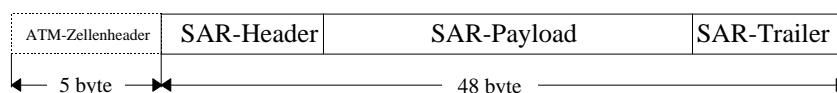


### 3. ATM Adaptation Layer

Der ATM Adaptation Layer (AAL) stellt das Bindeglied zwischen den Nutzdaten der höheren Schichten und der zellenorientierten Übertragung der ATM-Schicht dar. Die Hauptaufgaben bestehen darin, durch die Definition entsprechender AAL-Typen (1-5) für unterschiedliche Dienste:

- die Dateneinheiten höherer Schichten auf die Anforderungen der ATM-Schicht abzubilden und dabei die Dienstgüte ggf. zu verbessern und
- Steuer- und Managementfunktionen zur Verfügung zu stellen.

Entsprechend den Anforderungen der Dienstklassen (A-D) erfolgt eine Übertragung von zusätzlichen Steuerdaten im Payload-Feld einer ATM-Zelle, so daß eine in Abbildung 3.1 dargestellte allgemeine Payloadstruktur entsteht, die zu einer Verringerung der eigentlichen Nutzbitrate führt.



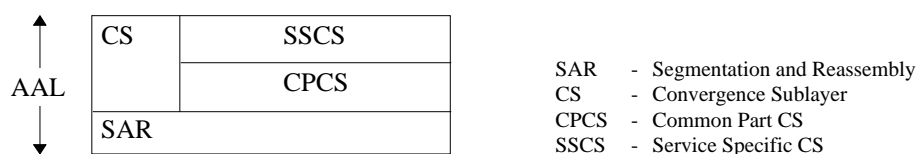
**Abbildung 3.1:** Allgemeine Payloadstruktur einer ATM-Zelle

Die AAL-Schicht besteht aus zwei Teilschichten:

- der Konvergenzteilschicht (CS - Convergence Sublayer) und
- der Segmentierungs- und Reassemblierungsteilschicht (SAR - Segmentation and Reassembly Sublayer),

wobei in Abhängigkeit vom verwendeten AAL-Typ eine weitere Unterteilung der Konvergenzschicht erfolgt:

- allgemeiner Teil (CPCS - Common Part Convergence Sublayer),
- dienstspezifischer Teil (SSCS - Service Specific Convergence Sublayer).

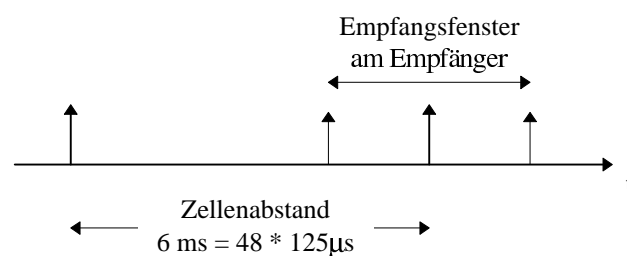


**Abbildung 3.2:** Schichtenmodell der AAL-Schicht

Die Aufgabe der SAR-Schicht besteht in der Segmentierung der Datenblöcke der höheren Schicht entsprechend dem Informationsfeld des verwendeten AAL-Typs bzw. dem Reassemblieren (Zusammensetzen) der Inhalte einer oder mehrerer ATM-Zellen zu einem Datenblock der höheren Schicht. Die Aufgaben der CS-Schicht sind dienstabhängig und reichen von der Handhabung von Zellenverlusten, Verzögerungen (durch Laufzeiten, Segmentierung/Reassemblierung), Zelleneinfügungen, Rückgewinnung von Sendefrequenzen und Datenstrukturen bis zur Überprüfung des AAL-Informationsfeldes auf Bitfehler.

### 3.1. AAL-Typ-0

Der AAL-Typ 0 ist kein AAL-Typ im eigentlichen Sinne, da auf eine Unterstützung durch die Konvergenzschicht verzichtet wird. Der Einsatz dieses Diensttypes geht auf einen Vorschlag von AT&T zurück und hatte das Ziel, eine vereinfachte Anpassungsschicht einzuführen, die den Einsatz von allen 48 Nutzbytes für den Dienst der höheren Schicht ermöglicht. Denkbar wäre der Einsatz bei allen Diensten, bei denen der Übertragungsmechanismus bereits auf Zellen basiert.



