

ATM Prinzip

Kurzfassung

34 Seiten

INHALT

1	Übersicht.....	2
2	Allgemeines	3
2.1	Charakteristische Merkmale und Eigenschaften des ATM.....	5
2.2	Fluss- und Fehlerkontrolle in ATM - Netzen.....	6
2.3	ATM - Übermittlungsprinzip	7
2.4	ATM – Verbindungsarten	8
3	ATM Referenzmodell.....	10
3.1	ATM-Vermittlungsschicht – ATM Layer.....	11
3.2	ATM Anpassungsschicht - Adaption Layer (AAL)	12
4	ATM Zellen	13
4.1	Zellenaufbau	13
4.2	Zellenarten	13
4.3	Bestandteile des Headers:.....	13
4.4	Synchronisation	16
5	ATM – Netze	18
5.1	Teilnehmerschnittstelle – User Network Interface (UNI)	18
5.2	Signalisierung	19
5.3	Netzelemente.....	20
5.4	Wegedurchschaltung	22
5.5.	Verkehrsmanagement.....	23
6	Kontrollfragen	28
7	Bilder und Tabellen.....	29
8	Abkürzungen	30
9	Literatur und Standards	31

1 Übersicht

Mitte der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts kam der Wunsch nach Diensten mit höherer Bandbreite auf. Die Schlagworte waren Bildfernsprechen und Videokonferenzen, aber auch Kommunikationsformen mit Bildern und Zeichnungen sowie Massendatenübertragungen z.B. für Zeitungsredaktionen. Für diese Kommunikationsformen, war das Angebot des ISDN mit einer Transportkapazität von $n \times 64$ kbit/s nicht immer ausreichend und bot außerdem durch die starre Bitraten-Zuordnung für zukünftige Anwendungen nicht genügend Flexibilität. Deshalb wurden Überlegungen für ein Breitbandnetz angestellt, welches sowohl bestehende als auch neue Dienste unterstützen könnte. Dafür waren z.B. Übertragungsgeschwindigkeiten bis in den 100 Mbit/s-Bereich erwünscht, so wie eine angepasste Transportkapazität, die für jede Verbindung nicht nur individuell festgelegt, sondern auch während einer Verbindung dem schwankenden Bitratenbedarf angepasst werden konnte. Abhängig von der Verkehrscharakteristik der Dienste sollten dabei sowohl kontinuierliche als auch paketorientierte Bitströme übermittelt werden können.

Diese flexible Technik wurde mit dem Asynchronen Transfer Modus ATM gefunden, der ein „Multiplex- und Vermittlungsprinzip“ ist, welches sowohl vermittlungstechnische als auch übertragungstechnische Anteile enthält, und daher als „Übermittlungstechnik“ (engl.: „transfer mode“) bezeichnet wird. Heute wird ATM als eine „Schicht-2-Technik“ in Transportnetzen, d.h. für jegliche Kommunikationsform betrachtet, wodurch der ursprüngliche Ansatz eines „Breitband-ISDN“ immer mehr in den Hintergrund gerät. ATM unterstützt Datenraten ab 150 Mbit/s und bietet variable Bandbreite.

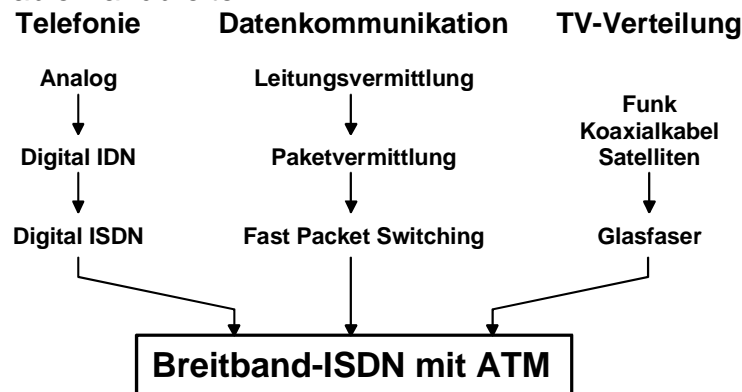


Bild 1 Evolutionsschritte in der Telekommunikation

Das ATM-Konzept hat seine Wurzel sowohl in der X.25- als auch in der ISDN-Technik. In ATM-Netzen werden Informationen in Form von „ATM-Paketen“ mit konstanter Länge übertragen. Diese Pakete werden ATM-Zellen genannt. Die im ISDN eingeführte Signalisierung über die sog. D-Kanäle wird in ATM-Netzen ebenfalls realisiert, jedoch nicht in Form eigener Kanäle, sondern mittels eigener ATM-Zellen, den sog. Signalisierungszellen. Entsprechend den zwei grundsätzlichen Zellentypen, nämlich Nutz- bzw. Signalisierungszellen, sind auch zwei Gruppen von Übermittlungsprotokollen in den Endsystemen von ATM-Netzen vorhanden:

- Protokolle für die Übermittlung der Nutzinformation und
- Protokolle für die Übermittlung der Steuerung.

Schlüsselwörter

Synchroner Transfer Modus, Paket Transfer Modus, Asynchroner Transfer Modus, ATM-Referenzmodell, ATM-Vermittlungsschicht, ATM-Anpassungsschicht, Virtual Path, Virtual Channel, Meta-Signalisierung, Verkehrsmanagement, Verkehrsvertrag, Qualitätsparameter

2 Allgemeines

Im Schmalband-Bereich arbeitet die Vermittlungstechnik in der Regel mit Kanälen welche während der Dauer der Verbindung fest durchgeschaltet sind (Leitungsvermittlung). Die Durchschaltung erfolgt in der Mehrzahl der Fälle durch eine Kombinationen von Raumkopelstufen (Synchronous Space Division) und Zeitstufen (Synchronous Time Division), wobei letztere die Zeitschlitz in Übertragungsrahmen umsordieren. Daneben gibt es für Datenanwendungen noch die Paketvermittlung, bei der Datenpakete aufgrund ihrer Adresse vermittelt werden.

ATM nimmt hier eine Mittelposition ein, da die dem ATM zugrunde liegende asynchrone Zeitstufe Eigenschaften der Leitungsvermittlung und der Paketvermittlung hat. Dabei entspricht die Annäherung von der Seite der Leitungsvermittlung der Zeitstufe in asynchroner Technik, die Annäherung von der Seite der Paketvermittlung dem Trend „einfacher und schneller“ der von X.25 über Frame Relay zu ATD¹ führt.

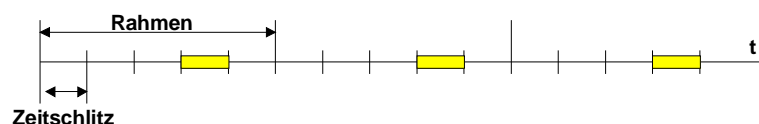
Es wurde jedoch schnell klar,

- dass ATM ein völlig anderes Protokoll darstellt,
- dass die Schnittstellen-Philosophie eine Evolution durchmacht, unabhängig von ATM,
- und dass die Referenz-Konfiguration, ein formales aber sehr praktisches Mittel ist, das auch für andere Kommunikationsformen eingesetzt werden kann.

ATM wurde daher sehr bald auch in der Datentechnik und dort sowohl in öffentlichen, als auch in privaten Netzen eingesetzt. Für die Spezifikation privater Netze und Schnittstellen etablierte sich das ATM-Forum, während die Spezifikation öffentlicher ATM-Netze bei ITU-T verblieb.

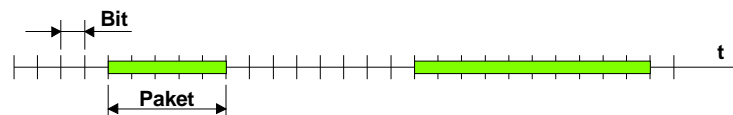
(1) Vergleich der Transfer Modi

Synchroner Transfer Modus



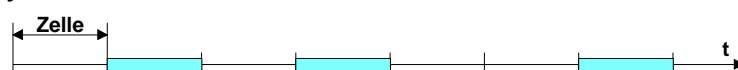
elementare Einheit: Zeitschlitz im Rahmen
Verbindung: Fester Zeitschlitz in jedem Rahmen

Paket Transfer Modus



elementare Einheit: Bit
Verbindung: Variable Anzahl von Bits (= Paket)
theoretisch beginnend an jeder Bitposition

Asynchroner Transfer Modus



elementare Einheit: Zelle
Verbindung: Feste Anzahl von Bits (= Zelle),
beginnend an festen Grenzen (Zelltakt)

Bild 2 Vergleich der Transfer-Modi

¹ ATD (Asynchronous Time Division) ist ein Vermittlungs- und Multiplex-Prinzip. ATM baut darauf auf.

- **Synchroner Transfer Modus** (time division multiplexing), sein bekanntestes Beispiel ist der Übertragungsrahmen eines PCM-30-Systems, der als elementare Einheit den Zeitschlitz kennt, üblicherweise durch ein Oktett repräsentiert. Eine Verbindung ist dadurch charakterisiert, dass in jedem Rahmen der gleiche Zeitschlitz belegt ist unabhängig davon, ob Daten zu übertragen sind oder nicht (geringe Effizienz).
- **Paket Transfer Modus**, ein Paketvermittlungssystem nach X.25, arbeitet beispielsweise auf Bit- oder Oktett-Ebene². Die Verbindung wird durch entsprechende Adressen im Paketkopf gekennzeichnet, wobei die Länge des Paketes innerhalb gewisser Grenzen nicht festgelegt ist.
- **Asynchroner Transfer Modus**, er hat vom Synchronen Transfer Modus das starre Raster — dort ist es ein Rahmen, hier sind es Zellen fester Länge (53 Byte) - und vom Paket Transfer Modus die Kennzeichnung der Verbindung durch eine Adresse im Zellenkopf (Overhead). Damit ergibt sich eine flexible Nutzung der Übertragungskapazität, wobei Zellen mit Nutzinformation nur bei Bedarf übertragen werden.

Im Vergleich zu Frame Relay bietet ATM wegen seiner festen Zellenlänge eine einfachere und raschere Verarbeitung, wobei die letzte Zelle nur zum Teil gefüllt sein kann. Die variable Nutzlast-Größe bei Frame-Relay bewirkt unter Umständen eine zu lange Blockierung der Übertragungseinrichtungen wodurch eine interaktive Echtzeit-Anwendung nicht möglich ist; da mehrfach Verzögerungen im Netzwerk auftreten können und keine Durchsatz-Garantie gegeben werden kann.

(2) Unterschiede zu traditionellen Paketvermittlungsverfahren:

Das ATM-Übermittlungsverfahren basiert auf einem vereinfachten, verbindungsorientierten Paketvermittlungsverfahren und führt die Übertragung von Signalisierungs- und Nutzinformationen durch. Die Unterschiede zwischen dem ATM-Übermittlungsprinzip und einem traditionellen Paketvermittlungsverfahren lassen sich wie folgt zusammenfassen: Keine abschnittsweise Fehlerkorrektur

Bei der heute eingesetzten Glasfaserübertragung wird eine derart große Übertragungsgüte und -geschwindigkeit erreicht, dass auf eine abschnittsweise Fehlerkorrektur verzichtet werden kann. Dienste, die eine vollständig fehlerfreie Übermittlung erfordern, können eine Fehlerkorrektur zwischen den Endnutzern vereinbaren.

- **Keine abschnittsweise Flusssteuerung**
Die hohen Übertragungs- und Paketverarbeitungsgeschwindigkeiten machen eine solche Flusssteuerung unmöglich.
- **Datentransport in Form von Paketen fester Länge**
Nutzdaten werden in Form von Paketen fester Länge – sog. Zellen - übertragen. Jede ATM-Zelle besteht aus einem Zellenkopf, der 5 Oktetts umfasst, und einem Informationsfeld von 48 Oktetts. Der Zellenkopf enthält u.a. eine verbindungsbezogene Kennzeichnung der Zelle, welche zum Routing durch das Netz verwendet wird und eine Angabe über die Art der Daten im Informationsfeld (z.B. Nutz- oder Steuerinformationen). Steuerinformationen müssen von den Netzelementen interpretiert werden, Nutzinformationen lediglich weitergeleitet werden.
- **Betriebsweisen**
ATM-Verbindungen können sowohl verbindungsorientiert als auch verbindungslos betrieben werden.
Bei der verbindungsbezogenen Betriebsweise wird während des Verbindungsaufbaues eine virtuelle Verbindung zwischen den Endteilnehmern vereinbart. Zu diesem Zeitpunkt werden auch die benötigten Betriebsmittel für eine Verbindung reserviert. Alle Zellen werden über denselben Verbindungsweg transportiert. Bei Beendigung der

² Je nachdem, wie der HDLC-Rahmen behandelt wird (Stopfen), kann die Oktettstruktur verlassen werden.

Verbindung werden die belegten Ressourcen wieder freigegeben.

Die verbindungslose Betriebsweise (d.h. ohne Verbindungsaufbau & -abbau) ist durch den Einsatz von Connectionless Servern (CLS) möglich wobei jedoch die Wege vom und zum Server verbindungsorientiert sind (z.B. LAN).

2.1 Charakteristische Merkmale und Eigenschaften des ATM

(3) Charakteristischen Merkmale

- Die Benutzerdaten werden in Pakete fester Länge, sog. Zellen, zerlegt. Der Begriff „Zelle“ wurde gewählt, um bereits sprachlich auf die Besonderheit der festen Länge hinzuweisen. Aus technischer Sicht ist es ein Datenpaket.
- Der Einsatz von Zellen gleicher Länge ermöglicht hohe Vermittlungsgeschwindigkeiten (geringes Delay) je Nachrichtenverbindung, wobei das „Switching“ hardwaremäßig realisiert wird.
- Die Zellen bestehen aus einem Zellenkopf und einem Informationsfeld.
- Der Zellenkopf beinhaltet neben anderen Informationen eine Marke, mit welcher Zellen verschiedener Verbindungen unterschieden werden können, bzw. Zellen, die zu einer Verbindung gehören, gleich gekennzeichnet sind.
- Die Häufigkeit der Zellen einer Verbindung entspricht der momentan benötigten Kapazität, es ist keine Periodizität notwendig. Damit werden Zellen einer Verbindung in der Regel einen nicht-äquidistanten Abstand, d.h. keinen festen Zeitbezug zueinander haben. (Daher das „A“ in „ATM“ für Asynchron.)
- Nicht benötigte Kapazität wird mit Leerzellen gefüllt. Es ist eine wichtige Eigenschaft von ATM, dass es keine „Füllinformation“ gibt. Im Gegensatz zur normalen Paketvermittlung, wo mit aufeinander folgenden Flags (01111110) oder mit Dauer-, „1“ aufgefüllt wird, werden bei ATM Zellen verwendet, die das Format einer normalen Zelle haben, im Zellenkopf aber eine Marke tragen, die sie als Leerzelle kennzeichnen.

