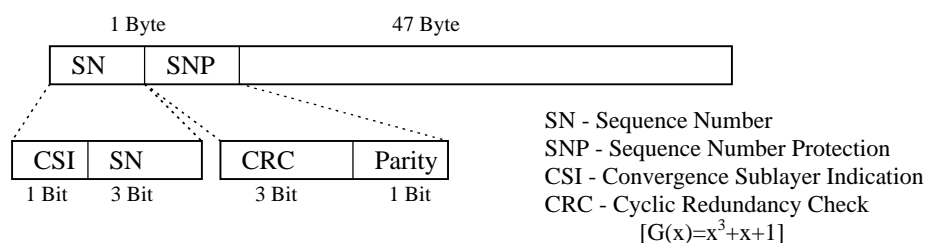
### 3.3.2.2. Die AAL-Typen 0, 1 und 2

Die AAL-Typen 0, 1 und 2 werden an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber (ohne nähere Betrachtungen) mit aufgeführt, da sie für die Übertragung von LAN-Datenströmen keine Rolle spielen.

#### AAL-Typ 1:

Der AAL-Typ 1 dient der Übertragung von Informationen aus Quellen konstanter Bitrate mit festem Zeitbezug. (z.B.: digitale Sprachübertragung)

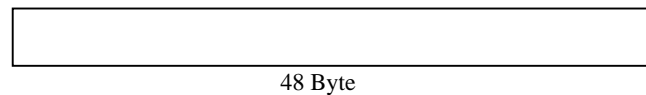
Die Daten werden fortlaufend verpackt und mit gesicherten Sequenznummern übertragen.



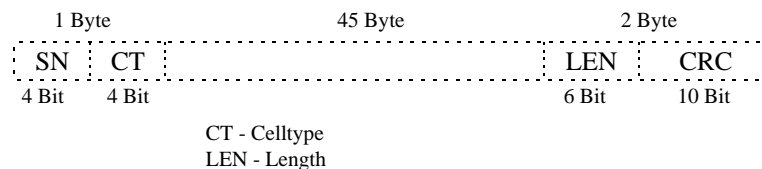
**Abb. 3.10.: AAL-1-SAR-PDU**AAL-Typ 0:

Der AAL-Typ 0 stellt eine vielversprechende Alternative zum AAL-1 für die Sprachübertragung dar. Dabei handelt es sich um eine Reduktion des AAL-1. Auf eine Unterstützung der Konvergenzschicht wird verzichtet. Die SAR-PDU weist keine Strukturierung auf.

(Initiator zur Einführung war AT & T)

**Abb. 3.11.: AAL-0-SAR-PDU**AAL-Typ 2:

Der AAL-Typ 2 ist für die Übertragung von zeitkontinuierlichen Informationen aus Quellen variabler Bitrate, z.B.: Videoübertragung mit Datenkompression, Tonübertragung usw. vorgesehen. Zum Zwecke der Zeitsynchronisation müssen auch in diesem Fall spezielle Steuerinformationen in SAR-Header und -Trailer mitübergeben werden. Das AAL-2-Protokoll befindet sich noch in der Standardisierung.

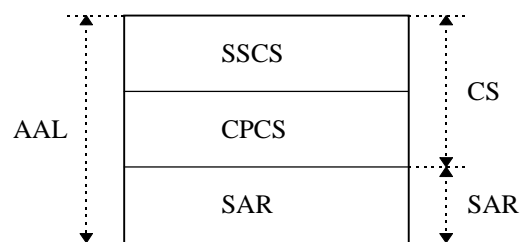
**Abb. 3.12.: AAL-2-SAR-PDU**

Heutige Implementierungen beschränken sich hauptsächlich auf die Anwendungsschwerpunkte für AAL 1, AAL 3/4 und 5.

### 3.3.2.3. Struktur und Funktion der AAL 3/4 und AAL 5 (wesentlich für die Datenübertragung)

Die AAL-Typen 3/4 und 5 eignen sich für die Übertragung verbindungsorientierter (Klasse C) als auch verbindungsloser (Klasse D) Datenpakete und ermöglichen sowohl Punkt-zu-Punkt- als auch Punkt-zu-Mehrpunktverbindungen. Beide Typen unterstützen die LAN-Vernetzung über ATM.

Die AAL-Schicht ist bei diesen Typen in 3 Sublayer unterteilt, d.h. der CS-Sublayer ist weiter unterteilt.



**Abb. 3.13.:** Struktur der AAL für die Typen 3/4 und 5 [Kya 96]

#### ■ SSCS (Service Specific Convergence Sublayer):

- von der konkreten Anwendung abhängig, nur nach Bedarf existent
- nur für Klasse-C-Dienste notwendig [in diesem Fall muß innerhalb der SSCS ein verbindungsorientiertes Protokoll (wie TCP) realisiert werden (z.Z. existieren keine Festlegungen hinsichtlich des zu verwendenden Protokolls)]

#### ■ CPCS (Common Part Convergence Sublayer):

- gemeinsame Anpassungsschicht für alle Anwendungen, die einen gemeinsamen ATM-Diensttyp nutzen

#### ■ SAR (Segmentation and Reassembly Sublayer):

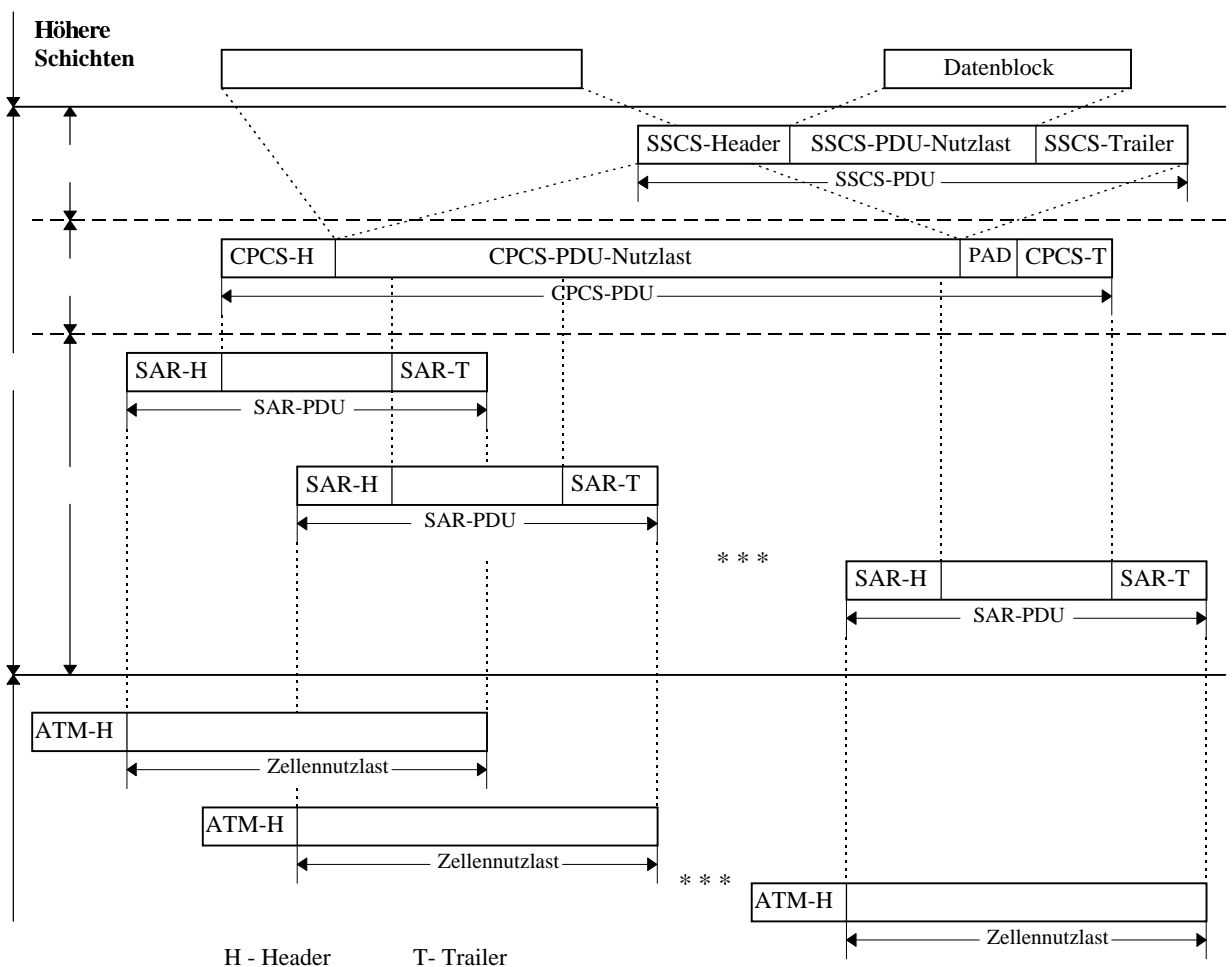
- Segmentierung und Rückgewinnung der Nutzinformationen

### 3.3.2.3.1. Der AAL-3/4

Der AAL 3/4 ist der ursprünglich von der ITU definierte Datenkommunikationstyp. Die ITU empfiehlt den AAL 3/4 für die Übertragung von Daten variabler Bitrate, die empfindlich gegen Verlust, jedoch nicht gegenüber Verzögerungen sind.