**Abbildung 3.3:** Definition des Empfangsfensters [ATM 10/96]

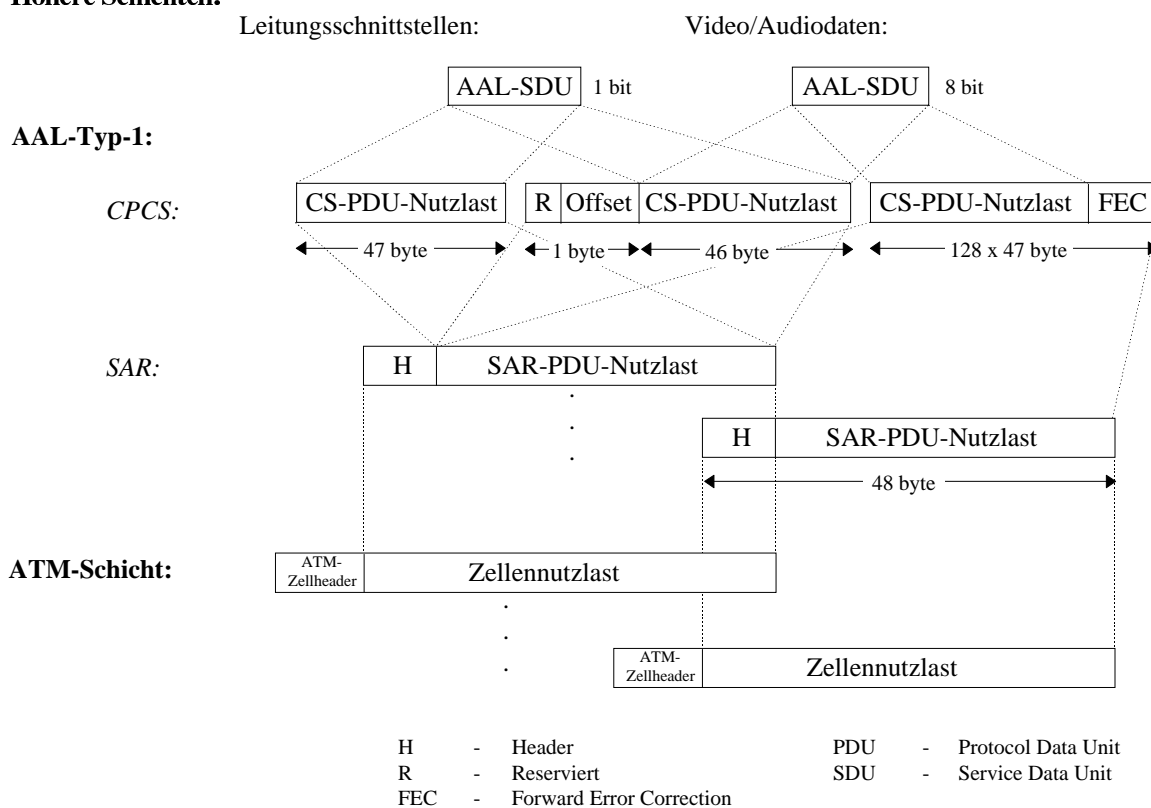
Ursprünglich wurde AAL-Typ 0 von AT&T für die Sprachübertragung vorgeschlagen, da hierbei viele Funktionen des früher definierten AAL-Typ 1 nicht benötigt wurden (z.B. Fehlererkennung im AAL-Informationsfeld, Sendetrückgewinnung (synchroner Dienst), Transportstrukturierter Daten, Folgenummer-Mechanismen). Damit konnte der SAR-PDU-Header (1 Byte) entfallen und der komplette ATM-Informationsteil für die SAR-PDU (48 Byte) verwendet werden. CS-Funktionen, die vom AAL-Typ 0 erfüllt werden, betreffen lediglich die Handhabung der Verzögerung (Laufzeitverzögerung, Paketierungsverzögerung) durch entsprechende Pufferspeicher. Auch das Erkennen verlorengangener oder eingefügter Zellen ist unter der Voraussetzung, daß die Paketierungszeit wesentlich größer als die variable Laufzeitverzögerung ist, möglich. Dazu wird die ankommende Zelle einer Sprachverbindung als gültig akzeptiert,

wenn sie in ein festgelegtes Empfangsfenster fällt (Abbildung 3.3). Außerhalb des Fensters ankommende Zellen werden als falsch eingefügt oder verlorene Zellen betrachtet und verworfen.

### 3.2. AAL-Typ-1

Der AAL-Typ 1 ist zuständig für die Anpassung von verbindungsorientierten Daten konstanter Bitrate, bei deren Übertragung eine feste zeitliche Beziehung zwischen Sender und Empfänger besteht.

#### Höhere Schichten:



**Abbildung 3.4:** Allgemeiner AAL-1-Funktionsablauf

Dementsprechend sind u. a. die Übertragung von Informationen notwendig, die die Sendetrückgewinnung ermöglichen. Zum Einsatz kommende und teilweise standardisierte Verfahren sind:

- das SRTS-Verfahren (Synchronous Residual Time Stamp) [I. 363] und
- das ACM-Verfahren (Adaptive Clock Methode).

Die vom AAL-Typ 1 zur Verfügung gestellten Funktionen umfassen die in Abbildung 3.5 aufgeführten Möglichkeiten.

Der AAL-Typ 1 besteht aus den Teilschichten SAR und CS (Abbildung 3.2).

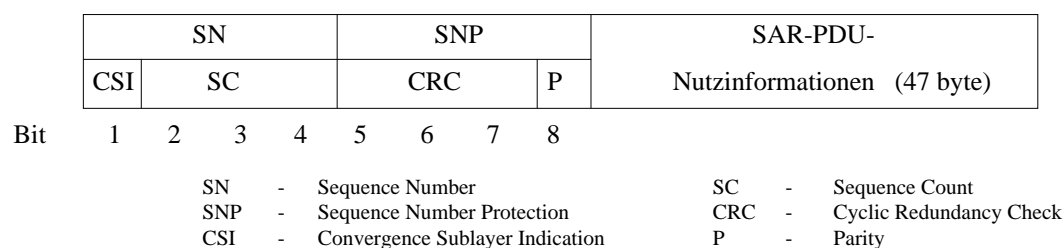
Prinzipiell werden die zu übertragenden Daten in Blöcke (CPCS-PDUs) zu je 47 Byte aufgeteilt und mit einem 1 Byte langen Header versehen (SAR-PDUs).

Benutzer- ebene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Segmentieren und Zusammensetzen der Benutzerdaten</li> <li>- Handhabung der Verzögerungen</li> <li>- Handhabung verlorener oder falsch eingefügter Zellen</li> <li>- Zurückgewinnung der Sendefrequenz im Empfänger</li> <li>- Zurückgewinnung der Datenstruktur bei Übertragung strukturierter Daten</li> <li>- Erkennung und Handhabung von Bitfehlern im AAL-Protokoll-Header</li> <li>- Erkennung von Bitfehlern im AAL-Informationsfeld und ev. deren Korrektur</li> </ul>
Management- ebene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meldungen der Benutzerebene an die Managementebene</li> <li>- Fehler bei der Informationsübertragung</li> <li>- verlorene oder falsch eingefügte Zellen</li> <li>- Zellen mit fehlerhaften Header</li> <li>- Verlust der Synchronisation</li> <li>- Überlaufen/Leerlaufen des Pufferspeichers</li> </ul>

**Abbildung 3.5:** Funktionen vom AAL-Typ 1

### AAL-Typ-1-SAR

Die Aufgabe der SAR-Teilschicht besteht darin, die von der übergeordneten Konvergenzschicht empfangenen Datenblöcke in 47 Byte lange Blöcke aufzuteilen mit einem SAR-Header (1 Byte) zu versehen (Segmentierung) und die entstandene SAR-PDU (Protocol Data Unit) an die ATM-Schicht weiterzuleiten (bzw. Entfernung des SAR-PDU-Headers und Zusammensetzung von Datenblöcken, die von der ATM-Schicht empfangen und zur AAL-Schicht weitergeleitet wurden).