(4) Eigenschaften:

- die Anforderungen des Benutzers und die Fähigkeiten des Netzes sind entkoppelt, damit kann die Spezifikation der Dienste weitgehend unabhängig vom Netz erfolgen. Diese Flexibilität lässt eine nahezu beliebige Dienstvielfalt zu. Während z.B. beim ISDN-64 die Bitrate (64 kbit/s) und der Übermittlungsmodus (konstante Bitrate) festgelegt sind, ist ATM hier offen.
- es ermöglicht die Durchführung von isochronen/Echtzeit-Diensten und Datendiensten mit verbindungsorientierter und „verbindungsloser“ Wegedurchschaltung.
- es ist für alle Dienste geeignet, unabhängig von der benötigten Bandbreite und der Charakteristik (wie z.B. „bursty Traffic“). Daher sind keine getrennten Netze für verschiedene Dienste mehr notwendig, wie es im klassischen Ansatz noch der Fall war.
- an der Teilnehmer-Schnittstelle kann damit eine Vielfalt unterschiedlicher Dienste mit unterschiedlichen Charakteristiken auftreten. Diese Zusammensetzung kann dazu noch dynamisch variieren, z.B. um tagsüber viele Verbindungen geringer Bitrate tragen, nachts dagegen wenige hochbitratige.
- es ist hervorragend geeignet für nicht-kontinuierliche Bitströme und asymmetrischen Informationsfluss. Beispiele für Dienste mit schwankendem Bitratenbedarf sind Sprache und Video. Datenverkehr ist sogar extrem nicht-kontinuierlich, da er meist burstartig auftritt, also eine ein/aus-Charakteristik besitzt. Asymmetrie kennt man von Abrufdiensten, auch dem Web-Verkehr, und ganz extrem bei „Video on Demand“.

2.2 Fluss- und Fehlerkontrolle in ATM - Netzen

(5) In X.25-Netzen wird eine abschnittsweise Fluss- und Fehlerkontrolle durchgeführt, welche in ATM-Netzen wegen der hohen Geschwindigkeiten nicht erfolgen kann. Dies bedeutet, dass die über eine physikalische Leitung übertragenen Nutzzellen lokal nicht quittiert werden und die Flusskontrolle erst bei Bedarf zwischen den ATM-Endsystemen realisiert werden muss.

Definitionen

- Flusskontrolle ist ein Verfahren, bei dem z.B. der Empfänger dem Sender mitteilt, dass er überlastet ist und ihn veranlasst, seine Senderate zu vermindern. Nun ist dieses Verfahren nur brauchbar, wenn die Reaktionszeit des Senders kurz ist. Bei einem Hochgeschwindigkeitsnetz mittlerer bis großer Ausdehnung ist noch soviel Nutzinformation „unterwegs“, dass der Empfänger noch sehr viel Daten speichern muss. Auf einer 100 km langen 155-Mbit/s-Übertragungsstrecke sind z.B. 6500 Oktett unterwegs; bis ein Stopp-Befehl vom Empfänger beim Sender ankommt und der reagieren kann, „vergehen“ damit 13000 Oktett, die der Empfänger noch speichern muss.
- Fehlerbehandlung bietet zwei Möglichkeiten
 - Wiederholungs-Anforderungen
 - fehlerhafte Pakete werden verworfen und eine erneute Übermittlung des Pakets angefordert. Für die Übertragung einer Datei ist das ein geeignetes und gebräuchliches Verfahren, für Echtzeit-Dienste jedoch nicht. Bis z.B. ein falsch übermittelter Bildpunkt wiederholt wird, ist die Videosequenz vorbei.
 - Vorwärtsfehlerkorrektur
 - Dem Datenstrom wird generell soviel Redundanz mitgegeben, dass die Nutzinformation wiederhergestellt werden kann; jedoch zum Preis einer größeren zu übertragenden Datenmenge.

Fluss- und Fehlerkontrolle in X.25-Netzen

In X.25-Netzen werden die Datenpakete der Schicht 3 in die HDLC-Frames eingebettet und nach dem HDLC-Verfahren (Schicht 2) über jede physikalische Leitung übertragen. Jeder im Netzknoten empfangene HDLC-Frame wird auf die Übertragungsfehler untersucht. Fehlerhafte Frames werden im Netzknoten verworfen und eine negative Quittung an den Absender (X.25-Endsystem) geschickt. Die fehlerlosen Frames werden ebenfalls positiv quittiert. Durch die Quittungen und die Nummerierung von Frames wird die Flusskontrolle (Flow Control) zwischen Endsystemen und den X.25-Netzknoten realisiert. Durch die Flusskontrolle kann die Menge der in das Netz gesendeten Daten an die Belastung des Netzes angepasst werden. Somit treten in X.25-Netzen keine Überlastprobleme auf.

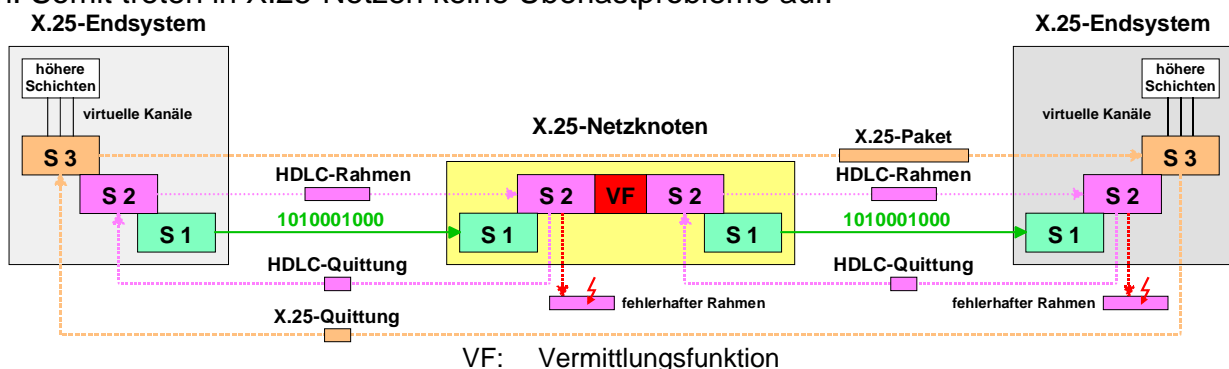


Bild 3 Fluss- und Fehlerkontrolle in X25-Netzen

Fluss- und Fehlerkontrolle in ATM - Netzen

In ATM-Netzen werden die Nutzinformationen in Form von Nutzzellen übertragen. In Netzknoten wird nur der Kopf jeder empfangenen Nutzzelle auf Übertragungsfehler untersucht. Für diese Zwecke dient die Prüfsumme HEC im Zellenkopf. Diese Prüfsumme ermöglicht, entweder einen einzelnen Bitfehler im Zellenkopf zu korrigieren oder Fehler in mehreren Bits zu erkennen. Die Zellen mit den nicht korrigierbaren Bitfehlern im Kopf werden in Netzknoten verworfen. Die ATM-Netzknoten senden keine Quittungen an die ATM-Endsysteme. Damit findet in ATM-Netzen keine abschnittsweise Flusskontrolle statt. Die Flusskontrolle und entsprechende Quittungen von Informationsblöcken können erst nach Bedarf zwischen den beteiligten ATM-Endsystemen realisiert werden. Somit stellen die ATM-Netze relativ hohe Anforderungen an die Qualität (Bitfehlerrate) von physikalischen Leitungen. In einem ATM-Netz mit den Leitungen „schlechter“ Qualität können mehrere Zellen unterwegs verworfen werden, so dass deren wiederholte Übertragung über das ganze Netz notwendig wird. Da ATM-Endsysteme von Netzknoten keine Quittungen über ausgesendete Nutzzellen empfangen, können sie die Nutzzellen weiter senden, ohne die Überlastsituationen im Netz zu beachten. Weil dies zu einer Überlastsituation führen kann, müssen in ATM-Netzen Maßnahmen für die Netzüberlastkontrolle (Congestion Control) vorgesehen sein. Vergleicht man ATM und Frame Relay, so kann man feststellen, dass das ATM-Konzept als eine Modifikation von Frame Relay gesehen werden kann. Im Vergleich zu Frame Relay sind alle Frames in ATM-Netzen konstant in der Länge und sie werden als Zellen bezeichnet.

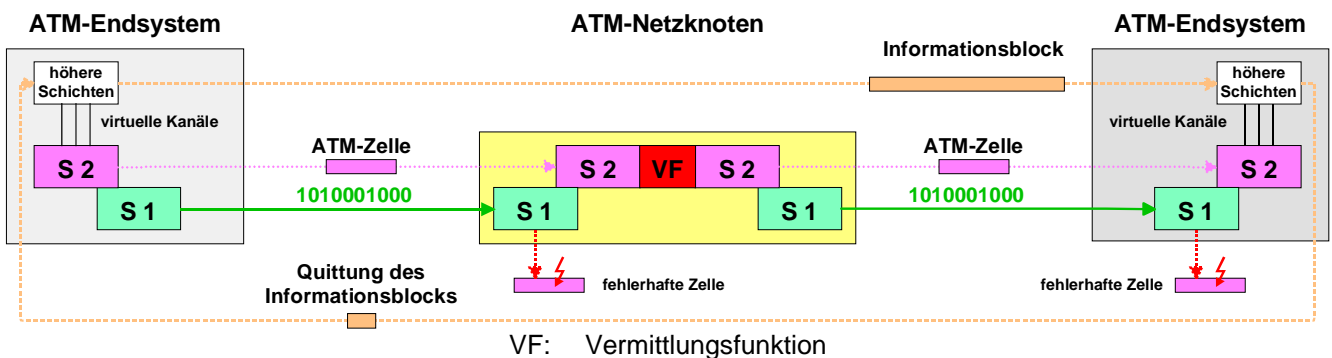


Bild 4 Fluss- und Fehlerkontrolle in ATM-Netzen

2.3 ATM - Übermittlungsprinzip

(6) ATM überträgt nur Zellen einheitlicher Länge und erzeugt entsprechend der unterschiedlichen Bandbreite unterschiedlich viele Zellen in einem vorgegebenen Zeitraum. ATM ist aus diesem Grund für die Übertragung verschiedenster Verkehrsströme überaus gut geeignet. Die erzeugten Nutzzellen werden durch statistisches, asynchrones Zellenmultiplexing in den zu Partner-Netzelementen gehenden, kontinuierlichen Zellenstrom eingefügt, wobei Zellen für die kein Nutzinhalt bereitgestellt werden kann leer bleiben (Leierzelle). Durch das Zellenmultiplexing werden die aufeinander folgenden Nutzzellen einer Verkehrsstromes zeitlich voneinander unabhängig übertragen, wodurch die zeitlichen Abstände zweier benachbarter Nutzzellen einer Verbindung unterschiedlich sein können. Dieser Vorgang stellt eine asynchrone Übertragung von ATM-Nutzzellen dar. ATM ist also ein synchrones Zeitmultiplexverfahren, bei dem nicht alle Zellen (Zeitschlitze) eines Breitband-Übertragungsweges mit Nutzzellen belegt sein müssen.

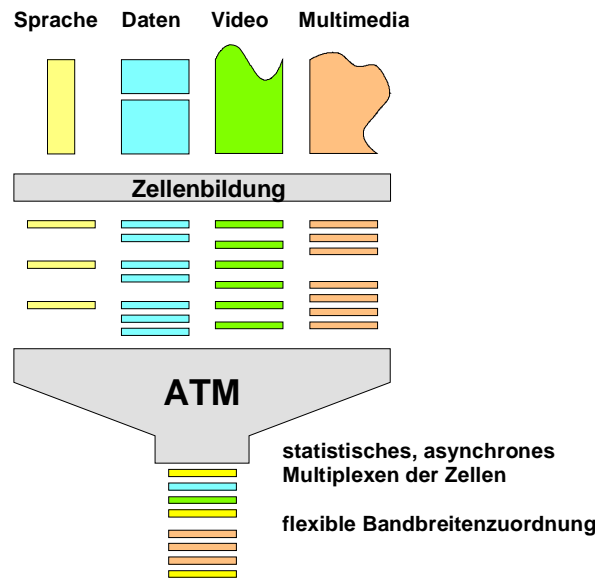


Bild 5 ATM Zellenmultiplex

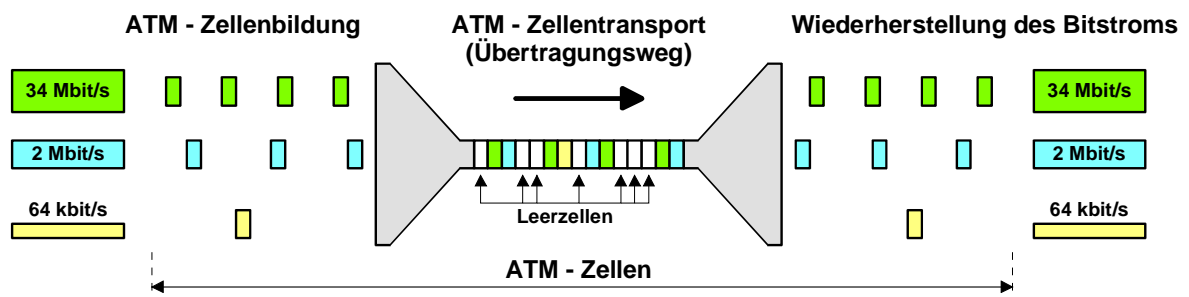


Bild 6 Übertragung von Informationsströmen auf einem physikalischen ATM-Übertragungsweg

Wie beide Bilder zeigen, werden keine festen Positionen in der Folge von periodischen Zeitschlitzten auf dem Übertragungsweg den Nutzzellen aus den einzelnen Bitströmen zugeordnet, sondern die Nutzzellen belegen nach Bedarf freie Zeitschlitzte. Innerhalb eines Zeitschlitztes kann immer eine Nutzzelle übertragen werden. Der Bitstrom mit geringerer Bitrate belegt auf dem Übertragungsweg dementsprechend auch weniger Zeitschlitzte. Auf diese Weise kann jede asynchrone Folge von Nutzzellen übertragen werden.