Zudem werden in der AAL 3/4 Kontrollstrukturen implementiert, die das Multiplexen verschiedener Datenpakete auf einem VC ermöglichen.

Abläufe innerhalb der AAL 3/4:

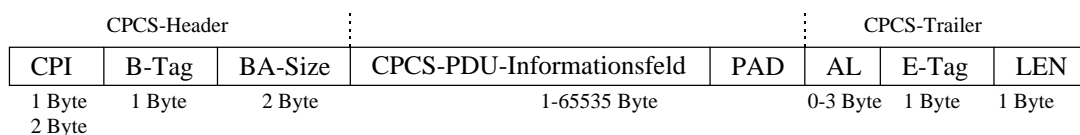


**Abb. 3.14.:** Funktionsweise der AAL 3/4 [Bad 95]

Die Aufgaben der CPCS bestehen in der Übertragung von Datenblöcken, dem Aufbau einer oder mehrerer Verbindungen zwischen zwei CPCS-Endpunkten und der Sicherstellung der Übertragungsreihenfolge innerhalb der CPCS-Verbindung.

Datenpakete variabler Länge (1-65535 Byte), der auf AAL  $\frac{3}{4}$  aufsetzenden Anwendung, werden auf ganzzahlige Vielfache von 32 Bit (4 Byte) aufgefüllt (vor dem Hintergrund einer effektiven hardwaremäßigen Implementierbarkeit) und mit einem CPCS-Header (4 Byte) und einem CPCS-Trailer (4 Byte) versehen. In den hinzugefügten Overhead-Feldern (CPCS-Header und -Trailer) sind zusätzliche Informationen zur Sicherung der Nutzdaten gegen Übertragungsfehler und Zellenverlust, sowie Informationen zur Rekonstruktion enthalten.

Die entstandene CPCS-PDU hat folgende Struktur.

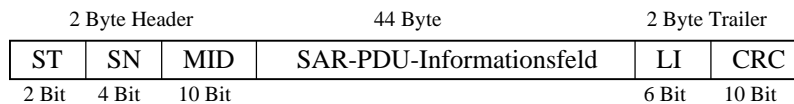


**Abb. 3.15.:** AAL  $\frac{3}{4}$ -CPCS-PDU [Kya 96]

Feld	Funktion
<b>CPI - Common Part Identifier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kodierung der Einheiten (Byte/KByte/Mbyte) der Werte, welche sich in den Feldern für die Pufferspeicherreservierung (BA-Size) und dem Längensfeld befinden</li> <li>bisher einzige Spezifikation: 0000 0000 = Byte</li> </ul>
<b>B-Tag - Beginning Tag</b> <b>E-Tag - Ending Tag</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ermöglichen die Erkennung des CPCS-PDU-Headerendes bzw. den Beginn des CPCS-PDU-Trailers</li> <li>für eine PDU gleich</li> <li>für aufeinanderfolgende PDU's unterschiedlich</li> <li>z.B.: modulo-256-zyklische Belegung</li> </ul>
<b>BA-Size - Buffer Allocation Size Indication</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>teilt der Endstation mit, welche Puffergröße für die zu empfangene CPCS-PDU zu reservieren ist</li> <li>Werte zwischen 1- (<math>2^{16}-1</math>)</li> </ul>
<b>PAD - Padding-Field</b> <b>Füllbit-Feld</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wird zwischen CPCS-PDU-Informationsfeld und CPCS-PDU-Trailer eingefügt, um Byteanzahl auf ganzzahlige Vielfache von 4 Byte aufzufüllen</li> <li>Werte: 0-3 Byte</li> </ul>
<b>AL - Alignment Field</b> <b>Trennungsfeld</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ergänzt CPCS-PDU-Trailer auf eine Länge von 4 Byte</li> <li>enthält keinerlei Informationen</li> </ul>
<b>LEN - Length Field</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angabe der Länge des CPCS-PDU-Informationsfeldes</li> <li>Werte zwischen 1-65535 Byte</li> </ul>

**Tab. 3.4.:** Funktionen der Header- und Trailerfelder der AAL-3/4-CPCS-PDU

Die CPCS-PDU wird dem SAR-Sublayer übergeben, der die CPCS-PDU in 44-Byte-Segmente aufspaltet und diese mit weiteren Overhead-Informationen (SAR-Header und SAR-Trailer (je 2 Byte)) ausstattet. Die so entstandenen SAR-PDU's haben eine Länge von 48 Byte und können der ATM-Schicht zur weiteren Bearbeitung und Übertragung übergeben werden.



**Abb. 3.16.:** AAL-3/4-SAR-PDU [Kya 96]

Feld	Funktion
<b>ST - Segment Type</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Segmenttypenidentifikation</li> <li>■ BOM - Begin of Message      10</li> <li>■ COM - Continuation of Message   00</li> <li>■ EOM - End of Message      01</li> <li>■ SSM - Single Segment Message   11</li> </ul>
<b>SN - Sequence Number</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Segmentnummer</li> <li>■ wird modulo 16 in aufsteigender Reihenfolge durchnummeriert</li> <li>■ dient der Feststellung von Zellenverlusten</li> </ul>
<b>MID - Multiplex-Identification</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ zur Realisierung mehrerer CPCS-Verbindungen über eine ATM-Verbindung (beschränkt auf Verbindung zwischen 2 Nutzern)</li> </ul>
<b>Informationsfeld</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ enthält von CS übergebene Informationen</li> <li>■ wird nicht gesamtes Informationsfeld belegt, wird der Rest durch Nullen aufgefüllt</li> </ul>
<b>LI - Length Indicator</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ gibt Anzahl der im Informationsfeld belegten Bytes an</li> <li>■ BOM: 44, COM: 44, EOM: 4-44, SSM: 8-44</li> <li>■ EOM: 63 entspricht Abbruch</li> </ul>
<b>CRC - Prüfsummenfeld</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ zur Erkennung von Bitfehlern innerhalb der SAR-PDU (über SAR-Header, Informations- und Längenfeld)</li> <li>■ Fehlerpolynom: <math>x^{10}+x^9+x^5+x^4+x+1</math></li> </ul>

**Tab. 3.5.:** Funktionen der Header- und Trailerfelder der AAL-3/4-SAR-PDU

#### Einschätzung der Eignung für die Datenübertragung:

Der AAL-Typ 3/4 eignet sich für verbindungslose Datendienste wie SMDS/CBDS, LAN-Kopplungen über das MAN, X.25 oder Frame Relay. Die Anwendung von AAL 3/4 bringt einen Vorteil bei der Kommunikation mit netzinternen Elementen (CLS - Connectionless Server).

Da das CBDS-Konzept in lokalen Netzen nicht weit verbreitet ist, wird der AAL 3/4 in lokalen ATM-Netzen nicht verwendet. Sein Einsatz beschränkt sich hauptsächlich auf den Bereich der öffentlichen Übertragungsnetze.

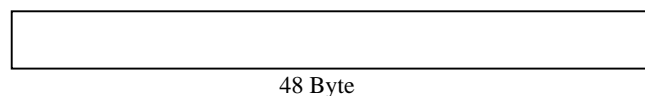
Zudem kompliziert der AAL 3/4 (aufgrund seiner Komplexität) die Implementierung und erhöht die notwendigen Verwaltungsinformationen und -funktionen.