**Abbildung 3.6:** Struktur einer AAL-Type-1-SAR-PDU

Der Aufbau einer AAL-Typ-1-SAR-PDU ist in Abbildung 3.6 dargestellt.

Die Bildung des SAR-Headers erfolgt aus zwei 4 Bit langen Feldern, dem SN- (Sequence Number) und dem SNP-Feld (Sequence Number Protection).

Das SN-Feld besteht aus dem 1 Bit langen CSI-Feld (Convergence Sublayer Indication), das verschiedene Funktionen innerhalb der CS-Schicht ermöglicht (Taktrückgewinnung, Kennzeichnung der Übertragung strukturierter Daten) und dem 3 Bit langen SC-Feld (Sequence

Count), das der CS-Schicht die Erkennung von Zellverlusten und Fehleinfügungen auf der Empfängerseite erlauben.

Das SNP-Feld dient der Sicherung des SN-Feldes und muß durch die SAR-Schicht generiert werden. Verwendung findet hier ein Generatorpolynom der Form  $G(x) = x^3 + x + 1$  für das CRC-Feld (Entstehung eines separierbaren zyklischen (7,4)-Codes mit einer Hammingdistanz  $h = 3$ ) und ein Paritätsbit (even parity) über alle sieben SAR-PDU-Header-Bits. Die SAR-Schicht auf der Empfängerseite wertet das SNP-Feld aus und reicht die Ergebnisse an die über ihr liegende CS-Schicht weiter. Die Codierung ermöglicht das Erkennen von Bitfehlern und die Korrektur eines Einzelbitfehlers durch  $h = 3$  [GB JG, 95].

### AAL-Type-1-CS

Alle in Abbildung 3.5 aufgeführten Funktionen (m.A. Segmentation/Reassembly) werden durch die Konvergenzschicht bereitgestellt. In der ITU-Empfehlung I.363 sind die dienstspezifischen Funktionen der AAL-1-CS wie folgt gegliedert:

- (1) Übertragung der Daten von synchronen (SDH) und asynchronen (PDH) Leitungsschnittstellen,
- (2) Übertragung von Videodaten,
- (3) Übertragung von Sprache (keine Regelung für Zellverlust und Bitfehler),
- (4) Übertragung hochwertiger Audiosignale (keine Spezifikation verfügbar).

In Abhängigkeit von der dienstspezifischen Funktion, erhält die CS-Schicht von über ihr liegenden Anwendungen eine entsprechende AAL-SDU (Service Data Unit) mit Längen von 1 Bit (1) oder 1 Byte (2-4), die in Form von 47 Byte Datenblöcke zusammen mit einer Sequenznummer an die SAR-Schicht weitergeleitet werden.

Grundfunktionen der AAL-1-CS-Schicht:

- Folgenummer-Auswertung

Diese Funktion erlaubt empfängerseitig durch die Auswertung der modulo-8-Sequenznummerierung ( $SC = 3$  Bit):

- das Erkennen gültiger SAR-PDUs,
- das Erkennen des Verlusts einer oder mehrerer SAR-PDUs und
- das Erkennen falsch eingefügter Zellen,

so daß die Lokalisierung verlorener Daten des Benutzerdatenstroms möglich wird. Das Prinzip der Folgenummer-Auswertung mit der entsprechenden Reaktion sind in Tabelle 3.1 dargestellt.

Folgenummer				Reaktion
letzte N-1	erwartete N	aktuelle N	nächste N+1	
1	2	2	3	kein Fehler
1	2	3	4	Zelle mit SN=2 fehlt, Füllzelle einfügen
1	2	7	2	Zelle mit SN=7 fehlgeleitet, Zelle verwerfen

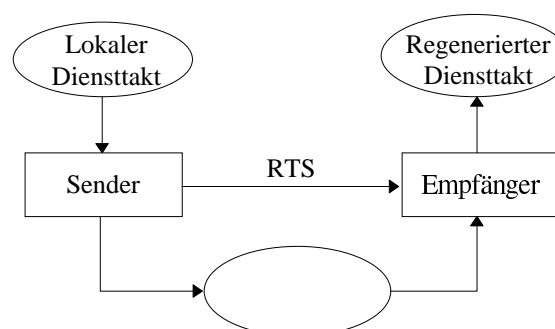
**Tabelle 3.1:** Folgesequenzauswertung [ATM 10/96]

- Sendefrequenzrückgewinnung

Für die Rückgewinnung der Sendefrequenz zur Datenrekonstruktion im Empfänger kommen zwei Verfahren zum Einsatz.

1. SRTS (Synchronous Residual Time Stamp)

Unter der Voraussetzung, daß sowohl beim Empfänger als auch beim Sender ein gemeinsamer Netztakt vorhanden ist, wird die Differenz zwischen dem lokalen Diensttakt und dem Netztakt bestimmt und als RTS-Signal kodiert (4 Bit), seriell im CSI-Bit übertragen. Verwendung findet hierfür, aufgrund der modulo-8-Sequenznummerierung und der anderweitigen Verwendung der SAR-PDUs mit ungeradzahligem Sequenznummern (s. Übertragung strukturierter Daten), die SAR-PDUs mit SN = 1, 3, 5, und 7. Das Grundprinzip von SRTS ist in Abbildung 3.7 dargestellt. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in der notwendigen Verfügbarkeit eines Bezugstaktes.