2.4 ATM – Verbindungsarten

(7) Der Asynchrone Transfer Modus kann grundsätzlich für folgende Verbindungsarten eingesetzt werden:

- Festverbindungen und
- Wählverbindungen

Wählverbindungen können, wie Bild 7 zeigt, nach folgenden Gesichtspunkten unterschieden werden:

- Verkehrsbeziehung
- Symmetrie
- Informationsrate
- Ende-zu-Ende-Beziehung

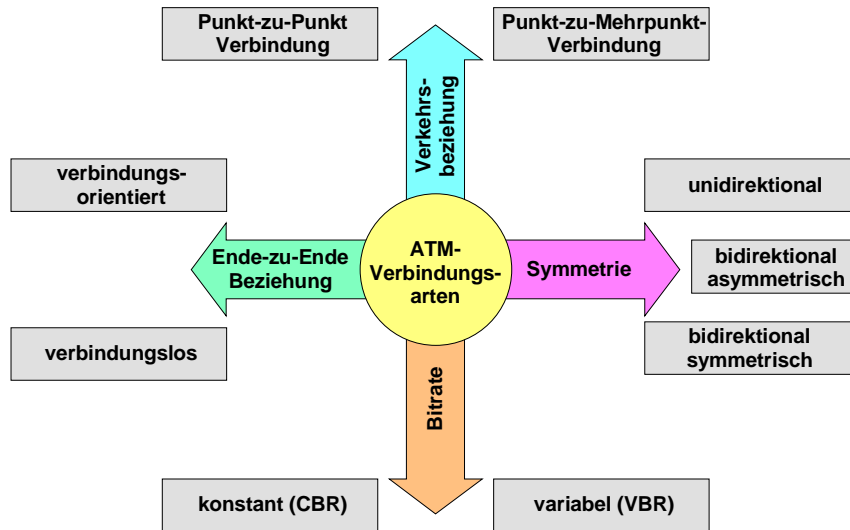


Bild 7 ATM – Verbindungsarten

3 ATM Referenzmodell

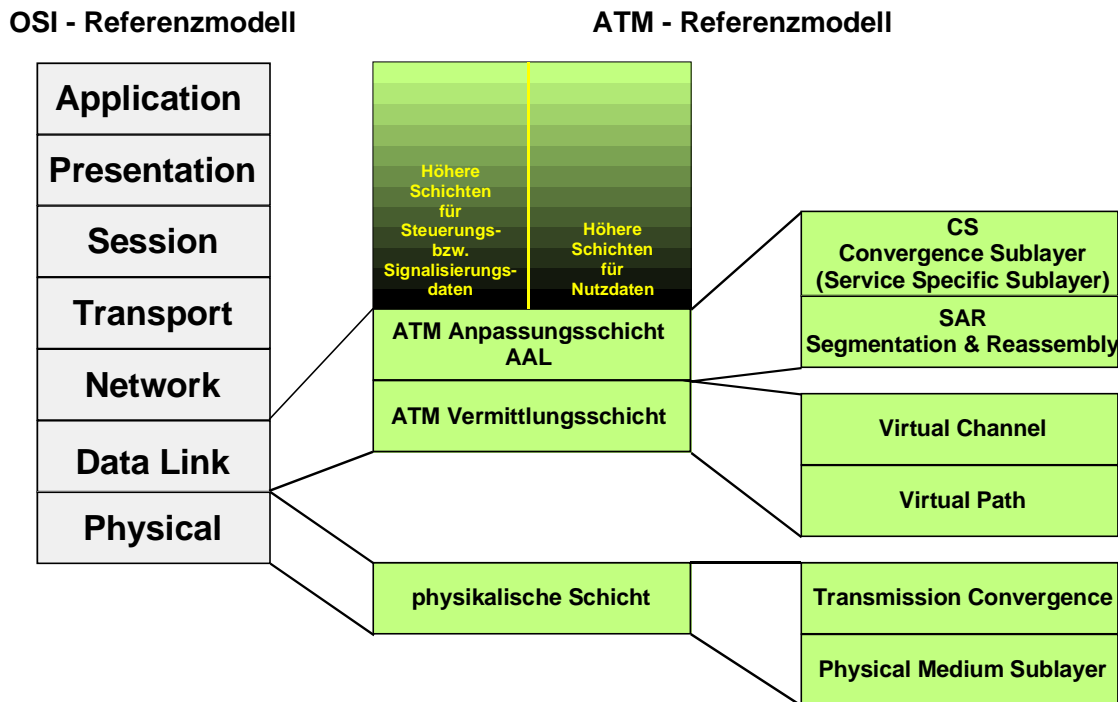


Bild 8 ATM - Referenzmodell

(8) Das ATM-Referenzmodell wurde in Anlehnung an das OSI-Schichtenmodell (CCITT X.200) aus vier voneinander unabhängigen Kommunikationsebenen (Schichten oder Layern) zusammengesetzt, wobei die ATM-Layer eins bis drei den OSI-Layern eins und zwei entsprechen und daher der Transport von Schicht-3-Protokollen wie z.B: TCP/IP über ATM-Netze durchgeführt werden kann.

- Physikalische Schicht (Physical Layer)
 Der Physical Layer ist vom Übertragungsmedium abhängig. Diese Schicht umfasst die Funktionen der Bitübertragung und die Anpassung an den vom Physical Layer unabhängigen ATM Layer. ATM-Vermittlungsschicht, ATM Schicht (ATM Layer)
 Die Hauptaufgabe des ATM Layers besteht darin, die ihm von dem übergeordneten ATM Adaption Layer übergebenen Daten über virtuelle Verbindungen an ihren Bestimmungsort zu transportieren. In der ATM-Schicht wird der Header erzeugt. ATM Anpassungsschicht (ATM Adaption Layer AAL)
 Der ATM Adaption Layer (AAL) hat die Aufgabe, die Datenströme der Anwendungsschichten ("higher layers") in 48 Byte lange Segmente zu zerteilen, bzw. so lange zu sammeln bis ein 48 Byte langes Segment gebildet werden kann. Auf der Empfängerseite müssen aus den ATM-Zellen wieder die ursprünglichen Datenströme regeneriert werden. Die Funktionen des AAL hängen von der Charakteristik der übergeordneten Anwendung, der sog. Dienstklasse ab. Anwendungsschichten (Higher Layers)
 Higher Layers stellen die eigentliche Anwenderebene dar. Zu den ersten Applikationen für B-ISDN Anwendungen gehören Cell Relay, Frame Relay, SMDS/CBDS, B-ISDN Signalisierung, Netzwerkmanagement für B-ISDN, sowie diverse Videodienste.

3.1 ATM-Vermittlungsschicht – ATM Layer

Innerhalb des ATM-Layers werden Zellen konstanter Länge übertragen. Zu den wichtigsten Funktionen dieser Schicht gehören u.a.:

- dienstunabhängiger Transport von ATM-Zellen und
- Identifikation von virtuellen ATM-Verbindungen.

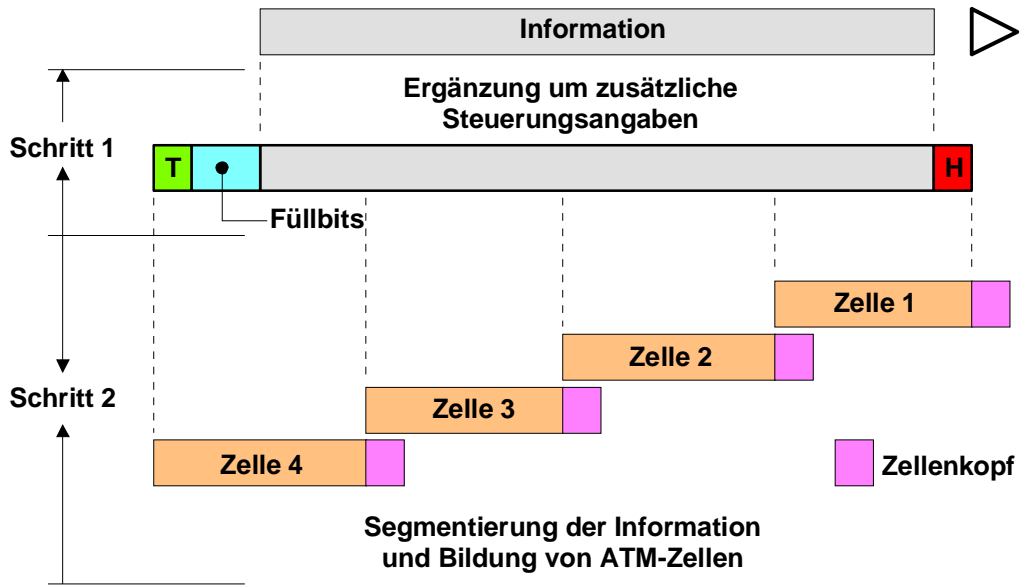


Bild 9 Bilden von ATM-Zellen

(9) Im Allgemeinen wird die zu übertragende Information im ersten Schritt um einen Header und einen Trailer sowie eventuell auch um eine Folge von Füllbits so ergänzt, dass sich ein Vielfaches von ATM-Zellen ergibt. Der Header und der Trailer enthalten zusätzliche Steuerungsangaben, die vom Typ der Information (Daten, Sprache, ...) und der Kommunikationsart (verbindungsorientiert oder verbindungslos) abhängig sind. Im zweiten Schritt wird die Segmentierung der zu übertragenden Information und die Bildung von Zellen durchgeführt. Die Steuerungsangaben in jeder Zelle bilden den Zellenkopf mit 5 Bytes. Hinzu kommt noch ein Nutzlastfeld, in dem die Informationssegmente transportiert werden, so dass jede Zelle insgesamt 53 Bytes enthält.

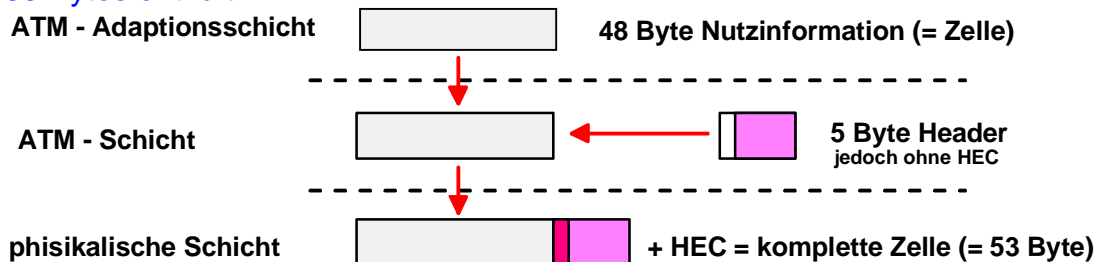


Bild 10 Hinzufügen des Zellenkopfes

3.2 ATM Anpassungsschicht - Adaption Layer (AAL)

(10) Während die ATM Vermittlungsschicht diensteunabhängig einen Transportmechanismus bereitstellt, werden durch die ATM Anpassungsschicht (ATM Adaption Layer AAL) die ATM-Zellen gebildet und die höheren Schichten durch diensteabhängige zusätzliche Informationen unterstützt. Diese Informationen werden im Informationsfeld der Zelle übertragen und sind damit für die ATM-Schicht transparent. Um nicht für jeden Dienst eine eigene AAL definieren zu müssen, wurden die Dienste in vier Klassen A bis D unterteilt. Im Laufe der Zeit wurde diese starre Unterteilung zwar aufgehoben, sie gibt aber immer noch eine gute Vorstellung vom Sinn der AALs.

	AAL1 (Class A)	AAL2 (Class B)	AAL3 (Class C)	AAL4 (Class D)	AAL 5 (SEAL)
Synchronisation	erforderlich		nicht erforderlich		
Bitrate	konstant	variabel			
Verbindungsart	verbindungsorientiert			verbindungslos	verbindungsorientiert/-los
Beispiele	Sprache Video	Paketierte Sprache bzw. Video	Datex-P (X.25) Frame Relay	LAN- Protokolle	AAL3/4 Dienste

Bild 11 ATM Dienstklassen

Die Funktionen der AAL sind für die verschiedenen Dienstklassen unterschiedlich. Die nachfolgende Auflistung von Funktionen soll das Spektrum deutlich machen, sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

- Segmentierung der Nutzinformation in Zellen,
- Rekonstruktion der Nutzinformation aus den Zellen,
- Behandlung der unterschiedlichen Verzögerung der Zellen,
- Behandlung verloren gegangener und fehlgeleiteter Zellen,
- Taktrückgewinnung beim Empfänger,
- Erkennen von Bitfehlern im Informationsfeld,
- Behandeln von Bitfehlern im Informationsfeld,
- Multiplexen und Demultiplexen von Nutzinformationsströmen,
- Unterscheidung verschiedener Segmenttypen.

Nicht jede Funktion wird für jeden Typ benötigt.

Die höheren Schichten merken von dem ATM-Prinzip nichts mehr. Sie liefern ihre Information an die AAL, die dann die Segmentierung in Zellen vornimmt, Schutzmechanismen einbaut und die Zellen anschließend der ATM-Schicht zum Weitertransport übergibt.

4 ATM Zellen

4.1 Zellenaufbau

Eine ATM-Zelle stellt die kleinste Elementareinheit in einem ATM-Netz dar. Die Festlegung der Zellengröße auf 53 Oktetts ist das Ergebnis eines Kompromisses zwischen den Anforderungen von analoger Sprach- und digitaler Datenübertragung.

Sämtliche anfallenden Nutz- und Signalisierungsinformationen werden auf ATM-Zellen verteilt und übertragen. Dabei können auch Zellen entstehen, deren Informationsfeld nicht vollständig ausgenutzt wird, hier werden Füllinformationen eingefügt, um eine einheitliche Zellenlänge zu garantieren.



Bild 12 ATM-Zelle

(11) ATM-Zellen haben unabhängig von den ATM-Diensten eine einheitliche Struktur:

- **Zellenkopf oder Header, Länge: 5 Oktett**
die im Zellenkopf enthaltenen Informationen dienen der Steuerung der Zelle durch das Netz.
- **Informationsfeld oder Payload, Länge: 48 Oktett**
Das Informationsfeld enthält Anwendungsdaten so wie die zugehörigen Steuerungs- und Sicherungsinformationen, die im Fehlerfall zur Rekonstruktion des Datenstromes beim Empfänger benötigt werden.

4.2 Zellenarten

(12) Je nach Einsatzfall können folgende grundlegende Zellentypen unterschieden werden:

- **Idle Cell (Leierzelle):** ist eine Zelle ohne Inhalt, welche vom Physical Layer zur Aufrechterhaltung des kontinuierlichen Zellenstromes erzeugt wird.
- **Valid Cell (gültige Zelle):** ist eine fehlerfreie oder durch Korrektur eines 1-Bit-Fehlers im Zellenkopf berichtete Zelle.
- **Invalid Cell (ungültige Zelle):** ist eine fehlerhafte Zelle, deren Fehler im Zellenkopf nicht mehr korrigiert werden konnten. Die Zelle wird durch den Physical Layer verworfen.
- **Assigned Cell:** ist eine einer Verbindung zugeordnete Zelle.
- **Unassigned Cell:** ist eine Zelle die keiner Verbindung zugeordnet ist.

4.3 Bestandteile des Headers:

Man unterscheidet zwei verschiedene Arten von ATM-Zellen: UNI- (User Network Interface), und NNI-Zellen (Network Node Interface Zellen). Der Header der NNI-Zellen unterscheidet

sich von jenem der UNI-Zellen durch eine fehlende Generic Flow Control (GFC) und eine erweiterte Virtual Path Identification (VPI).