### 3.3.2.3.2. Der AAL-Typ 5

Der AAL-Typ 5, welcher vom ATM-Forum definiert wurde (infolge der hohen Komplexität des AAL 3/4) stellt eine stark vereinfachte optimierte Implementierung des AAL 3/4 dar. Er dient der verbindungsorientierten als auch verbindungslosen Datenübertragung mit variablen Bitraten, bei denen keine zeitliche Korrelation zwischen Sender und Empfänger besteht.

Der AAL-Typ 3/4 erwies sich vor allem bei der Anwendung von Datendiensten mit hohen Übertragungsgeschwindigkeiten als nicht optimal, hauptsächlich verursacht durch den hohen Overheadanteil.

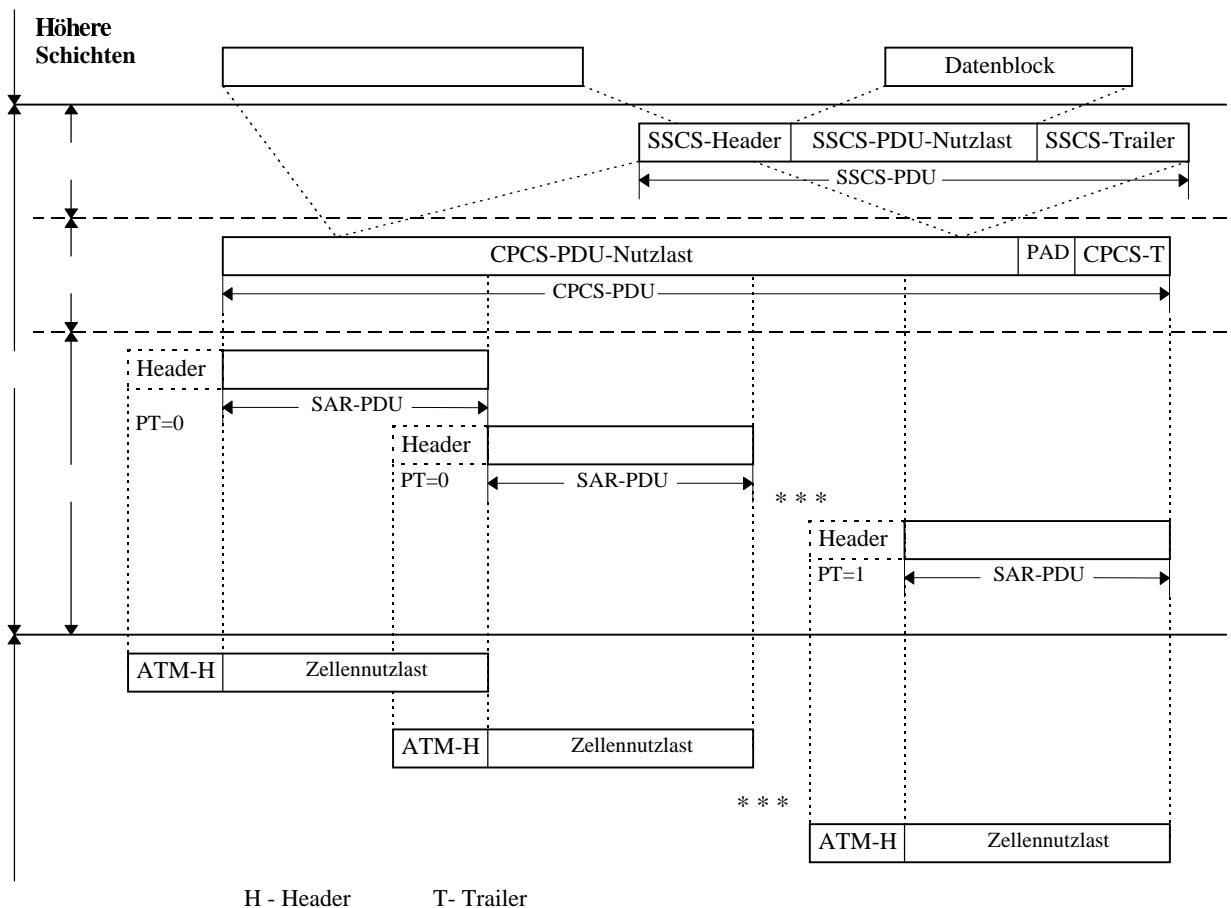
Der geringere Overheadanteil und eine verbesserte Fehlererkennung begünstigen eine effektivere Arbeitsweise des AAL-5. Im Vergleich zum AAL-3/4 verringert sich der Overheadanteil von 17 % auf 13% [vor allem durch Verzicht auf SAR-Steuerungsinformationen, d.h. in der SAR-Payload können 48 Byte übertragen werden (anstelle von 44 Byte bei AAL-3/4)], die Bandbreitenausnutzung verbessert sich von 83% auf 89%.



**Abb. 3.17.:** AAL-5-SAR-PDU

Ein weiterer Unterschied zum AAL-3/4 besteht darin, daß auf eine Multiplexunterstützung verzichtet wird.

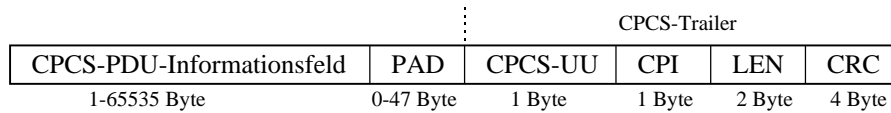
Aufgrund der einfacheren Realisierung und effizienteren Funktionsweise ist der AAL-5 heute allgemein üblicher Standard für die Datenkommunikation in lokalen Netzen. Die ITU schlägt den AAL-Typ 5 für Klasse C- sowie Signalisierungsverbindungen vor.

Abläufe innerhalb der AAL-5:**Abb. 3.18.:** Funktionsweise der AAL-5 [Bad 95]

Die Funktionsweise gleicht im wesentlichen dem Verfahren beim AAL-Typ 3/4.

Alle Zellen einer AAL-5-CPCS-PDU werden in einem sequentiellen Zellennutzlast-Stream übertragen. Datenpakete variabler Länge (1-65535 Byte) werden auf ganzzahlige Vielfache von 48 Byte aufgefüllt, so daß bei der Segmentierung keine teilgefüllten Zellen entstehen können.

Zur Vervollständigung der CPCS-PDU wird noch ein CPCS-Trailer angehängt, welcher die einzigen Steuerungs- und Sicherungsinformationen des AAL-5 enthält.

**Abb. 3.19.:** AAL-5-CPCS-PDU [Kya 96]

Feld	Funktion
<b>CPCS-UU</b> <b>CPCS-User-to-User-Indication</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Übertragung beliebiger Nutzerinformationen zwischen den kommunizierenden ATM-Anwendungen</li> </ul>
<b>CPI - Common Part Indicator</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Einheitenangabe für das Längenfeld</li> </ul>
<b>LEN - Length Field</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Angabe der Länge des CPCS-Informationsfeldes</li> <li>■ Werte: <math>1-(2^{16}-1)</math></li> <li>■ LEN = 0 entspricht Abbruch-PDU</li> </ul>
<b>CRC - Prüfsummenfeld</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sicherung gegen Bitfehler für Informationfeld, Füllbitfeld und die ersten 4 Byte des CPCS-PDU-Trailers</li> <li>■ Fehlerpolynom:  <math display="block">x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1</math> </li> </ul>

**Tab. 3.6.:** Funktionen der Trailerfelder der AAL-5-CPCS-PDU

Die CPCS-PDU wird direkt in 48-Byte-Segmente (SAR-PDU) aufgeteilt, welche direkt in das Payloadfeld eingeschrieben werden. Auf eine Numerierung der SAR-PDU's, wie beim AAL-Typ 3/4, wird verzichtet. Zur Kennzeichnung der logischen Zusammengehörigkeit von SAR-PDU's, die einer CPCS-PDU angehören, wird das PT-Feld des Zellheaders verwendet.

PT = 0	Beginn, Fortführung
PT = 1	Ende, letzte SAR-PDU

[Pry 95], [GB 96], [Bad 95], [Kya 96]

### 3.4. Bitraten-Dienste im ATM

#### 3.4.1. CBR, VBR, ABR und UBR

Vom ATM-Forum wurden 4 Dienstkategorien definiert, welche im folgenden kurz dargestellt werden sollen.