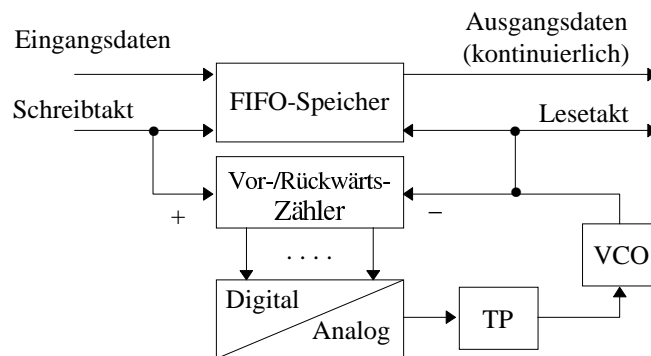
**Abbildung 3.7:** Prinzip der SRTS-Methode [GB FW]

2. ACM (Adaptive Clock Methode)

Diese Form der Taktückgewinnung verwendet nach Entfernung des Zellkopfes die Empfangsdaten, um auf der Empfängerseite einen kontinuierlichen Datenstrom zu

erzeugen. Im Prinzip handelt es sich um einen Speicher, dessen Füllstand durch einen Vorwärts-/Rückwärtszähler überwacht wird.

In Abhängigkeit von diesem Speicherfüllstand erfolgt die Steuerung des Auslesetaktes durch einen Oszillator (VCO).

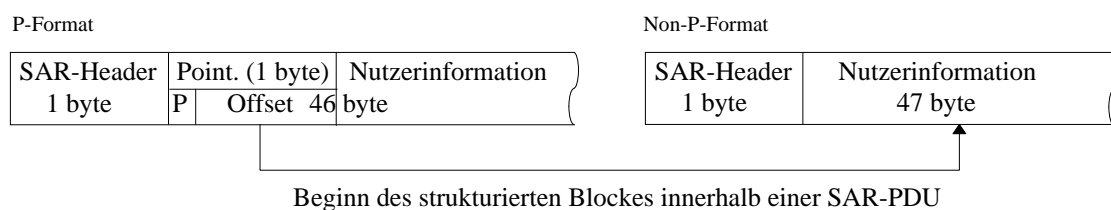


**Abbildung 3.8:** Prinzip der ACM-Methode [BAD 1/96]

- Übertragung strukturierter Daten

Der AAL-Typ-1 bietet die Möglichkeit, byteweise strukturierte Daten zu übertragen. Das Verfahren erfordert die Kennzeichnung des Beginns der Datenstruktur in einer SAR-PDU. Dies geschieht durch den Einsatz eines Zeigers (Zelle im P-Format), der innerhalb der SAR-PDU auf den Strukturbeginn deutet. Dieser Zeiger besteht aus dem ersten Byte nach dem SAR-PDU-Header in den PDUs mit den Sequenznummern  $SN = 0, 2, 4, 6$  und ist durch das CSI-Bit ( $CSI = 1$ ) gekennzeichnet.

Der Zeiger enthält die Information über die Anzahl der Bytes, die zwischen dem Ende des Zeigerfeldes und dem Anfang des strukturierten Datenblockes innerhalb der nächsten 93 Informationsfeld-Bytes (2 Zellen) liegen.



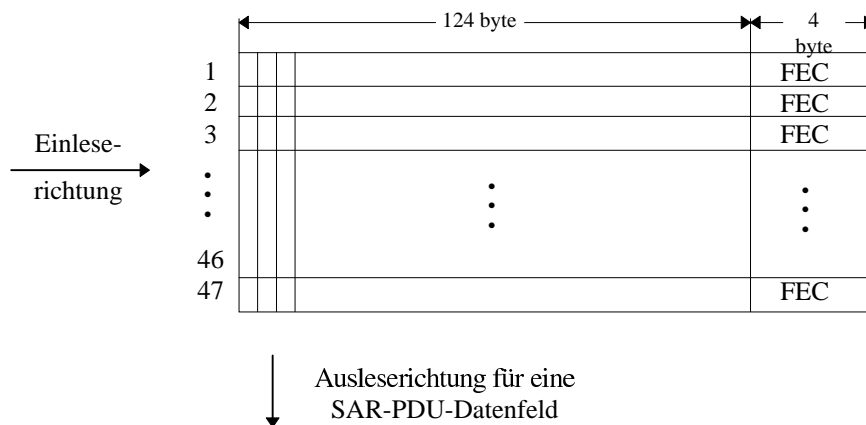
**Abbildung 3.9:** SAR-PDU zur Übertragung strukturierter Daten [GB FW]

- Korrekturverfahren für Bitfehler und Zellverluste (Videoübertragung)

Die Übertragung von Videosignalen, für die die Zellverlust- oder Bitfehlerrate der ATM-Verbindung zu hoch ist, erfordern eine aufwendige Fehlerbehandlung. Zum Einsatz kommt

ein Fehlerkorrekturverfahren aus der Kombination eines (128,124)-Reed-Solomon-Codes [Bos 1/92] und einer Byteumschichtung (Interleaving) [GB JG]. Die RS-Codes gehören zur Klasse der Blockcodes, die nicht bit-, sondern zeichenorientiert sind, wobei ein Zeichen aus mehreren Bit bestehen kann (z.B. 1 Byte). Daher sind sie zur Korrektur von Bündelfehlern geeignet [HEK 1/95]. Die verwendete Kodiermethode ermöglicht die Korrektur von 2 fehlerhaften bzw. 4 verlorenen Bytes aus einem Block von jeweils 128 Bytes [KYA 3/96]. Das Prinzip der Byteumschichtung ist in Abbildung 3.10 dargestellt.

Die in Abbildung 3.10 entstehenden 128 SAR-PDUs entsprechen einer CS-PDU. Die Kennzeichnung des Beginns einer CS-PDU erfolgt durch das Setzen des CSI-Bits in der ersten SAR-PDU auf den Wert 1.



### Abbildung 3.10: Prinzip der Byteumschichtung

Der Anwendung dieses Verfahrens sind in der Praxis jedoch Grenzen gesetzt, die in der entstehenden zusätzlichen Verzögerung, verursacht durch den generierten Overhead (FEC) und den notwendigen Wartezeiten zum Auffüllen einer CS-PDU (zweimaliger Aufbau der Matrix), zu finden sind.

### 3.3. AAL-Typ-2

Der AAL-Typ 2 ist zuständig für die Anpassung von verbindungsorientierten Daten variabler Bitrate, bei deren Übertragung eine feste Zeitbeziehung zwischen Sender und Empfänger besteht und die ebenfalls die Übertragung von Informationen zur Taktrückgewinnung notwendig macht. Der AAL-Typ-2 ist noch nicht vollständig definiert und damit noch nicht in der Praxis verfügbar, so daß lediglich die Zusammenstellung der Grundfunktionen möglich ist. Diese sind mit denen in Abbildung 3.5 aufgeführten Funktionen des AAL-Typ 1 identisch.