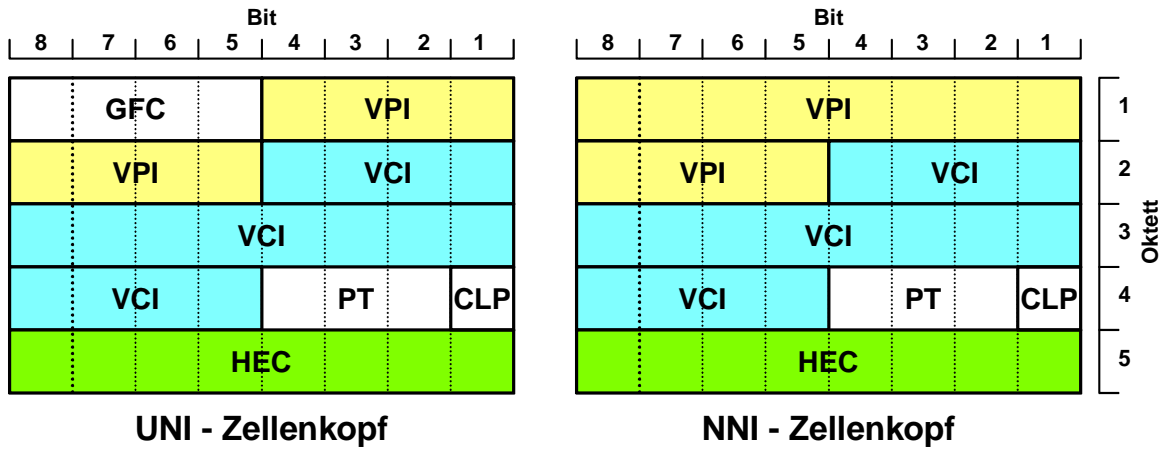


Bild 13 Zellenkopf (Header) von ATM-Zellen

Die einzelnen Bestandteile des Headers haben folgende Aufgaben:

- **(13)GFC...** (Generic flow Control) dient zur Steuerung lokaler Funktionen, sowie zur Regelung von Zugriffs- und Übertragungsrechten in ATM-LANs. Es gibt zwei Arten von GFC: Kontrollierter Zugriff, und unkontrollierter Zugriff. Die GFC-Bits werden im kontrollierten Fall mit bestimmten Werten, die den lokalen Datenfluss steuern können, belegt. Im unkontrollierten Zugriff haben die GFC-Bits den Wert Null, und das Datenflusskontrollfeld hat keine Funktion.

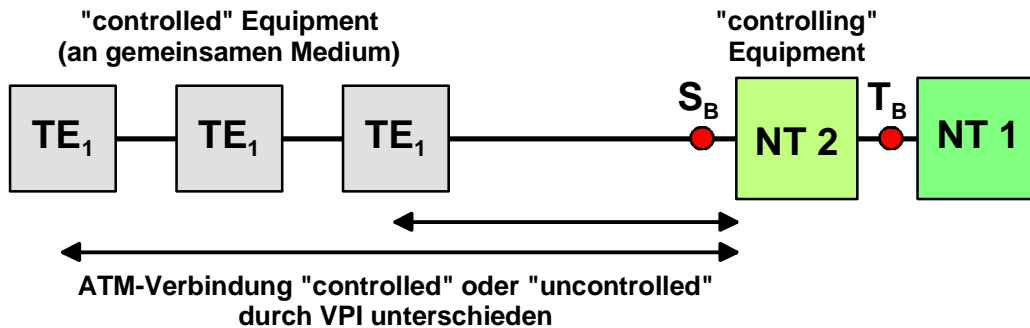


Bild 14 Generic Flow Control (GFC) in Konfigurationen mit Mehrfachzugriff

- **(14)VCI & VPI...** Virtual Path Identifier & Virtual Channel Identifier, zusammen auch als **Connection Identifier** bezeichnet, ordnen die Zellen einer Verbindung zu. Zwischen zwei ATM-Switches wird pro Verbindung und Richtung je ein VCI und ein VPI vergeben.

Reservierte Werte:

- Leerzelle: VCI=0, VPI=0, PT=0, CLP=1
- Schicht 1 Steuerinfo: VCI=X, VPI=0 (X≠0, X≠1)
- Meta-Signalisierung (Verb. Auf- & Abbau): VCI=1, VPI=Y (Y≠0)
- Punkt zu Punkt Signalisierung (Austausch von Sign.Info): VCI=5, VPI=Y (Y≠0)
- OAM-Nachrichten (Wartung & Überwachung): VPI=Z, VCI≠0, zusätzlich im PT-Feld gekennzeichnet

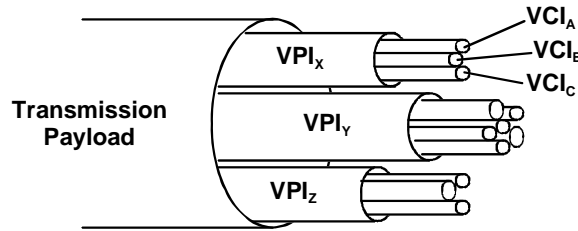


Bild 15 VPI- und VCI-Kennzeichnung

- PT (Payload Type)
 - markiert den Nutzlasttyp und dient z.B.: dazu, zwischen Zellen mit Benutzerinformation und Zellen mit Management-Information für das ATM-Netz zu unterscheiden.
 - Bit 1 = 0: User Daten
 - Bit 2: EFCI-Bit (Congestion, Gassenbesetzt)
 - Bit 3: AAL-ind (Fortsetzungsbit)
 - Bit 1 = 1: Management Information (OAM)
 - Bit 2 und 3: Typ der Management Info
- Das EFCI-Bit (Explicit Forward Congestion Control) teilt mit ob es zu einer Überlastsituation im Netz gekommen ist und hat die gleiche Bedeutung wie das Bit FECN in Frame Relay Netzen.
- AAL-ind. (indicate) wird von der Adaptionsschicht beim AAL-Diensttyp 5 benutzt, um die letzte Zelle eines Datenblocks zu identifizieren.
- CLP (Cell Loss Priority), Zellen- Verlustpriorität
 - ermöglicht es der ATM-Anwendung besonders kritische Zellen einer ATM-Verbindung zu markieren, um sie in Überlastsituationen nach Möglichkeit nicht zu verwerfen.
 - CLP=1 bedeutet, dass die Zelle eine niedrige Priorität hat. Zellen mit niedrigerer Priorität (z.B. Sprach- oder Video-Zellen) werden vom Netz in Überlastsituationen zuerst verworfen.
 - CLP=0 indiziert, dass die Zelle eine hohe Priorität hat.
- HEC (Header Error Control), Zellenkopfprüfsumme
 - dient der Bitfehlerkontrolle im Zellenkopf und erlaubt die Korrektur von Ein-Bit-Fehlern
 - Falls nicht korrigierbare Übertragungsfehler im Zellenkopf entdeckt werden, wird die betroffene Zelle verworfen. dient zur Erkennung der Zellgrenzen, d.h. Synchronisation des Zellenflusses.
 - Die übergeordneten Protokolle (z.B. TCP) müssen das Fehlen einer Zelle erkennen und die neuerliche Sendung beantragen, da das nicht Aufgabe der ATM-Switches ist.
 - Als CRC Generatorpolynom wird $G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ verwen-

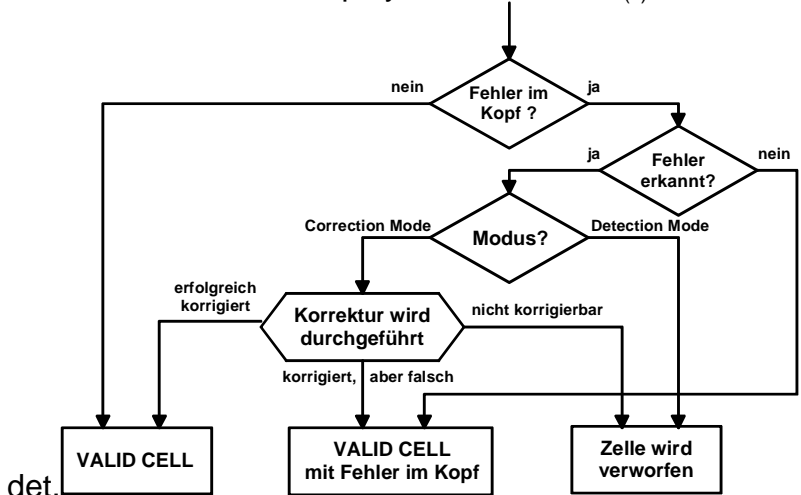


Bild 16 Fehlerkorrektur des Zellenkopfes

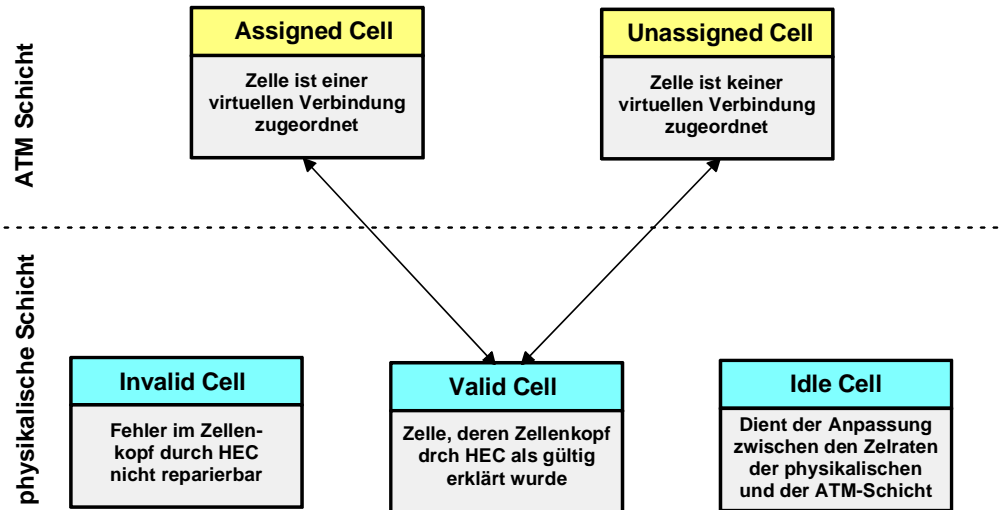


Bild 17 Zellentypen in den Schichten

Bezeichnung	Schicht	Beschreibung
Idle Cell	PHY	Leerezelle, die zum Ausgleich der Differenz zwischen benötigter Zellenrate der Anwendung und des Übermittlungssystems dient
Valid Cell	PHY	Zelle, deren HEC-Prüfung fehlerfrei verlief, oder deren Fehler korrigiert werden konnte
Invalid Cell	PHY	Fehlerhafte Zelle, die verworfen wird
Assigned Cell	ATM	ATM Zelle, die tatsächlich eine Nutzlast transportiert
Unassigned Cell	ATM	ATM Zelle, die zum Management in den ATM-Zellenstrom eingefügt wurde

Tabelle 1 Beschreibung der Zellentypen

4.4 Synchronisation

(15) Synchronität zwischen Sender und Empfänger ist auf mehreren Ebenen erforderlich. Bei ATM kommt zu den heute schon bekannten Arten (Bit-, Rahmen-, Dienste-Synchronisation) noch eine Zellen-Synchronisation, also das Erkennen der Zellengrenzen hinzu.

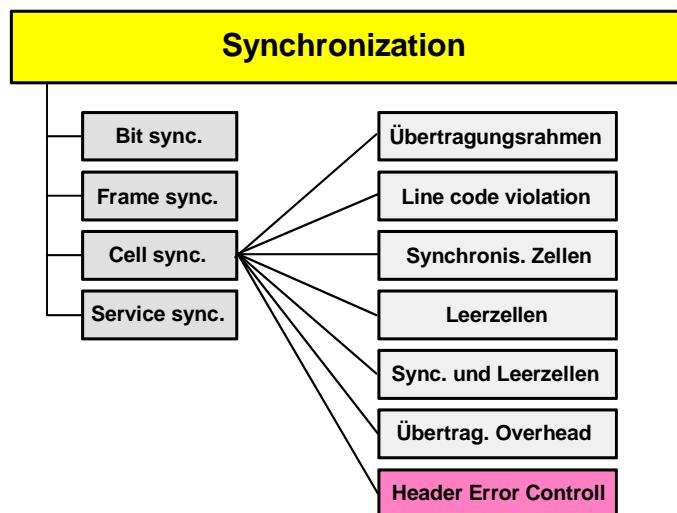


Bild 18 Synchronisationsprinzipien

Die Synchronisation in ATM-Netzen erfolgt durch Erkennen der Zellengrenzen, d.h. durch Suchen nach Zellenköpfen im empfangenen Bitstrom. Die Zellengrenzen sind dadurch gekennzeichnet, dass von 40 hintereinander empfangenen Bits die letzten 8 der Fehlerkorrektursequenz entsprechen. Oder anders ausgedrückt: Man sucht nach korrekten Zellenköpfen. Man wartet eine bestimmte Anzahl *a* fehlerfrei empfangener Zellenköpfe im richtigen Abstand ab und dann geht das System in den Zustand „Synchronisiert“ über. Werden eine gewisse Anzahl *b* Zellenköpfe nicht mehr erkannt, dann geht das System in den Zustand „out of sync“ über. Damit nicht durch den Nutzdatenstrom selbst Zellenköpfe vorgetäuscht werden, wird der Nutzinhalt der Zelle durch einen Scrambler verwürfelt. Bei der SDH-basierten Schnittstellen-Option geschieht dies durch einen einfachen Reset-Scrambler mit dem Polynom $x^{43}+1$. Die Zellen-basierte Schnittstellen-Option benutzt einen ausgeklügelten Scrambler, den „Distributed Sample Scrambler“. Der Zellenkopf bleibt natürlich unbehandelt, da sonst die Suche nach richtigen Zellenköpfen nicht funktionieren würde. Dieses Verfahren, bei dem die Zellsynchronisation aus dem Zellenstrom selbst gewonnen wird, bezeichnet man als „self-delineating“.