CBR (Constant Bit Rate):

Der CBR-Dienst dient dem Transport von Daten konstanter Bitrate. Die Zellen werden mit konstanter Zellrate gesendet. Der CBR-Verkehr hat einen deterministischen Charakter und weist relativ konstante Zellaufzeiten auf. Die Dienstqualität wird vom Netz gewährleistet.

Der CBR-Dienst eignet sich für Echtzeit-Applikationen, die eine bestimmte feste Bandbreite und Dienstgüte voraussetzen und weder signifikante Delays noch Jitter, geschweige denn Zellverluste ertragen. Die Anwendungen sind berechenbar und einfach zu verwalten.

Typische Anwendungen sind Sprach- und Videoübertragungen, Videokonferenzen, usw..

VBR (Variable Bit Rate):

Für den VBR-Dienst sind regelmäßige Verkehrsunterbrechungen typisch. Die Zellen werden mit variabler Zellrate versandt. Hinsichtlich der Echtzeitanforderung lassen sich 2 Typen unterscheiden:

- VBR-RT (real time)
- VBR-NRT (none real time).

Die Qualität für diesen Dienst wird netzseitig garantiert.

Die Anwendungen können geringfügige Bandbreitenänderungen als auch geringfügigen Zellenverlust tolerieren. Der VBR-Dienst steht Video-Anwendungen, SMDS-Verkehr, LAN-Verbindungen oder anderen Diensten mit vorhersagbarem Verkehrsverhalten zur Verfügung.

Alle weiteren Dienste besitzen keine Anforderungen hinsichtlich der Echtzeitbearbeitung und arbeiten nach dem Best-Effort-Prinzip.

ABR (Available Bit Rate):

Der ABR-Dienst wird für Anwendungen verwendet, die kein vorhersagbares Verkehrsverhalten (zur Zeit des Verbindungsaufbaus) haben (z.B.: burstartiger Datenverkehr), jedoch ihren Verkehrsfluß an ein Protokoll zur Regelung des Verkehrsflusses anpassen können. Dies ist dadurch möglich, da der ABR-Dienst eine QoS-Anforderung bezüglich des Zellverlustes, jedoch keine hinsichtlich der Zellenlaufzeit stellt.

ABR ist ein Dienst des ATM Layer, bei dem sich die durch das Netz bereitgestellten Übertragungscharakteristika auch nach dem Verbindungsaufbau noch ändern können. Vor dem Verbindungsaufbau werden die minimale (für die eine Dienstqualität gewährleistet wird) und die maximale Zellrate als verbindlicher Bandbreiterahmen festgelegt. (Zusätzlich können Zellenverlustrate und tolerierbare Zeitverzögerung definiert werden.) Der ABR-Dienst ist in der Lage die Einspeisung der Daten in das Netz kontrolliert zu gestalten. Die Verwendung von Flußkontrollmechanismen dient dem Zweck, Überlast der Datenquelle zurückzumelden und kritische Engpässe zu vermeiden.

Die Steuerung durch netzseitige Kontrollmechanismen gewährleistet eine gewisse Qualität.

#### UBR (Unspecified Bit Rate):

Der UBR-Dienst erfordert keine Vorkenntnisse über das Verkehrsverhalten der Anwendung. Er ist für Applikationen (welche durchaus burstartigen Charakter aufweisen können) ohne Echtzeitbedingungen und definierte QoS-Anforderungen vorgesehen.

Die Verfahrensweise entspricht dem „send and pray“-Verfahren, d.h. der Anwender vertraut dem Netz seine Informationen, ohne jegliche Kenntnisse über den Auslastungsgrad, an und überträgt diese mit maximaler Geschwindigkeit. In Netzüberlastsituationen erfolgen Verstopfungsrückmeldungen, welche eine Wiederholung der Übertragung veranlassen.

### **3.4.2. Die besondere Rolle von ABR für den LAN-Verkehr**

Charakteristisch für den LAN-Verkehr ist die stoßweise Informationsübertragung in Form von Datenbursts (abruptes Auftreten extrem hoher Datenströme für einen meist kurzen Zeitraum). LAN-Verkehr weist einen nicht-deterministischen Charakter auf. Dieses Verhalten kann leicht zu Engpässen in ATM-Netzen führen.

Selbst Bursts aus verschiedenen LAN's führen nicht zu einer gleichmäßigen Netzauslastung (Poisson Prozeß), sondern der Burstcharakter bleibt bestehen.

[nach W.E. Leland in IEEE „Transactions on Networking“, Febr. 94]

Ein funktionsfähiges Hochgeschwindigkeitsnetz muß so ausgelegt sein, daß es den burstartigen LAN-Traffic ins ATM-Netz integriert, ohne jegliche Gefährdung anderer Verkehrsarten. Zu diesem Zweck sind spezielle Mechanismen notwendig, um dem LAN-Verkehr in einem ATM-Netz die Zügel anzulegen, um die Gesamtfunktionsfähigkeit des Netzes nicht zu gefährden.

Ein erster Schritt in diese Richtung ist die ABR-Serviceklassendefinition (in der Verkehrs-managementspezifikation) des ATM-Forums. ABR ist auf die Charakteristik des zeit- und fehlerunkritischen LAN-Verkehrs zugeschnitten. Die ABR-Funktion ist eine der wichtigsten Vorzüge des ATM, da sie es ermöglicht, ungenutzte Bandbreitenreserven für den Datentransport nutzbar zu machen.

Der zweite Schritt besteht in der Definition von speziellen Flußkontrollmechanismen für den ABR-Dienst, welche eine optimale Nutzung brachliegender Ressourcen für Nicht-Echtzeit-Anwendungen (wie LAN-über-WAN-Verbindungen) erst ermöglichen.

Bisher spielte das Thema ABR kaum eine Rolle, da ATM-Netze - gemessen am derzeitigen Kapazitätsbedarf - überdimensioniert sind. Mit zunehmender Netzauslastung wächst der Anreiz zur ABR-Implementation.

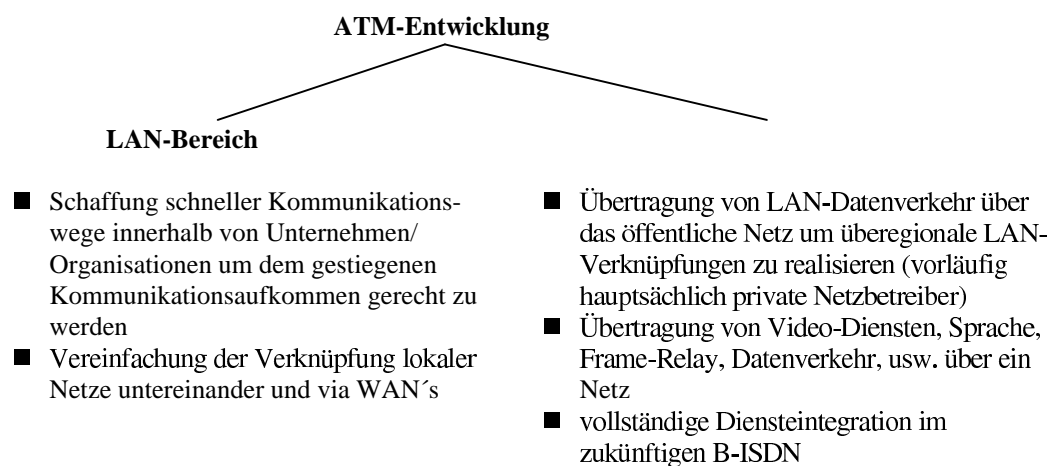
[hp 7/96], [Gat 2/96]

## **3.5. ATM - heute**

Die Implementation der ATM-Technologie schreitet voran. Netzbetreiber schließen ihre Pilotprojekte ab und treiben die Implementation von ATM in den Weitverkehrsbereich voran. Auf der anderen Seite rüsten Unternehmen ihre lokalen Netze mit ATM-fähigen Geräten aus, da gerade im lokalen Bereich die ATM-Entwicklung weiter fortgeschritten ist.