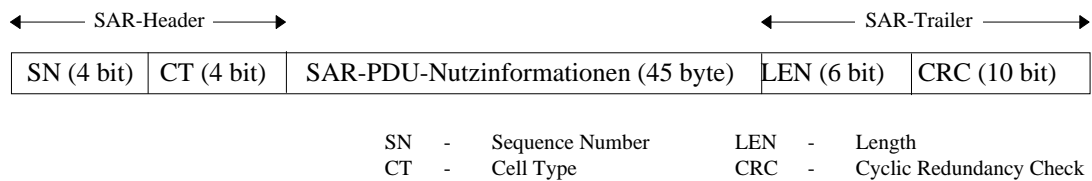


Abbildung 3.11: Struktur einer AAL-Typ-2-SAR-PDU

Der Aufbau einer AAL-Typ-2-SAR-PDU ist in Abbildung 3.11 dargestellt.

### 3.4. AAL-Typ-3/4

Der AAL-Typ 3/4 ist für die Anpassung der verbindungsorientierten und verbindungslosen Übertragung von Datenpaketen über das B-ISDN (z.B. LAN-Kopplung, X.25-Dienst) zuständig. Dieser Dienstyp enthält zusätzliche Kontrollstrukturen zum Multiplexen von verschiedenen Datenpaketen auf einen gemeinsamen VC, die seine Implementierung kompliziert und so den notwendigen Aufwand an Verwaltungsinformationen erhöht.

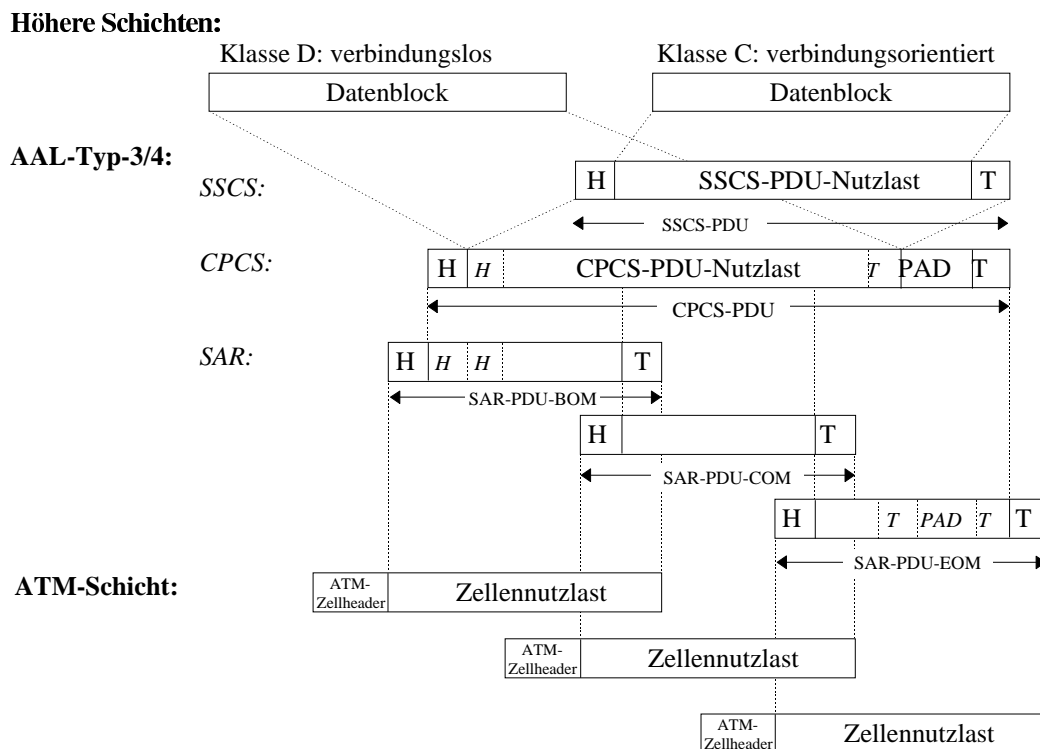


Abbildung 3.12: Allgemeiner Funktionsablauf im AAL 3/4 [BAD 1/95]

Der Aufbau der Anpassungsschicht entspricht der in Abbildung 3.2 angegebenen Struktur. Die SSCS-Schicht ist nur dann notwendig, wenn die AAL-Schicht eine verbindungsorientierte Kommunikation gewährleisten soll. In diesem Fall muß innerhalb der Teilschicht SSCS ein verbindungsorientiertes Protokoll realisiert werden. Jede Teilschicht besitzt eigene, fest vorgeschriebene Datenblockstrukturen.

Allgemein werden Datenpakete variabler Länge (1 bis 65535 Byte), die auf AAL 3/4 aufsetzenden Anwendungen auf ganzzahlige Vielfache von 4 Byte aufgefüllt (effiziente, hardwareorientierte Verarbeitung) und innerhalb der CPCS-Schicht in eine CPCS-PDU mit Header und Trailer eingebettet. Diese enthalten Angaben zur Mitteilung der erforderlichen Speichergröße in der Zieleinrichtung sowie Informationen zur Unterstützung der Rückgewinnung der Daten auf der Empfängerseite. Im Anschluß daran erfolgt in der SAR-Schicht die Aufspaltung der CPCS-PDU in 44-Byte-Blöcke und die Bildung einer SAR-PDU durch das Anfügen eines Header und Trailers. Diese SAR-PDU bildet die Grundlage für das Informationsfeld einer ATM-Zelle. Der allgemeine Ablauf ist in Abbildung 3.12 dargestellt.

Grundsätzlich unterscheidet AAL 3/4 zwei verschiedene Betriebsarten.