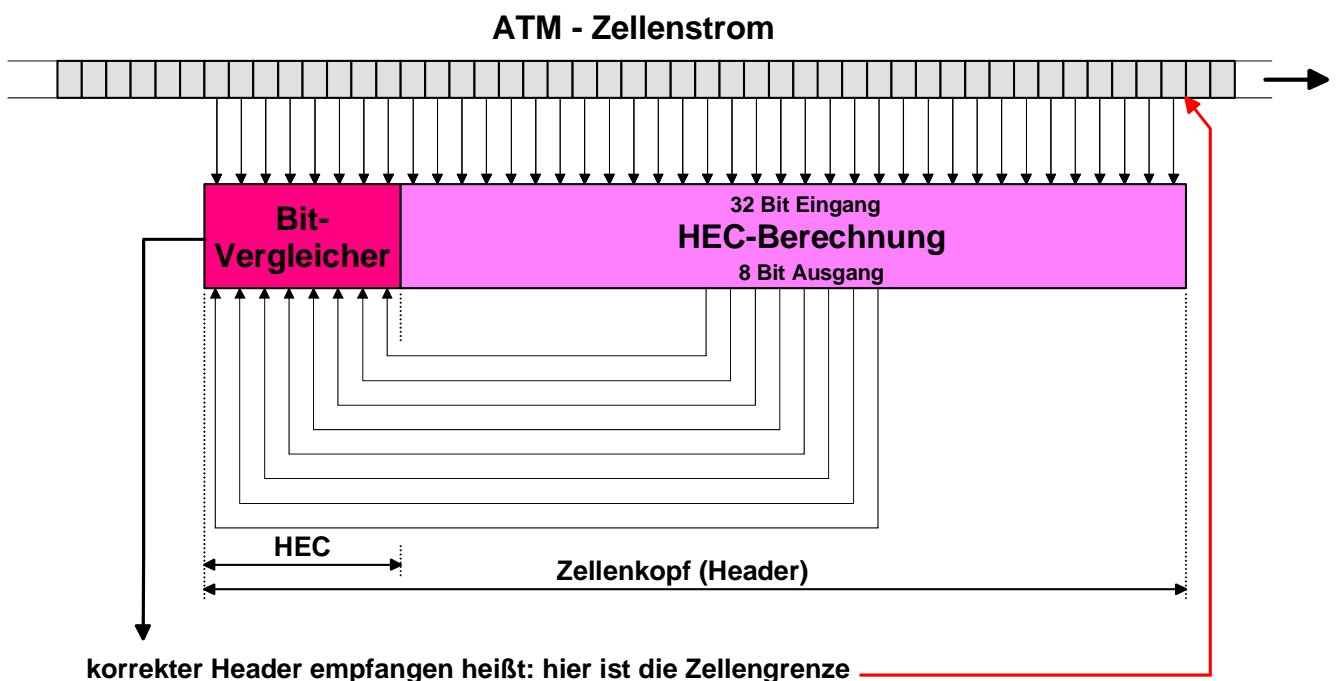
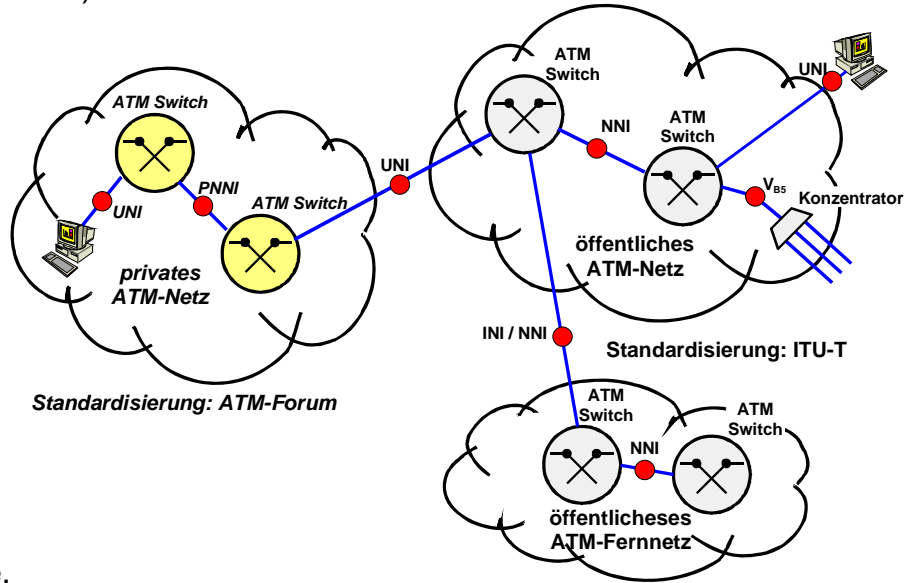


Bild 19 Zellengrenzerkennung bei ATM (cell delineation)

5 ATM – Netze

Ein ATM-Netz besteht im Allgemeinen aus den Leitungen, in denen die Übertragung von Zellen aus den unterschiedlichen Bitströmen stattfindet, und aus den ATM-Netzknoten für die Vermittlung dieser Zellen. ATM-Netzknoten werden auch ATM-Vermittlungsstellen (ATM-VSt) oder ATM-Switches genannt. In ATM-Netzen werden zwei logische Schnittstellen definiert:

- UNI (User Network Interface) als eine Netzzugangs-Schnittstelle und NNI (Network-Network-Interface) als Knoten-Knoten-



Schnittstelle.

UNI = (User-Network-Interface) als eine Netzzugangs-Schnittstelle
 NNI = (Network-Network-Interface) als Knoten-Knoten-Schnittstelle

Bild 20 Schnittstellen in ATM-Netzen

Der Grund für diese Schnittstellen ist die Notwendigkeit, zwischen ATM-Endsystemen und Netzknoten — d.h. an der UNI-Schnittstelle — eine Flusskontrolle realisieren zu können um Überlastsituationen im Netz vorzubeugen. Hierfür enthalten die Zellen an der UNI-Schnittstelle die GFC-Angaben (Generic Flow Control).

Das ATM-Konzept eignet sich für den Aufbau sowohl von privaten als auch von öffentlichen ATM-Netzen. Das öffentliche ATM-Netz stellt das Breitband-ISDN (B-ISDN) dar. Das UNI stellt in einem privaten ATM-Netz ein privates UNI und in einem B-ISDN ein öffentliches UNI dar.

Der Ablauf der Steuerung beim Auf- und Abbau von ATM-Verbindungen — d.h. die sog. Signalisierung — wird standardisiert:

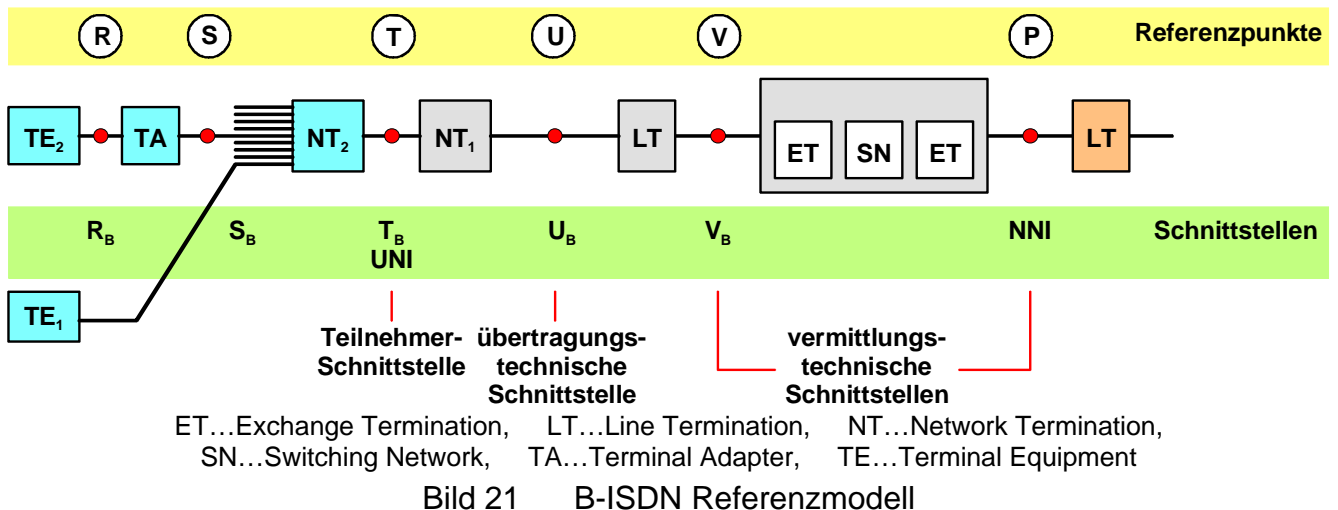
- für privates UNI von ATM-Forum, für öffentliches UNI von ITU-T.

5.1 Teilnehmerschnittstelle – User Network Interface (UNI)

Das ISDN war als Ersatz des analogen Telefonnetzes (POTS = Plain Ordinary Telephone Service) und zur Konvergenz von Nicht-Sprachdiensten gedacht. Während der langen Spezifikations- und Einführungsphase änderten sich jedoch die Anforderungen in Hinblick auf Datenrate und variabler Bandbreite, so dass das ISDN mit seiner festen Datenrate von 64 kbit/s nicht mehr den Anforderungen. Das Schmalband-ISDN wurde daher zum Breitband-ISDN weiterentwickelt (B – ISDN). Als Übermittlungsverfahren für das B-ISDN wurde von ITU-T der

Asynchrone Transfer Modus ATM gewählt, der Datenraten ab 150 Mbit/s und variable Bandbreite unterstützt.

(16) An einem Breitband-ISDN-Anschluss (B-ISDN-Anschluss) werden Endeinrichtungen und/oder private Netze mit hohen Nutzdatenraten angeschlossen. Die Verbindung zur Breitbandvermittlungsstelle erfolgt über Koaxialkabel oder Lichtwellenleiter (LWL). Die Schnittstelle zwischen dem B-ISDN-Netz und den Endeinrichtungen wird als UNI — User Network Interface bezeichnet. Es hat für den einfachen B-ISDN-Anschluss eine Datenrate von 155,552 Mbit/s und 622,08 Mbit/s für einen erweiterten Anschluss.



5.2 Signalisierung

(17) Der Aufbau von Wählverbindungen erfolgt aufgrund von Signalisierungsinformationen, die ebenfalls in einem virtuellen Kanal (mit VP- und VC-Kennzeichnung) übertragen werden. Solche Signalisierungsverbindungen können zwischen Endeinrichtungen und Vermittlungsstellen, zwischen Vermittlungsstellen oder zwischen Endeinrichtungen existieren. Wenn im ATM Netz keine festen Signalisierungswege vorgegeben sind, müssen auch Signalisierungsverbindungen auf- und abgebaut werden, wofür die sog. „Meta-Signalisierung“ verwendet wird. Die „Meta-Signalisierung“ verwendet festgelegte VP- und VC-Kennzeichnungen, die für diesen Zweck reserviert sind.

(18) Signalisierung an der Teilnehmerschnittstelle (UNI)

Für die Signalisierung an der Teilnehmer-Netz-Schnittstelle (UNI) wird die ITU-T-Empfehlung Q.2931, DSS2 (Digital Signalling System No. 2) verwendet. Diese Empfehlung basiert auf der ITU-T-Empfehlung Q.931, der Signalisierung am Netzzugang des ISDN. In der ITU-T-Empfehlung Q.2931 sind die Nachrichten (Messages) und deren Austausch für die Signalisierung festgelegt, die in einem virtuellen Signalisierungskanal (VPI+VCI) ausgetauscht werden. Jede Schicht-3-Nachricht besteht aus einem Nachrichtenkopf und zusätzlichen Elementen. Der Nachrichtenkopf besteht (wie im ISDN) aus dem Protokolldiskriminator, der „Call Reference“ und dem „Message Type“. Der Protokolldiskriminator kennzeichnet das verwendete Protokoll (in diesem Fall das Protokoll DSS2). In einem virtuellen Signalisierungskanal können gleichzeitig mehrere Signalisierungsaktivitäten abgewickelt werden.

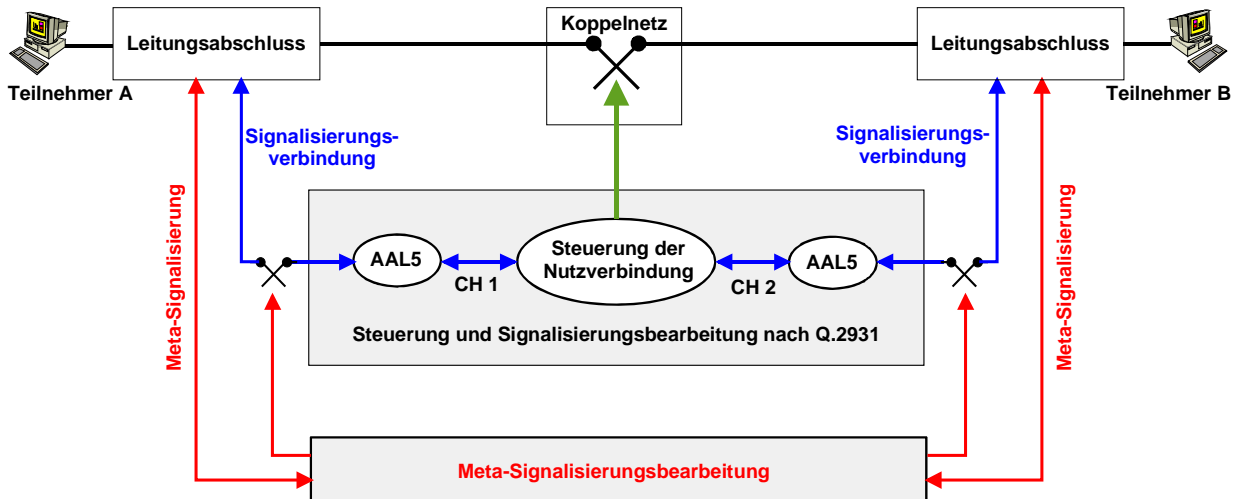


Bild 22 Signalisierungsbearbeitung in einer ATM-Vermittlungsstelle

Die „Call Reference“ kennzeichnet alle Nachrichten, die zu einer Signalisierungsaktivität (Transaktion) gehören, um mehrere gleichzeitige Signalisierungsaktivitäten unterscheiden zu können. Der „Message Type“ bezeichnet die verwendete Schicht-3-Nachricht (SETUP, CONNECT usw.). Jedem Nachrichtentyp sind Informationselemente zugeordnet, die teilweise für den jeweiligen Nachrichtentyp vorgeschrieben sind oder wahlweise vorhanden sein können. Durch diese Informationselemente wird der eigentliche Nachrichteninhalt definiert. Die Länge der folgenden Informationselemente ist in zwei Oktett nach dem „Message Type“ definiert.

Signalisierung an der Node to Node-Schnittstelle (NNI)

(19) Die Signalisierung zwischen ATM-Vermittlungsknoten regelt den Austausch der Steuerungsinformationen zum Auf- und Abbau von ATM-Verbindungen so wie zur Gewährleistung der angeforderten Qualitäts- und Verkehrsparameter und entspricht der Zentralkanalnsignalisierung mit dem Zeichengabeverfahren Nr. 7. Von ITU-T sind dafür die Empfehlungen Q.26xx und Q.27yy festgelegt worden. Für den Einsatz in privaten Netzen wurden vom ATM-Forum ebenfalls entsprechende Standards festgelegt.

5.3 Netzelemente

Abgesetzte ATM-Einheiten(20a) Multiplexer

Multiplexer führen in der Regel die Teilnehmer an die ATM Vermittlungsstellen oder Cross-Connects heran, bzw. bearbeiten die Channel Identifier der ATM Zellen, um mehrere, nicht komplett ausgelastete Leitungen auf weniger, dafür ausgelastete Leitungen zu konzentrieren (umordnen der virtuellen Verbindungen).