ATM kommt der Idealvorstellung eines einheitlichen Netzes, welches in der Lage ist, alle konventionellen Dienste und zusätzliche neue Breitbanddienste zu übertragen, nahe. Es überwindet die Problematik konventioneller Netze, welche jeweils auf eine bestimmte Dienstart zugeschnitten sind und enorme Kosten bei der Installation und Wartung verursachen.

Die ATM-Entwicklung hat sich in zwei Richtungen (mit unterschiedlichen Zielstellungen) vollzogen.



**Abb. 3.20.:** Zweigeteilte ATM-Entwicklung

[hp 7/96]

### **3.5.1. Meinungen, Einschätzungen und Zitate**

ATM ist in der Lage unterschiedlichste Dienste (mit hohen Datenraten) zu übertragen und entspricht allen Erwartungen, die in diese Technologie gesetzt werden, jedoch vollzieht die Implementierung sich nicht so reibungslos wie erhofft.

...so zeigten die Ergebnisse der Feldversuche und Erfahrungen der Pilotanwender

Insbesondere Lücken in den Standardisierungen (fehlende standardisierte Routingprotokolle, Ende-zu-Ende-Management {ILMI lediglich Übergangslösung, sonst proprietär}, Mechanismen der Datenflußkontrolle {keine oder proprietär}), noch nicht eindeutig formulierte Spezifikationen, welche zu unterschiedlichen Interpretationen (herstellerseitig) führen, bzw. fehlende Standards und daraus resultierende firmenspezifische proprietäre Entwicklungen und Umsetzungen erschweren das problemlose Zusammenspiel von ATM-Komponenten unterschiedlicher Fabrikate.

Um diesen Problemen zu begegnen, arbeiten die Standardisierungsgremien an der Präzisierung der Standards und definieren Konformitätstests.

[Data 3/96], [hp 7/96]

Folgende Zitate sollen den aktuellen Stand der ATM-Technologie weiter verdeutlichen.

„Die ATM-Technologie befindet sich derzeit in einem Stadium, in dem existierende Standards noch verfeinert werden und weitere Standards noch in Arbeit sind.“

[hp 7/96]

„Im anfänglichen Überschwang der Gefühle zur Lösung aller Engpässe erklärt, stocherten ATM-Interessierte allerdings in den Nebeln mangelnder Standardisierung und schwieriger technischer Umsetzung. Diese haben sich inzwischen verzogen und am Horizont erscheint der Silberstreif einer Vereinheitlichung aller Kommunikationsdienste auf ATM-Basis.“

„Die Technologie hat einen so hohen Reifegrad erreicht, daß die Perspektive eines einheitlichen Transports von Sprach- und Datendiensten sowie Echtzeitanwendungen ohne Bandbreitenbeschränkungen realisierbar wird.“

„Aufgrund der Spezifikationen sollte normalerweise die Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller kein Problem darstellen. Ob dies aber im Einzelfall auch immer in der Praxis realisiert wird, steht auf einem anderen Blatt.“

„Trotzdem hat ATM den Status einer Technologie-Demonstration verlassen,...“

[c't 10/96]

„...noch klaffen Anspruch und Wirklichkeit mitunter weit auseinander. Obwohl bereits zahlreiche Schnittstellenstandards für ein heterogenes ATM-Umfeld existieren, muß die ständig wachsende Zahl von Anbietern die noch vorhandenen Lücken mit funktionalen Eigenentwicklungen (beispielsweise in den Bereichen Flußkontrolle oder Überlastverhalten) aufbessern. Vollständige Interoperabilität zwischen Produkten unterschiedlicher Hersteller ist zur Zeit nur in den wenigsten Fällen gewährleistet.“

[LL 11/96]

### **3.5.2. ATM-Standardisierung**

ATM wurde 1990 von der ITU als Basistechnologie für das zukünftige Breitband-ISDN festgeschrieben. Die ITU verabschiedete 13 Basispezifikationen, welche ständig ergänzt und erweitert wurden.

1991 wurde das ATM-Forum gegründet, welchem Firmen aus der Computer- und Telekommunikationsindustrie angehören. Das Ziel des ATM-Forums bestand darin, bestehende Technologielücken zu schließen und ATM in den lokalen Bereich zu integrieren.

Desweiteren sind an der ATM-Standardisierung internationale Organisationen und Gremien beteiligt, wie beispielsweise ETSI und IETF.

Die Vision des ATM-Forums besteht darin: „eine Technologie voranzutreiben, die neben klassischen Bereichen neue Märkte bei der globalen Vernetzung erschließen helfe“.

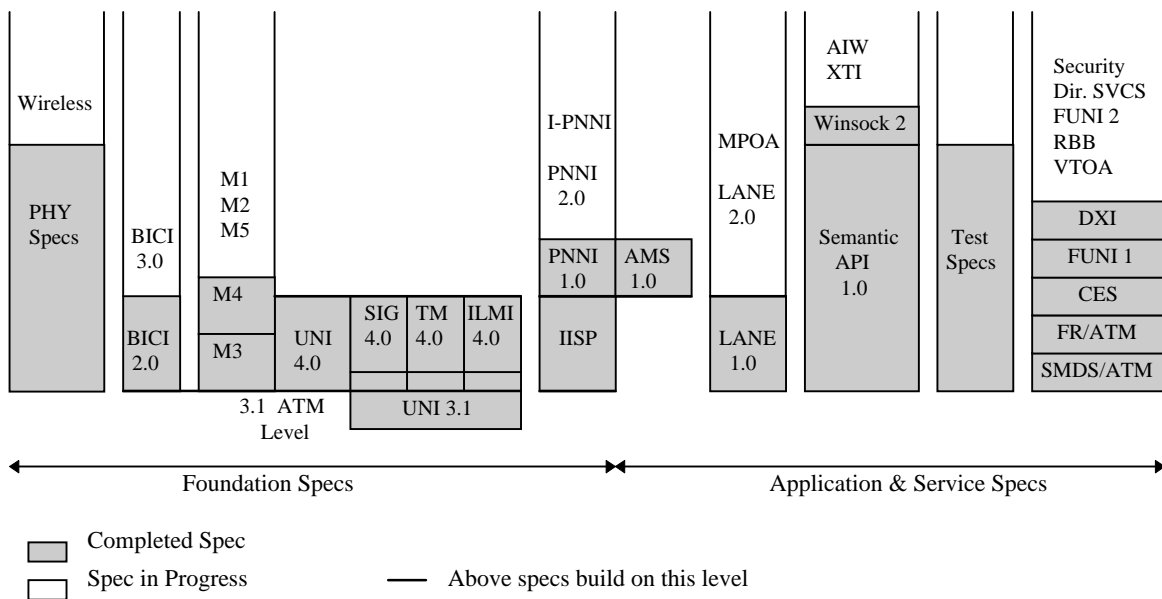
Dem ATM-Forum kommt in der ATM-Standardisierung eine Vorreiterrolle zu. Es verabschiedet hauptsächlich Spezifikationen, die den ATM-Einsatz in lokalen Netzen regeln. Die Namensgebung „Spezifikationen“ kann nicht darüberhinwegtäuschen, daß diese den Status eines Standards haben.

Die Kernspezifikationen sind jene Standards, die das für den ATM-Betrieb an sich stabile Rahmenwerk bilden. Sie gewährleisten einen Investitionsschutz, da spätere Normen auf bestehende aufsetzen und diese in ihrer Funktionalität erweitern.

Es werden:

- Foundation Specifications (werden für den Aufbau einer ATM-Infrastruktur benötigt) und
- Expanded Feature Specifications (dienen der Migration zu ATM als ein diensteintegrierendes Netzwerk)

unterschieden.