Im Message-Mode erhält die Anpassungsschicht eine Dateneinheit (AAL-SDU) der höheren Schicht in genau einer AAL-IDU (Interface Data Unit). Die Übertragung kurzer AAL-SDUs fester Länge kann innerhalb einer CS-PDU durch die Aktivierung eines Pufferspeichers erfolgen. AAL-SDUs variabler Länge werden durch die Aktivierung einer Segmentierungs-/Reassemblierungsfunktion innerhalb einer oder mehrerer CS-PDUs übertragen.

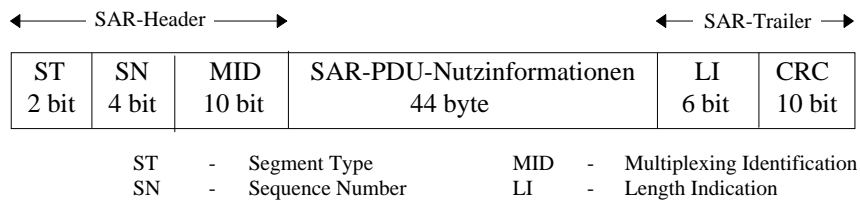
Im Streaming-Mode erfolgt die Übergabe einer Dateneinheit (AAL-SDU) an die Anpassungsschicht in einer oder mehreren AAL-IDUs. Die Übertragung geschieht in einer oder mehreren CS-PDUs, wobei einzelne CS-PDUs bereits gesendet werden können, bevor die gesamte AAL-SDU von der Anpassungsschicht erhalten wurde. Diese Möglichkeit wird als Pipelining bezeichnet.

Beide Betriebsarten ermöglichen eine „garantierte“ bzw. eine „nicht garantierte“ Übertragung. Im erst genannten Fall werden fehlerhafte bzw. verlorene PDUs erneut übertragen (optional können fehlerhafte PDUs auch an die höhere Schicht weitergegeben werden) und es werden Mechanismen zur Flußkontrolle zur Verfügung gestellt. Diese Form der Übertragung bleibt der SSCS-Schicht vorbehalten.

Innerhalb der CPCS-Schicht erfolgt grundsätzlich eine „nicht garantierte“ Übertragung.

### AAL-Typ-3/4-SAR

Die Aufgabe der SAR-Schicht des AAL 3/4 besteht darin, die von der CS-Teilschicht übergebenen SAR-SDUs variabler Länge (1 bis 65535 Byte) innerhalb des SAR-PDU-Informationfeldes (Länge 44 Byte) weiterzusenden. Die Struktur einer SAR-PDU ist in Abbildung 3.13 dargestellt.



**Abbildung 3.13:** Struktur der SAR-PDU des AAL 3/4 [BAD 1/95]

Die Aufgabe untergliedert sich in 4 Teilbereiche:

#### 1. Identifizierung des SAR-PDU-Informationfeldes

Dies ist notwendig, um zu erkennen, welcher Teil einer SAR-SDU sich im Informationfeld einer SAR-PDU befindet (Beginn, Ende, Fortsetzung einer Nachricht). Dazu wird im ST-Feld (Segment Type) der entsprechende SAR-SDU-Typ und im LI-Feld (Length Indication) die Längeninformation angegeben.

ST	Codierung	Bedeutung	gültige LI-Werte
BOM	10	SAR-SDU-Beginn	44
COM	00	SAR-SDU-Fortführung	44
EOM	01	SAR-SDU-Ende	4 .. 44 (63)
SSM	11	Einzel-SAR-SDU	8 .. 44

**Tabelle 3.2:** Kennzeichnung des SAR-PDU-Informationfeldes

Eine Besonderheit bildet der Übertragungsabbruch einer SAR-SDU, das als EOM gekennzeichneten SAR-Rahmens mit einem Längenfeld (LI), das den Wert 63 enthält. Das Informationfeld wird in diesem Fall im Empfänger ignoriert.

#### 2. Fehlererkennung

Verwendung findet hierfür eine CRC-10-Prüfsumme, die über den SAR-PDU-Header, das Informationfeld und das Längenfeld gebildet wird. Erkannte Bitfehler führen zum Verwerfen der entsprechenden PDUs bzw. können optional an die CPCS-Schicht weitergeleitet werden.

Das verwendete Generatorpolynom hat die Form  $G(x) = x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1$ .

#### 3. SAR-SDU-Kontinuität

Diese Funktion ermöglicht es, die Übertragung der SAR-SDU innerhalb einer CPCS-Verbindung in unveränderter Reihenfolge sicherzustellen. Dazu dient das Feld für die Folgenummer (SN). Jeder SAR-PDU wird dazu in aufsteigender Reihenfolge (beginnend mit 0) modulo 16 eine Sequenznummer (4 Bit) zugeordnet. Gleichzeitig ermöglicht die Nummerierung auf der Empfängerseite das Erkennen eines Verlusts oder einer falsch eingefügten SAR-PDU.

#### 4. Multiplex-/Demultiplexfunktionalität

Die Realisierung von mehreren AAL-Verbindungen, die über eine einzige ATM-Verbindung gemultiplext werden sollen, erfordert es, im Rahmen des Verbindungsaufbaus deren Anzahl zu definieren. Zu diesem Zweck erfolgt im Multiplex-Identifikationsfeld (MID - Multiplexing Identification) die Kennzeichnung der SAR-PDUs verschiedener AAL-Verbindungen. Die Unterscheidung erfolgt durch eine Zuordnung gleicher MID-Werte (10 Bit) zu einer AAL-Verbindung. Die einzelnen SAR-PDUs verschiedener AAL-Verbindungen können damit ineinander verschachtelt übertragen werden. Im Empfänger werden beim Demultiplexen die verschiedenen SDUs ihren AAL-Verbindungen wieder zugeordnet.