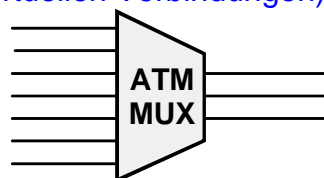
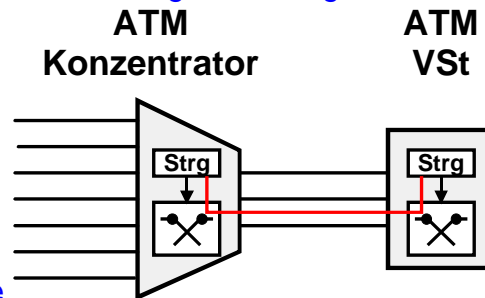


Bild 23 ATM Multiplexer

- (20b) Konzentratoren

Der Konzentrator hat prinzipiell die gleichen Aufgaben und Eigenschaften wie der Multiplexer, bearbeitet jedoch auch die Signalisierung. Der Konzentrator ist ein ausgelagerter



Teil der Vermittlungsstelle.

Bild 24 ATM Konzentrator

Cross-Connect

(21a) Die Hauptaufgabe des Cross-Connects ist das Umlenken und Verteilen von Verkehrsströmen. Sie können daher nur durch den Netzoperator gesteuert werden. So kann ein Cross-Connect z.B. im Anschlussbereich zur Auswahl eines Netzbetreibers eingesetzt werden, im inneren Netz kann er als einfacher Fernknoten dienen oder als zweite Ebene zum Routen ganzer Bündel. Der Cross-Connect erfüllt daneben noch die Funktionen des statistischen Multiplexers.

Ein wichtiger Einsatzfall des Cross-Connect stellt die Ersatzschaltung dar. Beim Ausfall eines Links wird auf Ersatzwege umgeschaltet.

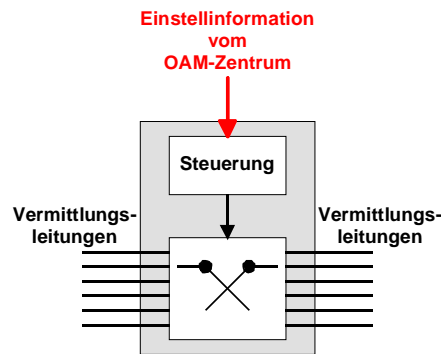


Bild 25 ATM Cross-Connect

Vermittlungsstellen (Vermittlungsknoten)

(21b) Sie vereinigen die Funktionen aller anderen ATM-Netzelemente. Sie konzentrieren den Verkehr durch statistisches Multiplexen und können den Verkehr beliebig verteilen. Die entsprechenden Verbindungen können entweder durch das Management oder typischerweise durch Zeichengabe eingestellt werden. Lokale VStn terminieren die Teilnehmer-Signalisierung und beinhalten Teile der Teilnehmerverwaltung.

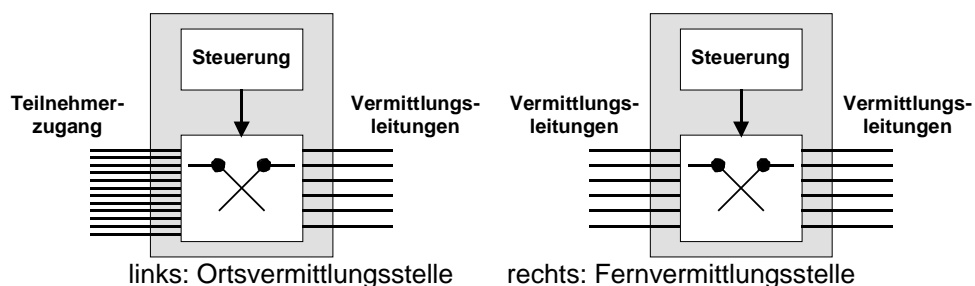


Bild 26 ATM Vermittlungsstelle (Switch)

5.4 Wegedurchschaltung³

ATM-Netze sind verbindungsorientiert, d.h. vor der Übermittlung der Information wird zunächst eine virtuelle Verbindung über das ATM-Netz zwischen Quell- und Zielsystem, eine sog. Ende-zu-Ende-Verbindung, aufgebaut. Diese, in der Regel als ATM-Verbindung bezeichneten Wege bestehen aus einer Kopplung logischer Kanäle in einzelnen physikalischen Übertragungswegen.

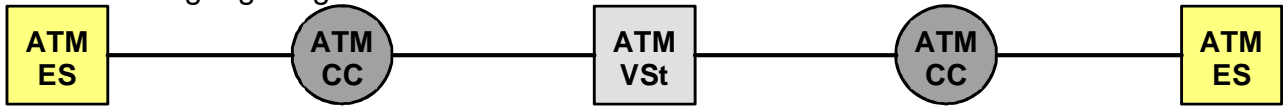


Bild 27 Physikalischer Wegstruktur

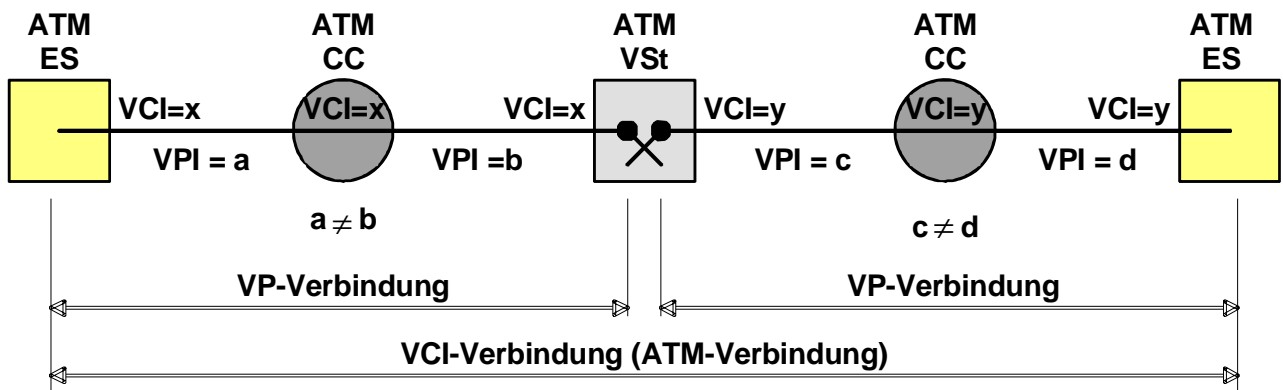


Bild 28 Logische Wegstruktur

(22) Jede ATM-Verbindung ist durch eine Nummer VCI des logischen Kanals und die Nummer VPI des logischen Pfades gekennzeichnet. Die Unterscheidung zwischen VPI und VCI erlaubt es, zwischender Vermittlung von virtuellen Pfaden (Virtual Path Switching) und der Vermittlung von virtuellen Kanälen (Virtual Channel Switching) zu unterscheiden. Beim Aufbau einer ATM-Verbindung erfolgt in ATM-Netzkomponenten die Auswertung der Parameter VCI und VPI.

Für die Realisierung der Vermittlungsfunktion in ATM-Netzen sind, wie bereits erwähnt, zwei Systemkomponenten vorgesehen welche Pfade, bzw. Pfade und Kanäle zusammenschalten. ATM-Cross-Connect-Systeme (ATM-CC-Systeme)

sie werden zwischen Endeinrichtungen und Vermittlungsstellen so wie zwischen Vermittlungsstellen eingesetzt. ATM-CC-Systeme bearbeiten nur die VPI-Angaben und verbindet damit zwei aufeinander folgende VP-Abschnitte (VP- Vermittlung). ATM-Vermittlungsstellen (ATM-VSt)

sie bearbeiten sowohl VPI als auch VCI und können daher sowohl VP-

³ Siehe auch: KZF ATM Wegedurchschaltung, Kapitel 4

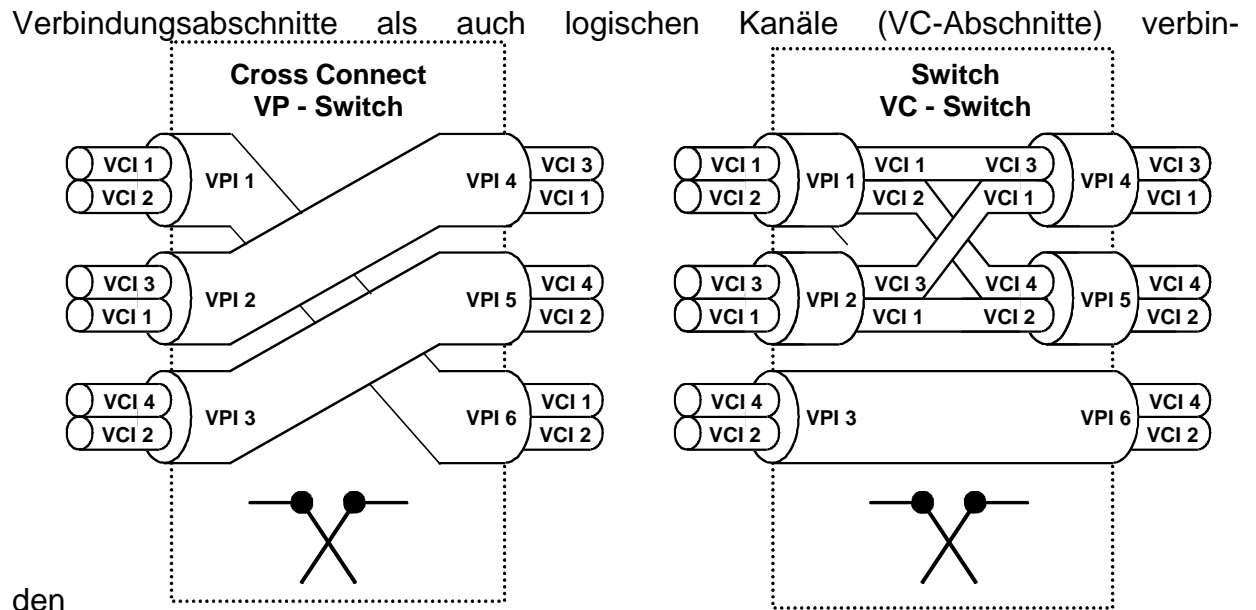


Bild 29 Prinzip der Pfad- und Kanalvermittlung

5.5. Verkehrsmanagement⁴

Während bei heutigen, synchronen Netzen der Teilnehmer einen festen Kanal zugewiesen bekommt, hat er bei ATM „nur“ eine virtuelle Verbindung; d.h. im Gegensatz zum synchronen Verkehr können sich viele ATM-Verbindungen eine physikalische Leitung auf statistischer Basis teilen. Nimmt man an, dass die Verbindungen zwar eine hohe Spitzenbitrate haben, aber auch eine sehr hohe Burstiness (also kurze Spitzen mit langen Pausen), dann können sehr viel mehr Verbindungen untergebracht werden, als es die Addition der Spitzenbitraten zuließe. Unterschiedliche Dienste haben unterschiedliche solcher Verkehrscharakteristika. Ein ATM-Netz kann daher im Allgemeinen als eine Sammlung netzspezifischer Ressourcen gesehen werden, die für die Realisierung von ATM-Verbindungen zur Verfügung stehen. Diese Ressourcen, wie z. B. Speicherkapazität in Netzknoten und die Übertragungskapazität von Leitungen, sind eingeschränkt und werden bei der Realisierung von Verbindungen verbraucht. In diesem Zusammenhang können unterschiedliche Blockierungsfälle auftreten. Beispielsweise entsteht eine Verbindungsblockierung, wenn Ressourcen nicht ausreichend sind, um eine neue Verbindung aufzubauen. Unter dem Verkehrsmanagement in ATM-Netzen sind daher alle Maßnahmen zu verstehen, die zur effektiven Ausnutzung der netzspezifischen Ressourcen führen und das Auftreten unterschiedlicher Blockierungssituationen verhindern.

(23) Die Ziele des Verkehrsmanagements in ATM-Netzen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Zulassung neuer Verbindungen,
- Überwachung von Verkehrsparametern bestehender Verbindungen,
- Qualitätsüberwachung bestehender Verbindungen.

⁴ Siehe auch KZF ATM Wegedurchschaltung, Kapitel 6

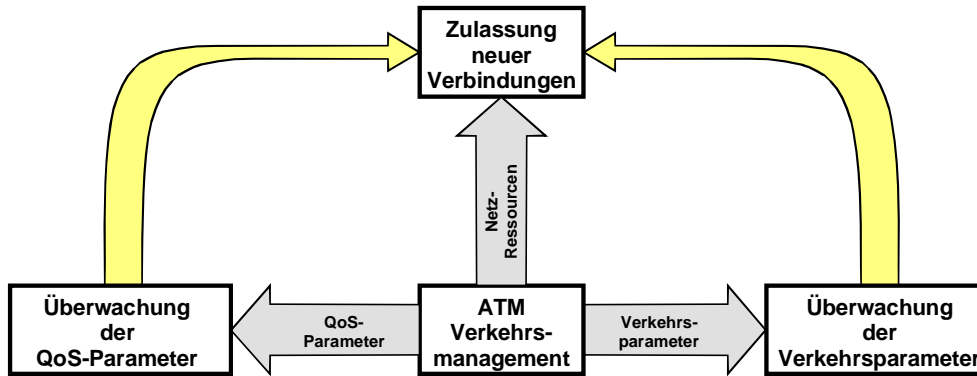
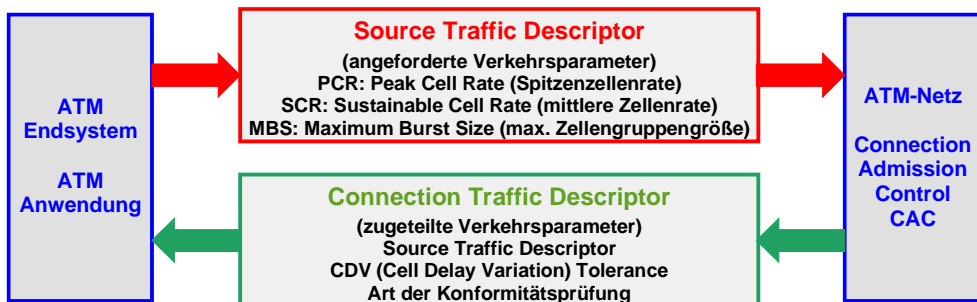


Bild 30 Ziele des Verkehrsmanagements in ATM-Netzen

Zulassen neuer Verbindungen

Die Zulassung einer neuen Verbindung über ein ATM-Netz ist vom augenblicklichen Zustand der Ressourcen abhängig. Mit jeder neuen Verbindung werden die Netzressourcen wie Übertragungskapazität von Leitungen und Speicherkapazität von Netzknoten verbraucht. In ATM-Netzen findet keine feste Zuordnung von Netz-Ressourcen zu den einzelnen ATM-Verbindungen statt. Sie werden den einzelnen Verbindungen nach Bedarf „dynamisch“ zugeteilt. Die Übertragungsrate einer physikalischen Leitung wird z.B. gemeinsam durch die virtuellen ATM-Verbindungen ausgenutzt, die über diese physikalische Leitung abgewickelt werden. Falls nur eine ATM-Verbindung über eine physikalische Leitung realisiert wird, steht dieser ATM-Verbindung die volle Übertragungsrate der Leitung zur Verfügung.