**Abb. 3.21.:** ATM-Forum Standardisierungsaktivitäten im Überblick [Data 11/96]

Foundation Specification	Kurzcharakteristik
<b>Physical Specifications</b>	■ Definition physikalischer Schnittstellen
<b>B-ICI Version 2 (Broadband Inter Carrier Interface)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Schnittstelle zwischen Carrier-Netzen auf der Basis dynamisch aufgebauter Verbindungen zwischen ATM-Netzen der Carrier</li> <li>■ basierend auf UNI 3.1</li> </ul>
<b>Netzwerk Management Spezifikationen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Managementfunktionen für verschiedene Schnittstellen</li> <li>■ Managementschnittstellen und MIB's (Management Information Base)</li> </ul>
<b>UNI (User-Network-Interface)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Interface-Definition für das UNI (Funktionen, Protokolle,...)</li> <li>■ aktuelle Versionen 3.1 und 4.0 (abwärtskompatibel, jedoch 3.1 nicht auf 3.0)</li> </ul>
<b>TM - Traffic Management Version 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Definition verschiedener Servicekategorien auf ATM-Layer-Ebene und Flußkontrollmechanismen</li> <li>■ ABR-Protokoll</li> <li>■ QoS-Implementierung</li> </ul>
<b>SIG - Signaling 4.0</b>	■ ermöglicht Aufbau von Verbindungen (ab Version 4 mit dem ABR-Protokoll)
<b>ILMI 4.0 (Interim Local Management Interface)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Netzwerk-Management-Schnittstelle zwischen ATM-Endgerät und ATM-Netz</li> <li>■ Plug-and-Play-Mechanismus für Anschluß von ATM-Geräten an Switches</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ automatische Adreßvergabe</li> </ul>
<b>PNNI 1.0 (Private Network-Interface)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Definition der wichtigsten Schnittstelle zwischen ATM-Switches in privaten Netzen</li> <li>■ ermöglicht Verbindungsaufbau und Wegewahl auf Grundlage eines leistungsfähigen Routing-Protokolls</li> </ul>

**Tab. 3.7.:** Foundation Specifications des ATM-Forums

Expanded Feature Specification	Kurzcharakteristik
<b>AMS 1.0</b>	■ Audio/Visual Multimedia Service
<b>LANE 1.0 (LAN Emulation)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verbindung von Ethernet und Token Ring über ATM</li> <li>■ hauptsächlich für die Nutzung von ATM als Backbonestruktur vorgesehen</li> <li>■ Basis für LANE 2.0 und MPOA</li> </ul>
<b>Semantic Descriptions for Application Programming Interfaces ( Semantic API Version 1.0)</b>	■ Basis für die Entwicklung ATM-bewußter Anwendungen, z.B.: auf Basis von Winsock 2, XTI, AIW
<b>Test-Spezifikationen</b>	■ Performance-, Conformance- und Interoperabilitäts-Messungen
<b>Spezifikationen für die Integration bestehender WAN-Strukturen in ATM</b>	o. A.

**Tab. 3.8.:** Expanded Feature Specifications des ATM-Forum

**Bemerkungen:** LANE und MPOA sind für Betreiber und Planer lokaler ATM-Backbones von zentraler Bedeutung.

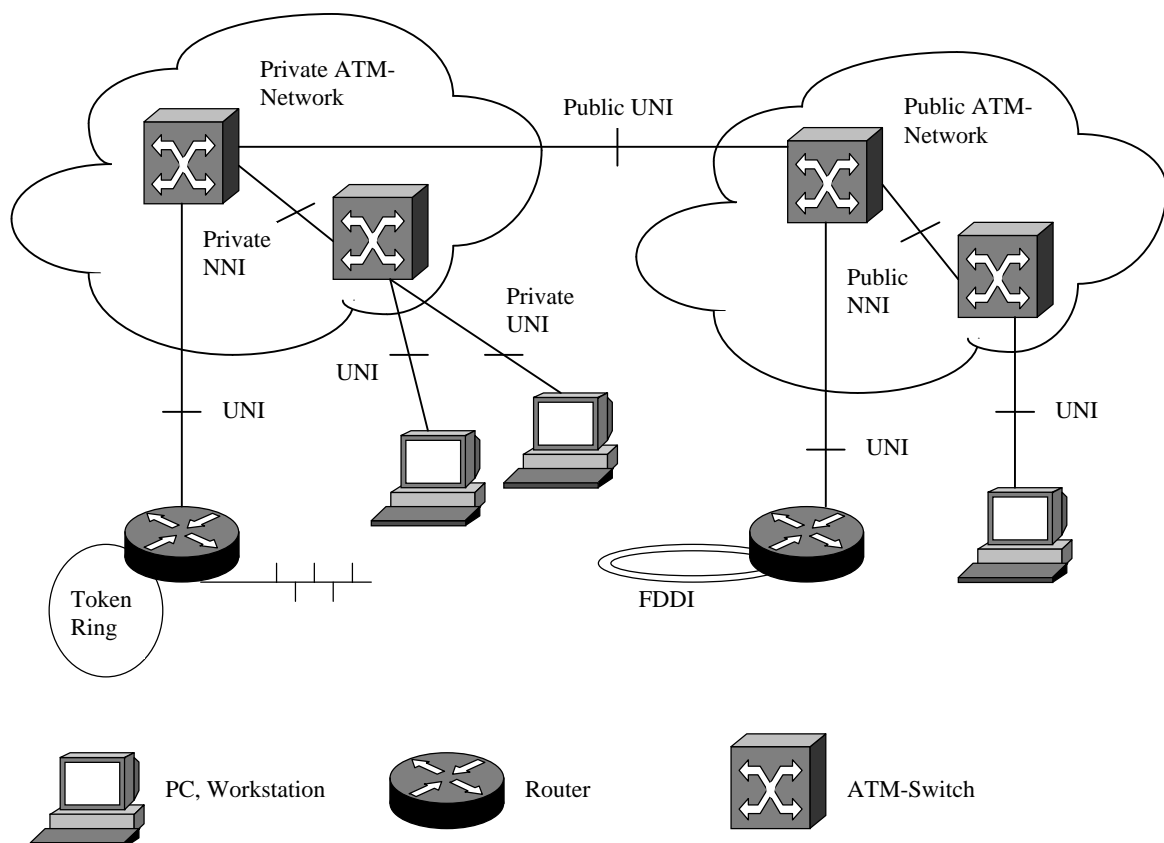
Mit den derzeit verfügbaren Standards sind heute die technischen Möglichkeiten für den Aufbau eines ATM-Netzes gegeben, jedoch fehlen zumeist „ATM-bewußte“ Anwendungen, die die Vorteile von ATM voll nutzen (API's schaffen hierfür die Grundlage).

[Data 11/96]

**Verweis:** Eine umfassende Auflistung ATM-bezogener Standards verschiedener Gremien enthält Anhang A.

### **3.6. Spezifikationen der wichtigsten ATM-Interfaces für die Anwendung im lokalen Bereich (Funktionsübersicht)**

In ATM-Netzen werden im wesentlichen zwei Interfacetypen (unabhängig von der physikalischen Schnittstellendefinition) unterschieden.



**Abb. 3.22.:** ATM-Interfaces [Cis3 (96)]

UNI: User-Network-Interface (Teilnehmer-Netz-Schnittstelle)

- stellt Verbindung der Geräte auf Benutzerseite mit dem ATM-Netz her
- Ende (oder Peripherie) eines ATM-Netzes
- private UNI: Schnittstelle zwischen einem ATM-Endpunkt und einem privaten ATM-Vermittlungsknoten
- public UNI: Schnittstelle zwischen einem ATM-Endpunkt und einem

ATM-Vermittlungsknoten im öffentlichen Netz, hierzu

zählt auch die Schnittstelle zwischen privaten ATM-Knoten und dem öffentlichen Netz

NNI: Network-Network-Interface (Netz-Netz-Schnittstelle)

- Schnittstelle zwischen ATM-Vermittlungsknoten
- Signalisierung und Wegewahl im ATM-Netz als Hauptfunktion
- ebenfalls für öffentlichen und privaten Bereich (P-NNI) definiert

### **3.6.1. UNI-Spezifikation**

Die UNI-Spezifikation des ATM-Forums ist eine der wichtigsten Grundspezifikationen. In den Spezifikationen der Versionen 3.x werden folgende UNI-Protokoll-Funktionen definiert:

- dynamische Verbindungsallokation
- Unterstützung von Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen
- Unterstützung von ATM-Transportdiensten
- Einrichten von VCC's
- UNI-Signalisierung
- Definition der ATM-Adreßformate (öffentliche als auch private)
- Fehlererkennungsmechanismen
- QoS-Klassen-Unterstützung
- Connection Admission Control (CAC)
- Traffic Management Services
- ILMI-Adressierung und Client-Registrierungsprozeß (unter Verwendung des SNMP)

Die UNI-Signalisierung stellt die für den Auf- und Abbau von Verbindungen notwendigen Prozeduren zur Verfügung. Sie basiert auf der ITU-Empfehlung Q.2931 und benutzt die Q.SAAL als Transportschicht.