### **AAL-Typ-3/4-CS**

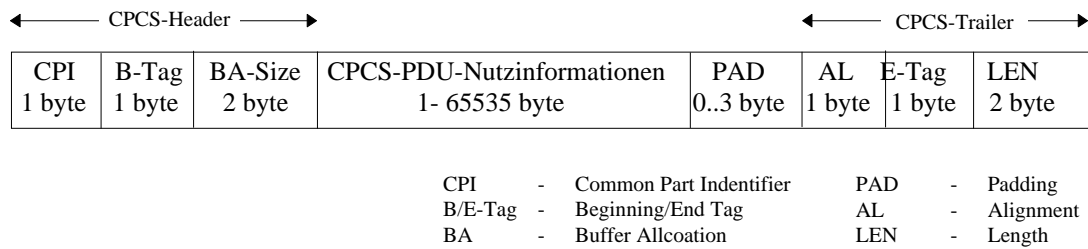
Die Konvergenzschicht stellt Funktionen für die Realisierung der verbindungsorientierten Datenübertragung (Klasse C) und der verbindungslosen Datenübertragung (Klasse D) bereit. Die Implementierung der dienstspezifischen Teilschicht (SSCS) für die verbindungslose Datenübertragung ist nicht erforderlich (s. Abbildung 3.12).

### **AAL-Typ-3/4-CPCS**

Innerhalb der gemeinsamen Teilschicht CPCS werden, sowohl für die verbindungslose als auch für die verbindungsorientierte Kommunikation, die zu übertragenden Datenblöcke in CPCS-PDUs eingebettet. Die darin enthaltenen Header und Trailer enthalten zusätzliche Informationen zur Sicherung der Nutzdaten und zur Unterstützung der Rückgewinnung der Benutzerdaten auf der Empfängerseite. Folgende Dienstmerkmale werden der übergeordneten Schicht zur Verfügung gestellt:

- „nicht garantierte“ Übertragung von Datenblöcken beliebiger Länge,
- Aufbau einer oder mehrerer Verbindungen zwischen zwei CPCS-Endpunkten,
- Fehlererkennung (Bitfehler, Zellenverlust) und
- Einhaltung der Übertragungsreihenfolge innerhalb einer CPCS-Verbindung.

Die Struktur einer CPCS-PDU ist in Abbildung 3.14 dargestellt.



**Abbildung 3.14:** Struktur einer CPCS-PDU [BAD 1/95]

Die Funktionen der CPCS-Teilschicht umfassen die folgenden Punkte:

#### 1. Identifizierung der zu übertragenden CPCS-PDU

Die Identifizierung erfolgt über das B-Tag- und das E-Tag-Feld im CPCS-Header bzw. Trailer. Diese Felder ermöglichen das Erkennen des Header-Endes bzw. den Beginn des Trainers. Dazu muß der Inhalt der beiden 2 Byte langen Felder denselben, in zwei aufeinanderfolgenden PDUs verschiedene Werte aufweisen. Eine mögliche Feldbelegung wäre z.B. die modulo-256-Nummerierung der CPCS-PDUs.

#### 2. Pufferreservierung

Diese Funktion ist erforderlich, um dem Empfänger mitzuteilen, wie groß der notwendige Speicher sein muß, um den Empfang der jeweiligen CPCS-PDU zu ermöglichen. Diese Information wird in dem 2 Byte großen BA-Size-Feld (Buffer Allocation) im Header der CPCS-PDU übertragen. Um dem Empfänger mitzuteilen, welche Einheit (z.B. Byte, kByte) der Wert im BA-Size-Feld besitzt, wird im CPI-Feld (Common Part Indication) eine Spezifizierung vorgenommen. Derzeit ist nur die Einheit Byte definiert.

#### 3. Fehlererkennung

Ein Möglichkeit der Erkennung von Fehlern besteht in einem Vergleich der aktuellen Länge der CPCS-PDU-Nutzdaten mit dem im Trailer im Length-Feld (2 Byte) angegebenen Nutzlastlänge der übertragenen CPCS-PDU. Weitere Fehlermeldungen erfolgen beim Überlauf des Pufferspeichers, fehlerhaft formatierten CPCS-PDUs sowie Fehlern, die von der SAR-Schicht gemeldet werden.

Die Verwendung des CPI-Feldes für Funktionen der Fehlerüberwachung wird gegenwärtig untersucht.

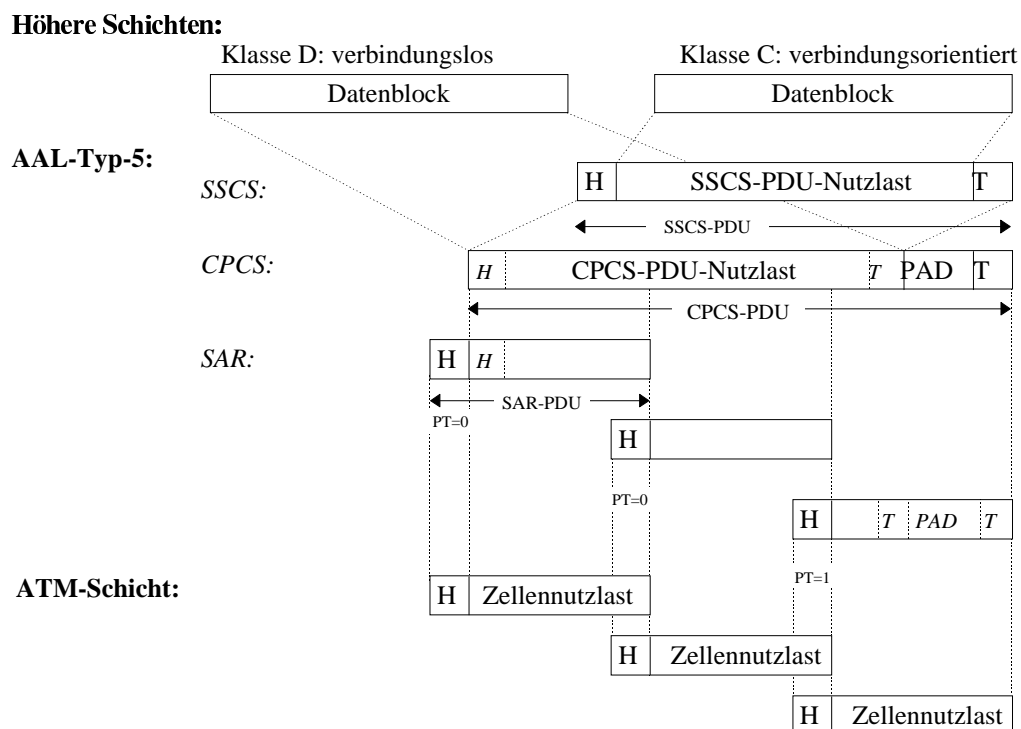
Die beiden noch nicht erwähnten Felder der CPCS-PDU (PAD - Padding, AL - Alignment) stellen Füllinformationen ohne Gehalt bereit und dienen dem Auffüllen des Informationsfeldes auf Vielfache von 4 Byte bzw. ergänzt den Trailer auf 4 Byte.