(24a) Da keine feste Zuordnung von Netz-Ressourcen zu den einzelnen ATM-Verbindungen existiert, sondern diese Ressourcen dynamisch belegt werden, müssen die Verkehrs- und Qualitätsparameter für jede ATM-Verbindung neu festgelegt werden. Diese Festlegung ist notwendig, um einerseits den Verbrauch von Netz-Ressourcen abzuschätzen, und um andererseits die geforderten Eigenschaften der Verbindung zu gewährleisten. Kommt eine neue Verbindung zustande, könnte man dies so interpretieren, als ob ein Verkehrsvertrag (Traffic Contract) in Bezug auf diese Verbindung zwischen der betreffenden ATM-Anwendung und dem Netz beim Verbindungsaufbau abgeschlossen worden wäre.



CAC: Connection Admission Control, PCR: Peak Cell Rate (Spitzenzellenrate),
 SCR: Sustainable Cell Rate (mittlere Zellenrate),
 MBS: Maximum Burst Size (maximale Zellengruppengröße),
 CDV: Cell Delay Variation

Bild 31 Verkehrsvertrag für eine neue ATM- Verbindung

(24b) Beim Verbindungsaufbau wird zunächst durch die CAC-Funktion (Connection Admission Control) überprüft, ob eine neue Verbindung überhaupt zugelassen werden kann. Hierzu wird überprüft, ob die notwendigen Netz-Ressourcen vorhanden sind, so dass die neue Verbindung mit den gewünschten Parametern zustande kommen kann. Dabei muss auch sichergestellt werden, dass durch die neue Verbindung die bereits bestehenden Verbindungen nicht beeinträchtigt werden. Nach der Zulassung einer neuen Verbindung garantiert das

ATM-Netz durch Aussenden der CONNect - Nachricht die Einhaltung der von der ATM-Anwendung in der SETUP – Nachricht angeforderten Verkehrs- und Qualitätsparameter (Verkehrsdiskriptor) für diese Verbindung, wenn die im Verkehrsvertrag ausgehandelten Werte von der Anwendung eingehalten werden.

Im Verkehrsdiskriptor wird auch die CDV-Toleranz (CDV Cell Delay Variation) und die Art der Konformitätsprüfung angegeben. Bei der Konformitätsprüfung handelt es sich um die Überwachung des Verkehrsvertrags durch die Netzseite, wobei mit Hilfe der Funktion UPC (User Parameter Control) ständig geprüft wird, ob sich die Verkehrsquelle während der Informationsübermittlung vertragskonform verhält.

Verkehrsparameter

(25) Neben den Qualitäts-Parametern beschreiben verschiedene Verkehrs-Parameter den ATM-Verkehrstrom, sie bilden den „traffic descriptor“:

- Maximale Zellenrate (Peak Cell Rate — **PCR**). Sie stellt das Maximum an Verkehr dar, den eine Quelle innerhalb der betrachteten Verbindung in das Netz einspeisen darf. Für die möglichen Werte der PCR wurde eine Formel aufgestellt, die mit einer Mantissee von 0...3 1 (5-Bit-Wert) für und einem Exponenten von 0...511(9-Bit-Wert) dann 16384 PCR-Werte zulässt. Das reicht von 1 Zelle/Sekunde bis zu 4,29 Giga-Zellen/Sekunde mit steigendem Abstand.
- Vertretbare bzw. durchsetzbare Zellenrate (Sustainable Cell Rate — **SCR**). Sie ist einer der Parameter, der eine variable Zellenrate spezifiziert, und stellt die Obergrenze des durchschnittlichen Verkehrs dar.
- Maximale Burst-Länge (Maximum Burst Size — **MBS**). Sie ist der zweite, für eine variable Zellenrate notwendige Parameter und stellt die maximale zeitliche Länge eines mit der maximalen Zellenrate (PCR) gesendeten „Bursts“ dar.
- Maximale Rahmengröße (Maximum Frame Size — **MFS**). Sie bestimmt die maximale Größe eines Daten-Rahmens (bezogen auf einen AAL-5-Rahmen).
- Minimale Zellenrate (Minimum Cell Rate — **MCR**). Diesen Verkehr darf die Quelle unter allen Umständen in das Netz einspeisen, das Netz reserviert diese Kapazität.

Die Überwachung, ob die im Verkehrsvertrag ausgehandelten Verkehrsparameter bei der Informationsübermittlung über eine Verbindung eingehalten werden, hat das Ziel, die Überlastung des Netzes zu vermeiden. Die Überlastsituationen entstehen u.a. als Folge einer, fehlenden abschnittswisen Flusskontrolle in ATM-Netzen. Wie Bild 31 zeigt, werden die über eine physikalische Leitung übertragenen Nutzzellen „lokal“ nicht quittiert. Die empfangenen Zellen werden nur darauf geprüft, ob Übertragungsfehler im Header vorliegen, wobei fehlerhafte Zellen verworfen werden. Quittungen können erst bei Bedarf zwischen ATM-Endsystemen realisiert werden.

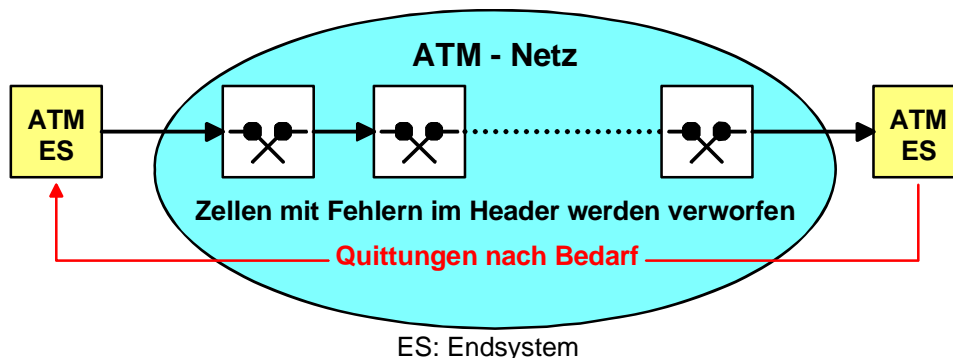


Bild 32 Besonderheiten der Informationsübermittlung in ATM-Netzen

(26a) Da die ATM-Quell-Endsysteme von den Netzknoten keine Quittungen über ausgesendete Nutzzellen empfangen, können sie Nutzzellen weiter senden, ohne auf die Überlastsituation im Netz zu achten, wodurch in ATM-Netzen gewisse Maßnahmen für die Kontrolle der Netzüberlastung (Congestion Control) vorhanden sein müssen. Für diese Überwachung wurde die sog. UPC-Funktion vorgesehen, die im Quell-Netzknoten untergebracht werden kann. Überlastprobleme sind im Allgemeinen in solchen Netzen zu erwarten, in denen die Quell-Endsysteme vom Netz keine Quittungen hinsichtlich der ins Netz ausgesendeten Information erhalten. Zu diesen Netzen gehören sowohl Frame-Relay-Netze als auch ATM-Netze.

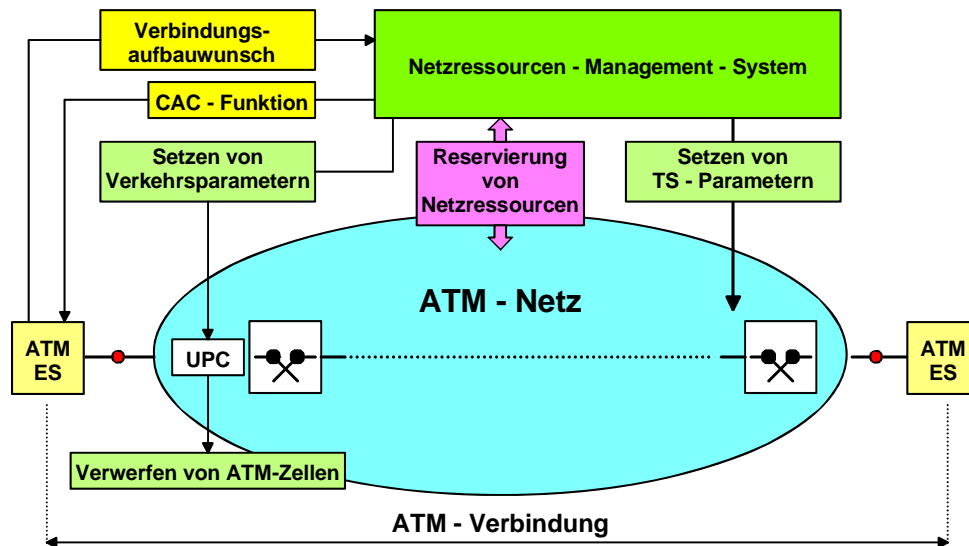


Bild 33 Aufgaben des Verkehrsmanagements

(26b) Die Funktion Traffic Shaping (kurz TS-Funktion) kann eingesetzt werden, um die gewünschte Modifikation des Zellenverkehrs zu erreichen und damit die Werte von QoS-Parametern zu verbessern. Insbesondere kann die TS-Funktion u. a. dafür sorgen, dass der Zellenverkehr am Netzausgang die geforderten QoS- und Verkehrs-Parameter besitzt.

Qualitätsparameter

Dienstgüte- oder Qualitätsparameter („Quality of Service“, QoS-Parameter) definieren die Ende-zu-Ende-Qualität eines Dienstes bzw. einer Verbindung. Die erforderlichen Parameter können an bestimmten im Netz definierten Referenzpunkten gemessen werden.

Vergleicht man die Qualitätseinflüsse bei ATM mit denen herkömmlicher Telekommunikationssysteme, so gibt es drei neue Einflussfaktoren (Bild 34):

- Zellenverlust
- Zellen-Fehleinfügung
- Schwankung der Zellenverzögerung.

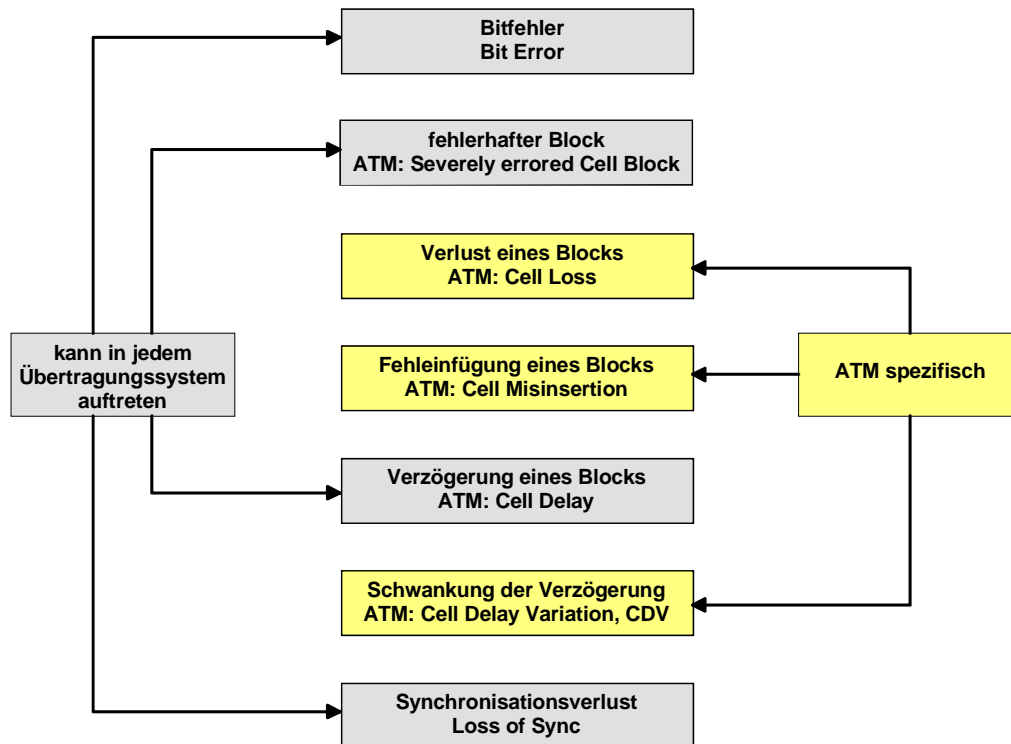


Bild 34 Spezifische ATM-Qualitätseinflüsse

(27) Die Qualitätsparameter von ATM-Verbindungen berücksichtigen folgende Aspekte:

- die Fehler während der Zellenübertragung,
 - Eine Zelle wurde erfolgreich, also fehlerfrei, übertragen. Das heißt, dass sowohl der Zelleninhalt als auch der Zellenkopf fehlerfrei sind.
 - Eine Zelle wurde zwar übertragen, ist aber fehlerhaft. Dabei können sowohl der Zelleninhalt als auch der Zellenkopf fehlerhaft sein. Der Zellenkopf wird dabei am Ausgang der HEC-Prozedur betrachtet, stellt in diesem Fall also hier einen unkorrigierbaren Fehler im Kopf dar⁵.
 - Eine Zelle wurde nicht übertragen, sie ging auf dem Weg durchs Netz verloren. Dabei wird nur eine bestimmte Zeit T_{max} auf eine Zelle gewartet. Kommt eine Zelle nach dieser Wartezeit an, dann wird sie als verlorene Zelle gewertet.
 - Eine Zelle wurde fehlerhaft eingefügt. Das kann durch Verdoppelung passieren oder durch Verfälschung des Zellenkopfes, so dass diese Zelle z.B. in eine andere Verbindung eingefügt wird. (Das heißt dann aber auch, dass diese Zelle an anderer Stelle fehlt, also dort einen Zellenverlust bewirkt.)
- die Transferzeit von Zellen und
- den Verlust von Zellen im Netz.

⁵ Eine fehlerhafte Korrektur kann entweder zu einer Zelle führen, für die im Koppelnetz keine Tabelleneinträge vorhanden sind, oder zu einer Zell-Fehleinfügung.

6 Kontrollfragen

1. Beschreiben Sie die Eigenschaften der drei Übertragungsmodi STM, PTM und ATM.
2. Nennen Sie die Unterschiede zu traditionellen Paketvermittlungsverfahren.
3. Welche charakteristischen Merkmale hat ATM?
4. Welche Eigenschaften besitzt ATM?
5. Beschreiben Sie das Prinzip der Flusskontrolle und der Fehlerbehandlung.
6. Beschreiben Sie das ATM Übermittlungsprinzip.
7. Nennen Sie die Ihnen bekannten ATM-Verbindungsarten und Verbindungstypen.
8. Nennen Sie die Schichten des ATM-Referenzmodells und beschreiben Sie deren Aufgaben.
9. Beschreiben Sie die Bildung von ATM-Zellen.
10. Welche Aufgaben hat der ATM Adaptation Layer im Allgemeinen, und wofür werden welche Varianten eingesetzt?
11. Beschreiben Sie Struktur und Aufbau einer ATM-Zelle.
12. Welche Zellentypen kennen Sie?
13. Welche Aufgaben hat die Generic Flow Control?
14. Welche Aufgaben haben VPI und VCI?
15. Nach welchem Verfahren, bzw. wie erfolgt die Synchronisierung im ATM?
16. Welche Eigenschaften besitzt der ATM-Teilnehmeranschluss?
17. Wie erfolgt die Signalisierung im ATM?
18. Beschreiben Sie das Prinzip der Signalisierung an der Teilnehmer-Netz-Schnittstelle.
19. Beschreiben Sie das Prinzip der Signalisierung an der Node to Node-Schnittstelle.
20. Beschreiben Sie die Aufgaben von Multiplexer und Konzentrator.
21. Beschreiben Sie die Aufgaben von Vermittlungsstelle (Switch) und Cross-Connect.
22. Beschreiben Sie die „Kennzeichnung“ einer ATM-Verbindung.
23. Welche Ziele verfolgt das ATM-Verkehrsmanagement?
24. Beschreiben Sie die Zulassung einer neuen ATM-Verbindung.
25. Beschreiben Sie den Inhalt des „Traffic Descriptors“.
26. Welche Aufgaben hat das ATM-Verkehrsmanagement?
27. Welche Aspekte berücksichtigen die Qualitätsparameter von ATM-Verbindungen?