Derzeitige Implementierungen basieren auf UNI 3.0 und 3.1 (wobei zu bemerken ist, daß Version 3.1 nicht abwärtskompatibel ist). Die im Juni 1996 verabschiedete Version 4.0 ist in ersten Implementierungen erhältlich.

UNI 4.0 (mit erweitertem Funktionsumfang) stellt eine Weiterführung der UNI 3.1 dar, welche insbesondere die Belange der ATM-Dienste in Verbindung mit den unterschiedlichen Dienstklassen und dem dazugehörigen Bandbreiten-Management beschreibt.

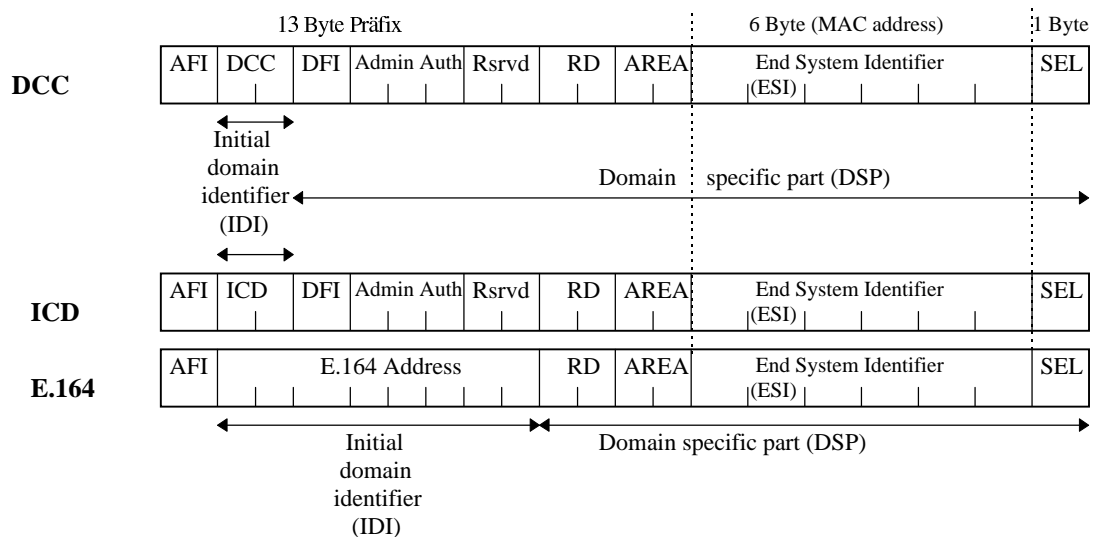
[Bay 96]

### 3.6.1.1. ATM-Adreßformate und Adreßauflösungsprotokoll am UNI

#### ATM-Adressen:

Jede Einrichtung im ATM-Netz besitzt eine individuelle Adresse, anhand derer sie identifizierbar ist. ATM-Endsysteme werden über 20 Byte lange Teilnehmeradressen adressiert.

Vom ATM-Forum werden derzeit 3 Formate unterstützt.



**Abb. 3.23.:** ATM-Adreßformate [Bay 96]

Adreßformat	Kurzcharakteristik
<b>DCC (Data Country Code)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spezifiziert Ländercode des Landes, in dem eine Adresse registriert ist</li> <li>■ transportiert LAN-Adressen, wie in IEEE 802 spezifiziert</li> </ul>
<b>ICD (International Code Designator)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kennung derjenigen Institution, die für die Adreßregistrierung zuständig ist</li> <li>■ identifiziert eine der internationalen Organisationen</li> </ul>

	■ durch ISO-OSI genormt
<b>E.164</b>	■ ISDN-Rufnummernplan, der international festgelegt ist ■ vglw. einer Telefonnummer, wie in öffentlichen ATM-Netzen verwendet

**Tab. 3.9.:** ATM-Adreßformate

ATM-Adressen weisen eine zweigeteilte Struktur auf.

- Netzwerk-Präfix: - 13 Byte langer Netzwerkidentifikationsteil zur Identifizierung der

Client Domain

- dient der hierarchischen Adressierung auf ATM-Switch-Ebene
- umfaßt AFI (Authority Format Identifier), Administrative Authority, RD (Routing Domain) und das Area Field

- Nutzerteil: - Stationsidentifikator
- umfaßt ESI (End System Identifier) und SEL (Selector Field)

Jede ATM-Einrichtung muß in der Lage sein, jede andere ATM-Einrichtung zu erkennen, die eines der definierten Formate benutzt.

#### ATM-Adreßregistrierung:

Wichtig für Verbindungsaufbauprozeden ist die Registrierung der Endgeräte im Netz. Die Clients müssen sich beim Netz anmelden, so daß der Vermittlungsknoten die Lokation jedes Teilnehmers kennt. Die Registrierung der Stationen und ihrer Adressen erfolgt automatisch über das Interim Local Management Interface (ILMI), wenn das Endsystem am Switch angeschlossen wird.

Jedes Endsystem übernimmt den Netzwerk-Präfix seines Switches und teilt diesem seine Endsystem-ID mit.

### **3.6.2. P-NNI-Spezifikation**

Die P-NNI-Spezifikation ist ein weiterer wichtiger Standard für den Aufbau privater ATM-Netze. Die Spezifikation standardisiert eine Schnittstelle (P-NNI - Private Network-Network-Interface) in einem privaten Netzwerk für die Interoperabilität der Switches verschiedener Hersteller.

Sie ist jedoch nicht kompatibel zum NNI im öffentlichen Netzen, welches auf dem ZGS 7 (Zentrales Zeichengabesystem) basiert.

PNNI ermöglicht den Aufbau heterogener ATM-Netze und bildet die Basis für die Kommunikation von herstellereigenen ATM-Switches. Die Connection Management Systeme verschiedener Hersteller können Daten austauschen und virtuelle Wahlverbindungen zwischen den unterschiedlichen privaten Vermittlungssystemen aufbauen. Die Anwendung von PNNI ist derzeit auf reine ATM-Systeme beschränkt.

PNNI ist ein dynamisches hierarchisches Link-State-Routing-Protokoll (zudem das einzige standardbasierte Routing- und Switch-to-Switch-Signalisierungsprotokoll für den Einsatz in ATM-Netzen), das den Aufbau sehr großer ATM-Netze ermöglicht. Es besteht aus zwei Protokollanteilen.

- Das **Topologie-Protokoll** dient der Verteilung der Informationen über die Netztopologie an die einzelnen Teilnehmer, d.h. jeder Knoten tauscht periodische Hello-Pakete mit seinen Nachbarn aus und ist somit über die Gesamttopologie des Netzes im Bilde. Dadurch wird gewährleistet, daß alle Zellen einer Verbindung auf dem gleichen Weg (welcher durch den ersten Switch festgelegt wird) durch das Netz übertragen werden.
- Das zugehörige **Signalisierungsprotokoll**, welches auf der UNI-Definition basiert und um Routing-Funktionen erweitert wurde, regelt den Verbindungsaufbau zwischen den Vermittlungssystemen.

PNNI Phase 0: (auch als IISP (Interim Interswitch Signalling Protocol) bekannt)

PNNI Phase 0 definiert grundlegende Funktionen für den herstellerübergreifenden

Verbindungsaufbau zwischen ATM-Vermittlungssystemen. IISP eignet sich für kleine, sich nicht häufig ändernde Umgebungen, aufgrund der notwendigen manuellen Konfiguration der Topologie und Ressourcentabellen. Die Konfigurationstabelle, die durch den Netzadministrator erstellt wird, enthält Daten der eingehenden Ports und verknüpft diese mit denen der ausgehenden Ports. Die Routing-Funktion erfolgt auf der Grundlage der ATM-Adresse. Oftmals sind Erweiterungen des Protokolls notwendig, um die Konfiguration zu vereinfachen und bestimmte Optionen zuzulassen.

PNNI Phase 0 stellte nur eine Übergangslösung dar. IISP-Implementierungen werden heute mehr und mehr durch PNNI 1.0 abgelöst.