### AAL-Typ-3/4-SSCS

Die Teilschicht SSCS ist nur dann notwendig, wenn die AAL-Schicht eine verbindungsorientierte Kommunikation gewährleisten soll. Es muß in diesem Fall innerhalb der Teilschicht ein verbindungsorientiertes Protokoll (z.B. TCP) realisiert werden. Diese Teilschicht wird nur allgemein spezifiziert.

### 3.5. AAL-Typ-5

Die Realisierung des AAL-Typ-5 entspricht einer stark vereinfachten Form des AAL-3/4 und ist für verbindungsorientierte wie auch für die verbindungslose Übertragung von Daten geeignet.



**Abbildung 3.15:** Allgemeiner Funktionsablauf im AAL 5 [BAD 1/95]

Besonderheiten des AAL 5 bestehen darin, daß es keine Möglichkeit des Multiplexens mehrerer AAL-Verbindungen auf eine ATM-Verbindung gibt, da alle Zellen, die zu einer AAL-5-CPCS-PDU gehören in einem sequentiellen Strom übertragen werden. Ein weiteres Merkmal besteht darin, daß der Header der SAR-PDU gleichzeitig als Header für die ATM-Zelle verwendet wird.

Der Schichtaufbau des AAL-Typ-5 entspricht dem des AAL 3/4. Auch wird die SSCS-Schicht nur benötigt, wenn die AAL-Schicht eine verbindungsorientierte Kommunikation gewährleisten soll.

Allgemein werden innerhalb der CS-Schicht die Datenpakete variabler Länge (1 bis 65535 Byte) der auf AAL 5 aufsetzenden Anwendung, auf ganzzahlige Vielfache von 48 Byte aufgefüllt (um keine teilgefüllten Zellen zu erhalten) und nur mit einem Trailer versehen. Die entstandene CPCS-PDU wird anschließend in der SAR-Schicht in Segmente von jeweils 48 Byte aufgeteilt und mit einem SAR-Header versehen. Dieser dient gleichzeitig als Header für die ATM-Zelle.

### **AAL-Typ-5-SAR**

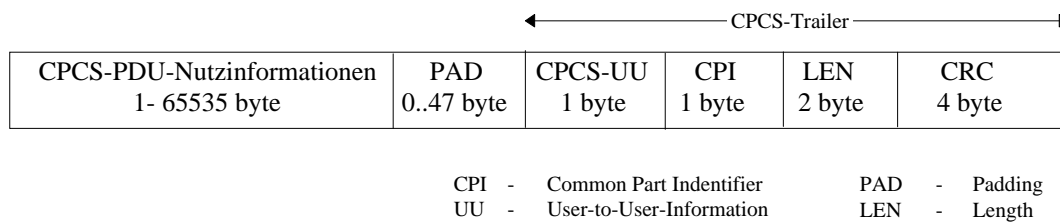
Die Struktur einer SAR-PDU entspricht der einer ATM-Zelle, da keine zusätzlichen Protokollinformationen im SAR-PDU-Informationsteil eingefügt werden. Die Aufgabe der SAR-Schicht besteht in der Segmentierung der von der Konvergenzschicht übergebenen CPCS-PDU in je 48 Byte lange Datenblöcke. Zur Kennzeichnung der letzten SAR-PDU aus einer CPCS-PDU, wird die PT-Angabe (Payload Type) im Header der ATM-Zelle verwendet. Dazu wird der Beginn oder die Fortführung einer CPCS - PDU durch  $PT = 0$  und das Ende einer CPCS - PDU durch  $PT = 1$  im ATM-Header gekennzeichnet. Informationen, die von der unter der AAL 5 liegenden ATM-Schicht betreffend Überlast oder Zellverlustpriorität gemeldet werden, werden ohne Auswertung an die übergeordnete Konvergenzschicht weitergeleitet.

### **AAL-Typ-5-CS**

Der Schichtaufbau des AAL-Typ-5-CS entspricht dem des AAL 3/4. Ebenso die Dienstmerkmale der CPCS-Schicht, die übergeordneten Schichten (Anwenderschicht oder SSCS) zur Verfügung gestellt werden. Auch in dieser Teilschicht (CS) kann zwischen den Betriebsarten Message-Mode und Streaming-Mode mit den möglichen Übertragungsarten (garantiert / nicht garantiert) unterschieden werden. Die Definitionen entsprechen denen des Diensttyps 3/4. Im Gegensatz zum Diensttyp 3/4 ist bei der Realisierung einer garantierten Übertragung durch die SSCS-Teilschicht lediglich eine Point-to-Point-Verbindung, jedoch keine Point-to-Multipoint-Verbindung möglich.

Zusätzliche Funktionen der CPCS-Teilschicht bestehen in der Implementierung einer CRC-32-Prüfsumme und der Übertragung von User-User-Informationen im CPCS-PDU-Byte (CPCS-UU). Die Überwachung von Bitfehlern erfolgt über die gesamte CPCS-PDU. Verwendung findet hierfür ein Generatorpolynom der folgenden Form:

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1.$$



**Abbildung 3.16:** Struktur einer AAL-Typ-5-CPCS-PDU [BAD 1/95]

Für verbindungslose Übertragungsprotokolle sind die zur Verfügung gestellten Funktionen der CPCS-Schicht ausreichend. Für verbindungsorientierte ist die Implementierung der vom jeweiligen Anwendungsprotokoll abhängigen, spezifischen Konvergenzschicht (SSCS) notwendig. Auf AAL-5-CPCS aufbauende SSCS-Spezifikationen wäre z.B. die SSCS-Spezifikationen des Frame Relay-Service über ATM (FR SSCS).

[BAD 1/95; ATM 10/96; GW FW; KYA 3/96]