7 Bilder und Tabellen

Bild 1 Evolutionsschritte in der Telekommunikation..... 2

Bild 2 Vergleich der Transfer-Modi 3

Bild 3 Fluss- und Fehlerkontrolle in X25-Netzen..... 6

Bild 4 Fluss- und Fehlerkontrolle in ATM-Netzen 7

Bild 5 ATM Zellenmultiplex 8

Bild 6 Übertragung von Informationsströmen auf einem physikalischen ATM-
Übertragungsweg 8

Bild 7 ATM – Verbindungsarten..... 9

Bild 8 ATM - Referenzmodell..... 10

Bild 9 Bilden von ATM-Zellen 11

Bild 10 Hinzufügen des Zellenkopfes 11

Bild 11 ATM Dienstklassen..... 12

Bild 12 ATM-Zelle 13

Bild 13 Zellenkopf (Header) von ATM-Zellen..... 14

Bild 14 Generic Flow Control (GFC) in Konfigurationen mit Mehrfachzugriff 14

Bild 15 VPI- und VCI-Kennzeichnung..... 15

Bild 16 Fehlerkorrektur des Zellenkopfes 15

Bild 17 Zellentypen in den Schichten..... 16

Bild 18 Synchronisationsprinzipien 16

Bild 19 Zellengrenzerkennung bei ATM (cell delineation)..... 17

Bild 20 Schnittstellen in ATM-Netzen 18

Bild 21 B-ISDN Referenzmodell 19

Bild 22 Signalisierungsbearbeitung in einer ATM-Vermittlungsstelle..... 20

Bild 23 ATM Multiplexer..... 20

Bild 24 ATM Konzentrator 21

Bild 25 ATM Cross-Connect 21

Bild 26 ATM Vermittlungsstelle (Switch)..... 21

Bild 27 Physikalischer Wegestruktur 22

Bild 28 Logische Wegestruktur 22

Bild 29 Prinzip der Pfad- und Kanalvermittlung 23

Bild 30 Ziele des Verkehrsmanagements in ATM-Netzen 24

Bild 31 Verkehrsvertrag für eine neue ATM- Verbindung 24

Bild 32 Besonderheiten der Informationsübermittlung in ATM-Netzen 25

Bild 33 Aufgaben des Verkehrsmanagements 26

Bild 34 Spezifische ATM-Qualitätseinflüsse 27

Tabelle 1 Beschreibung der Zellentypen 16

8 Abkürzungen

AAL	.....	ATM Adaption Layer
ATM	.....	Asynchronous Transfer Mode, Asynchroner Transfer Modus
B-ISDN	.....	Breitband-ISDN
CLNAP	.....	Connectionless Network Access Protocol
CLP	.....	Cell Loss Priority
CLS	.....	Connectionless Server
CRC	.....	Cyclic Redundancy Check
FiFo	.....	First in - First out
GFC	.....	Generic Flow Control
HEC	.....	Header Error Control
ISDN	.....	Integrated Services Digital Network, digitales Netz mit Diensteintegration
ITU-T	.....	International Telecommunication Union
ITU-T	.....	Internationale Telegraphenunion, Abteilung Telekommunikation
IWU	.....	Interworking Unit
LAN	.....	Local Area Network
NNI	.....	Network Node Interface
OAM	.....	Operation, Administration, Maintenance
OSI	.....	Open System Interconnection
PDH	.....	Plesiochrone digitale Hierarchie (PCM-30 / PCM-24)
PT	.....	Payload Type
SAP	.....	Service Access Point
SAR	.....	Segmentation and Reassembly
SDH	.....	Synchrone digitale Hierarchie
SN	.....	Sequenznummer
SONET	.....	Synchronous Optical Network
UNI	.....	User Network Interface
VC	.....	Virtual Channel, virtueller Kanal
VCI	.....	Virtual Channel Identification
VP	.....	Virtual Path, virtueller Pfad
VPI	.....	Virtual Path Identification
ZGV7	.....	Zentrales Zeichengabeverfahren Nr. 7

9 Literatur und Standards

- [1] Das ATM-Handbuch — Grundlagen, Planung, Einsatz; Herausgegeben von Joachim Claus und Gerd Siegmund; Hüthig Verlag Heidelberg; Gundwerk 1995
- [2] ATM — Die Technik; Gerd Siegmund; Hüthig Verlag Heidelberg 1997 (3., neubearbeitete und erweiterte Auflage)
- [3] Asynchronous Transfer Mode — Solution for Broadband-ISDN; Martin de Prycker; Ellis Horwood Verlag, 1993 (second edition)
- [4] Integrated Broadband Networks — An Introduction to ATM-based Networks; Rainer Händel, Manfred N. Huber; Addison Wesley Publishers Limited, 1991
- [5] Rahmenkonzept Breitband-Vorläufernetz; FTZ PDI-B; Februar 1986
- [6] Der Weg zur Breitbandkommunikation K.E. Kneisel (Fernmeldetechnisches Zentralamt Darmstadt) ITG-Fachbericht 100, ITG Fachtagung 22.-24. Februar 1988
- [7] Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks— Specific requirements—Part 6: Distributed Queue Dual Bus (DQDB) access method and physical layer specifications ISO/IEC 8802-6; 1994 bzw. ANSI/IEEE 802.6; 1994
- [8] Statistical switching architectures for future services; John J. Kulzer, Warren A. Montgomery (AT&T Bell Laboratories); Proceedings ISS'84 Florence, 7-11 May 1984, Session 43 A Paper 1
- [9] Asynchronous Time Division Switching: The way to flexible Broadband Communication Networks; P.Gonet, P.Adam, J.-P.Coudreuse (France Telecom CNET); Proceedings International Zurich Seminar 1986, D5.1 - D5.8

B-ISDN / ATM Standards

- [1] Vocabulary of Terms for Broadband Aspects of ISDN; ITU-T-Empfehlung **I.113**; 6/1997
- [2] Interface between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit terminating Equipment (DCE) for Terminals operating in the packet mode and connected to public data networks by dedicated circuit; ITU-T-Empfehlung **X.25**; 10/1996
- [3] Broadband Aspects of ISDN; ITU-T-Empfehlung **I.121**; 4/1991
- [4] B-ISDN Asynchronous Transfer Mode Functional Characteristics; ITU-T-Empfehlung **I.150**; 2/1999
- [5] ATM User-Network Interface Specification, Version 3.1; ATM-Forum Spezifikation **af-uni-0010.002**; 3/1998
- [6] Data Transmission Service; ITU-T-Empfehlung **X.75**; 10/1996
- [7] B-ISDN User-Network Interface; ITU-T-Empfehlung **I.413**; 3/1993
- [8] B-ISDN Protocol Reference Model and its Application; ITU-T-Empfehlung **I.321**; 4/1991
- [9] B-ISDN ATM Layer Specification; ITU-T-Empfehlung **I.361**; 2/1999
- [10] B-ISDN General Network Aspects; ITU-T-Empfehlung **I.311**; 3/1999

- [11] B-ISDN User-Network Interface — Physical Layer Specification — General; Characteristics;
ITU-T-Empfehlung **I.432.1**; 2/1999
- [12] Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy;
ITU-T-Empfehlung **G.707**; 03/1996
- [13] B-ISDN User-Network Interface — Physical Layer Specification — Interface at 155 and 622 Mbit/s;
ITU-T-Empfehlung **I.432.2**; 2/1999
- [14] B-ISDN User-Network Interface — Physical Layer Specification: 51 840. kbit/s Operation;
ITU-T-Empfehlung **I.432.4**; 2/1999
- [15] ATM/SDH-Infrastruktur für Hochgeschwindigkeitsnetze; G.Grüell, H.Orlamünder, H.Weik; ntz, 50. Jahrgang, Heft 8/1997
- [16] Synchronous Frame Structures used at 1544, 6312, 2048, 8488 and 44 736 kbit/s Hierarchical Levels;
ITU-T-Empfehlung **G.704**; 7/1995
- [17] B-ISDN User-Network Interface — Physical Layer Specification — Interface at 1,5 and 2 Mbit/s;
ITU-T-Empfehlung **I.432.3**; 2/1999
- [18] ATM Cell Mapping into Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH);
ITU-T-Empfehlung **G.804**; 2/1998
- [19] Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN;
ITU-T-Empfehlung **I.371**; 8/1996
- [20] Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN — Conformance Definitions for ABT and ABR;
ITU-T-Empfehlung **I.371.1**; 6/1997
- [21] Traffic Management Specification, Version 4.1;
ATM-Forum Spezifikation **af-tm-0121.000**; 3/1999
- [22] B-ISDN ATM Layer Cell Transfer Performance;
ITU-T-Empfehlung **I.356**; 10/1996
- [23] B-ISDN Operation and Maintenance Principles and Functions;
ITU-T-Empfehlung **I.610**; 2/1999
- [24] ATM Management of the Network Element View;
ITU-T-Empfehlung **I.751**; 3/1996
- [25] Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Equipment Functional Blocks;
ITU-T-Empfehlung **G.783**; 7/1994
- [26] ATM Protection Switching;
ITU-T-Empfehlung **I.630**; 2/1999
- [27] B-ISDN ATM Adaptation Layer (AAL) Specification;
ITU-T-Empfehlung **I.363**; 3/1993
- [28] B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 1 AAL;
ITU-T-Empfehlung **I.363.1**; 8/1996
- [29] B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 2 AAL;
ITU-T-Empfehlung **I.363.2**; 9/1997
- [30] AAL 2 Signalling Protocol — Capability Set 1,
ITU-T Empfehlung **Q.2930.1**; 9/1999
- [31] Service Specific Coordination Function for ATM — AAL Type 2 Specification;
ITU-T-Empfehlung **I.366.1**; 6/1998

- [32] AAL Type 2 Service Specific Coordination Function for Trunking;
ITU-T-Empfehlung **I.366.2**; 2/1999
- [33] AAL Type 2 Service Specific Convergence Sublayer for Mobile;
Draft ITU-T-Empfehlung **I.366.3**; in Arbeit
- [34] B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 3/4 AAL;
ITU-T-Empfehlung **I.363.3**; 08/1996
- [35] B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 5 AAL;
ITU-T-Empfehlung **I.363.5**; 8/1996
- [36] Frame Relaying Service Specific Convergence Sublayer;
ITU-T-Empfehlung **I.365.1**; 11/1993
- [37] Service Specific Coordination Function to provide CONS;
ITU-T-Empfehlung **I.365.2**; 11/1995
- [38] Service Specific Coordination Function to provide COTS;
ITU-T-Empfehlung **I.365.3**; 11/1995
- [39] Service Specific Coordination Function for HDLC Applications;
ITU-T-Empfehlung **I.365.4**; 8/1996
- [40] B-ISDN Digital Subscriber Signalling No. 2 (DSS-2) User Network Interface Layer 3
Specification for basic Call/Connection Control;
ITU-T-Empfehlung **Q.2931**; 2/1995
- [41] ATM User-Network Interface (UNI) Signalling Specification, Version 4.0;
ATM-Forum Spezifikation **af-sig-0061.000**; 7/1996
- [42] Digital Subscriber Signalling No. 2 (DSS-2) User Network Interface Layer 3 Specifica-
tion for Point-to-Multipoint Call/Connection Control;
ITU-T-Empfehlung **Q.2971**; 7/1996
- [43] Functional Description of the B-ISDN User Part (B-ISUP) of Signalling System No.
7; ITU-T Empfehlung **Q.2761**; 2/1995
- [44] B-ISDN Inter Carrier Interface (B-ICI) Specification, Version 2.0 (intgrated);
ATM Forum Spezifikation **af-bici-0013.003**; 12/1995
- [45] Private Network-Network Interface Specification (PNNI), Version 1.0;
ATM Forum Spezifikation **af-pnni-0055.000**; 3/1996
- [46] V-Interface at the Service Node (SN); VB5.1 Reference Point Requirements;
ITU-T Empfehlung **G.967.1**; 6/1998
- [47] V-Interface at the Service Node (SN); VB5.2 Reference Point Requirements;
ITU-T Empfehlung **G.967.2**; 2/1999
- [48] The International Public Telecommunication Numbering;
ITU-T-Empfehlung **E.164**; 5/1997
- [49] ATM Forum Addressing: User Guide, Version 1.0;
ATM Forum Spezifikation **af-ra-0105.000**; 1/1999
- [50] ATM Forum Addressing: Reference Guide,
ATM Forum Spezifikation **af-ra-0106.000**; 2/1999
- [51] B-ISDN Numbering and Addressing Principles;
ITU-T-Empfehlung **E.191**; 10/1996
- [52] Information Technology — Open Systems Interconnection — Network Service Defini-
tion;
ITU-T-Empfehlung **X.213**; 11/1995
- [53] Information Technology — Open Systems Interconnection — Network Service Defini-
tion;
ISO 8348; 1993

- [54] Codes for the Representation of Names of Countries;
ISO 3166; 1993
- [55] Virtual Path Service for Reserved and Semipermanent Connections;
ITU-T-Empfehlung **F.813**; 2/1995
- [56] Broadband Virtual Path Service (BVPS);
ETSI Standard **ETS 300 455-1,-2**; 8/1995
- [57] Broadband Connection Oriented Bearer Service;
ITU-T-Empfehlung **F.811**; 7/1996
- [58] Broadband Connection Oriented Bearer Service (BCOBCS);
ETSI Standard **ETS 300 780**; 12/1997
- [59] Broadband Connectionless Data Bearer Service;
ITU-T-Empfehlung **F.812**; 8/1992
- [60] Support of Broadband Connectionless Data Bearer Service by the B-ISDN;
ITU-T-Empfehlung **I.364**; 2/1999
- [61] Connectionless Broadband Data Service (CBDS), Part 1 to 4;
ETSI Standard **ETS 300 217 -1..4**; 12/1992
- [62] Connectionless Broadband Data Service (CBDS) over ATM, Framework and Protocol
Specification at the UNI;
ETSI Standard **ETS 300 478 -1..2**; 2/1998