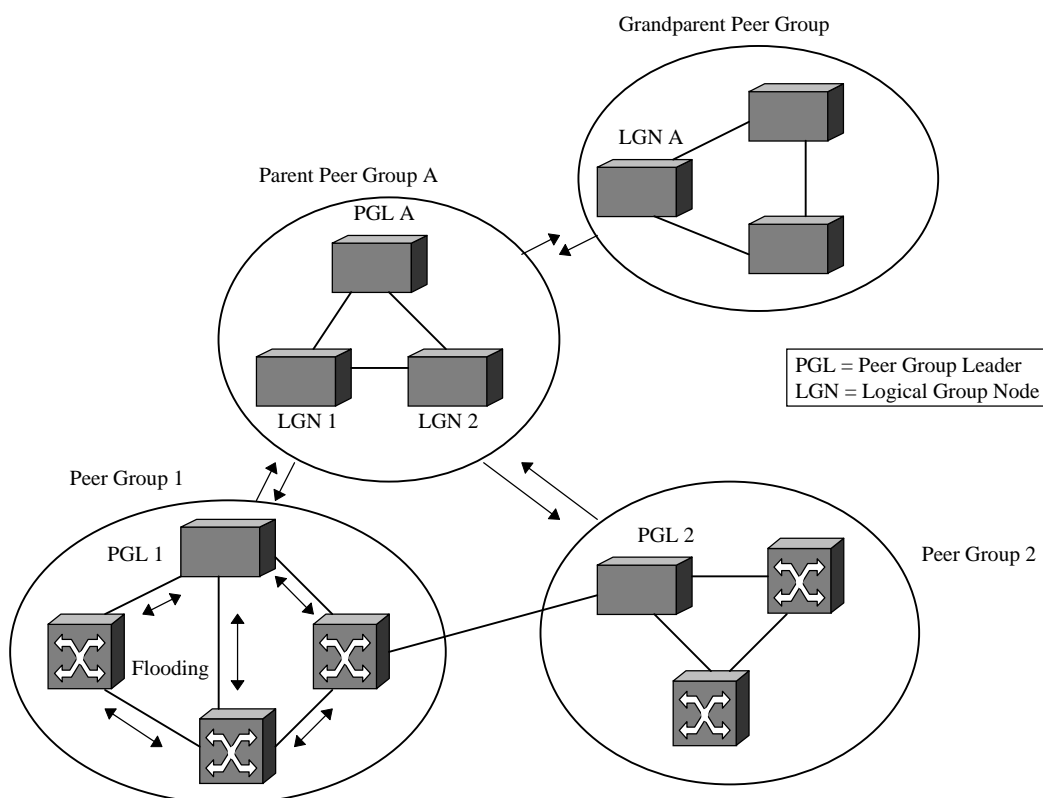
#### PNNI Phase 1:

Der im April 1996 verabschiedete Standard - PNNI Phase 1 - führt zu dem angestrebten Ziel des dynamischen Verbindungsauf-/abbaus sowie dem Re-Routing in herstellerübergreifenden ATM-Backbones. Das Phase-1-Protokoll ermöglicht die volle Nutzung des ATM-Netzes, ist auf die Anforderungen eines weltweiten ATM-Netzes zugeschnitten und stellt umfangreiche Routing- und Signalisierungsfunktionen für SVC's (switched virtual circuit) bereit. Das ATM-Forum verabschiedete diesen Standard für die Bildung äußerst skalierbarer, robuster und in der Technologie flexibler ATM-Netze mit der Möglichkeit der QoS-Unterstützung.

Wesentliche Eigenschaften:

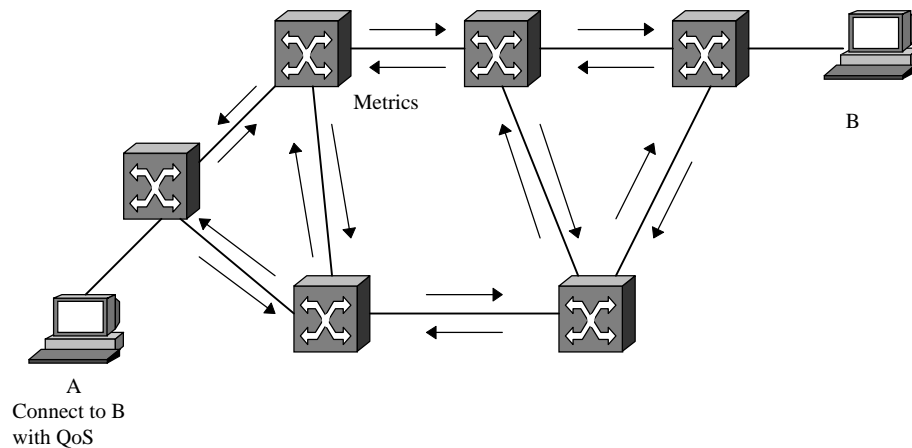
- Netzhierarchie mit mehreren Ebenen, um Skalierbarkeit und Topologieflexibilität zu erreichen (anwendbar für kleine Campusnetze bis hin zu globalen Netzwerken)

- Routing-Hierarchie (Abstraktionsgrad der Routing-Information steigt, je weiter man sich im Routing-Baum voranarbeitet) mit mehreren Routing-Leveln:
  - tiefster Level: einzelne Peer Group, in welcher alle Switches Erreichbarkeiten und QoS-Informationen (Metriken) austauschen
  - mehrere Peer Groups gleichen Levels werden in einer Peer Group höheren Levels vereinigt, worin jede tiefere Peer Group durch einen Peer Group Leader repräsentiert wird (iterativer Hierarchieaufbau)
  - jeder Level wird durch einen Präfix des ATM-Adreßraumes identifiziert
  - Konzept ermöglicht Geringhaltung des Informationsaustausches zwischen den Switches (innerhalb einer Peer Group Flooding, zwischen Peer Groups über Peer Group-Leader), erfordert jedoch komplexe Mechanismen zur Verwaltung mehrerer Level



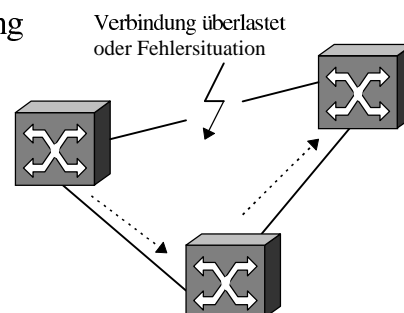
**Abb. 3.24.:** PNNI Routing Hierarchie [Cis(3)96]

## ■ Unterstützung des QoS-sensitiven Routings



**Abb. 3.25.: QoS-basiertes Routing [Cis(3)96]**

- Unterstützung aller Leistungsmerkmale, die ein Endgerät über die Benutzerschnittstelle (UNI 3.1) anfordern kann, jedoch nur Teilmengen der UNI 4.0 Funktionalität (v.a. QoS-Parameter für ABR)
  - Entscheidung über Wegewahl fällt erster ATM-Switch, anhand der ständig ausgetauschten Informationen zwischen den Switches (Link State Advertisements (erreichbare ATM-Adressen, QoS-Informationen, wie Bandbreite, garantierte Zellaufzeiten, Jitter,...))
  - PNNI ermöglicht eine optimale Wegesuche für Anwendungen mit speziellen Anforderungen, komplexes Zusammenwirken mit Traffic Management Funktionen in den Switches
  - Möglichkeit der Ersatzwegeschaltung
- Verbindung überlastet



### Abb. 3.26.: Ersatzwegeschaltung

Die Implementierung von PNNI Phase 1 in Switches ist bereits angelaufen. Gegenwärtig ist der Lightstream 1010 das erste und einzige Gerät, welches den vom ATM-Forum freigegebenen Standard unterstützt. In der ersten Phase wird hauptsächlich eine Peer Group implementiert, zukünftig ist die Unterstützung mehrerer angestrebt.

PNNI Phase 2 (ein Ausblick): (befindet sich derzeit in der Ausarbeitung)

- ergänzt Funktionalität
- Nutzung von PNNI für das Routing von Schicht-3-Protokollen, wie IP, IPX
- Verbindung öffentlicher und privater Netze
- nähere Standardisierung der Link State Advertisements
- Unterstützung von Multipoint-to-Multipoint-Verbindungen
- Unterstützung komplexer QoS-Parameter
- Unterstützung der Bandbreitenreservierung durch den Empfänger, wie in IPv6 vorgesehen

[Data 11/96], [Bay 96], [Cis(3)96]