

ATM Wegedurchschaltung

KURZFASSUNG

35 Seiten

INHALT

1	Übersicht.....	2
2	Verbindungsarten	3
3	Verbindungsanforderung und Verbindungszuteilung	6
4	Verbindungsdurchschaltung	8
4.1	Meta-Signalisierung	10
4.2	ATM Vermittlungsprinzipien	12
4.2.1	Pfadvermittlung (Bündelvermittlung).....	12
4.2.2	Kanalvermittlung (Leitungsvermittlung).....	13
5	Koppelnetze und Koppelnetzsteuerung.....	13
5.1	Grundstrukturen von ATM-Koppelnetzen.....	15
5.1.1	Speicherkonzepte	16
5.1.2	Blockierungswahrscheinlichkeit	17
5.2	Wegedurchschaltung mit voreingestellten Wegen	19
5.2.1	Beispiel eines selbst steuernden Koppelfeldes.....	20
5.3	Wegedurchschaltung ohne Wegevoreinstellung.....	21
6	Verkehrsmanagement.....	21
6.1	Dienstgüte-Parameter - Quality of Service - Parameter	22
6.2	Verkehrs-Parameter – Traffic Parameter	25
6.3	ATM Dienstklassen und Transfer Capabilities	26
6.4	Funktionen der Verkehrssteuerung.....	27
6.4.1	Connection Admission Control (CAC).....	28
6.4.2	Usage Parameter Control (UPC), Network Parameter Control (NPC)	28
7	Kontrollfragen	33
8	Bilder und Tabellen.....	34
9	Abkürzungen	35
10	Literatur	35

1 Übersicht

Mitte der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts kam der Wunsch nach Diensten mit höherer Bandbreite auf. Die Schlagworte waren Bildfernsehen 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.

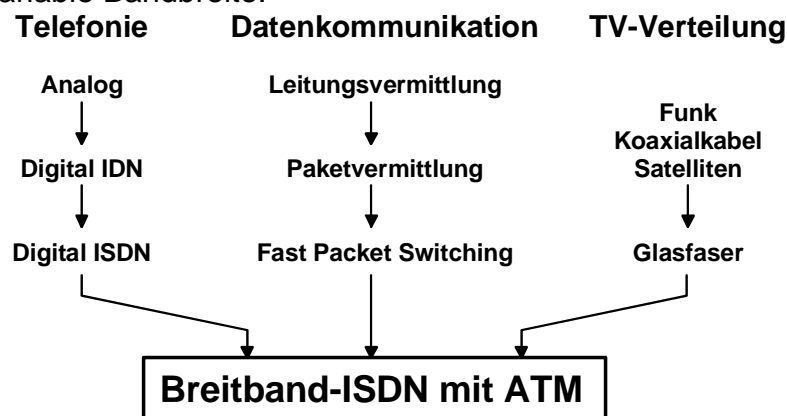


Bild 1 Evolutionsschritte in der Telekommunikation

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 Verbindungsarten

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

- Festverbindungen und
- Wählverbindungen

Wählverbindungen können nach folgenden Gesichtspunkten unterschieden werden:

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

Wählverbindungen

Der Aufbau von Wählverbindungen erfolgt aufgrund von Signalisierungsinformationen, die ebenfalls in einem virtuellen Kanal (mit VP- und VC-Kennzeichnung) übertragen werden. Auch Signalisierungsverbindungen müssen auf- und abgebaut werden, hierzu wird die sog. „Meta-Signalisierung“ verwendet. Die „Meta-Signalisierung“ verwendet festgelegte VP- und VC-Kennzeichnungen, die für diesen Zweck reserviert sind.

Nutzinformationen und Signalisierung einer Verbindung werden also immer in getrennten virtuellen Kanälen übertragen. Beide werden in Form von ATM-Zellen ausgetauscht.

Beim Verbindungsaufbau werden Übermittlungsabschnitte zu einer virtuellen Verbindung zusammengeschaltet (Vermittlung). Jede Verbindung wird durch eine Verbindungskennzeichnung von anderen Verbindungen unterschieden, die Verbindungskennzeichnung ist dabei aufgeteilt in eine VP- (Kanalbündel)- und eine VC-(Kanal)-Kennzeichnung welche je Übermittlungsabschnitt vergeben werden. Am Abschluss eines Übermittlungsabschnitts (Leitung) können VP- und/oder VC-Kennzeichnung geändert werden.

Die ATM-Vermittlungsstellen leiten die Zellen verschiedener Nutzverbindungen entsprechend der VP- und VC-Kennzeichnung zu den entsprechenden Zielen weiter. Für Nutzverbindungen wird daher nur die Schicht 1 und die ATM-Schicht in den Vermittlungsstellen bearbeitet. Der Nutzzellentransport erfolgt aufgrund der Kennzeichnungen im Zellen-Kopffeld (ATM—Schicht) und aufgrund der vor der Nutzdatenübertragung ausgetauschten Signalisierung.

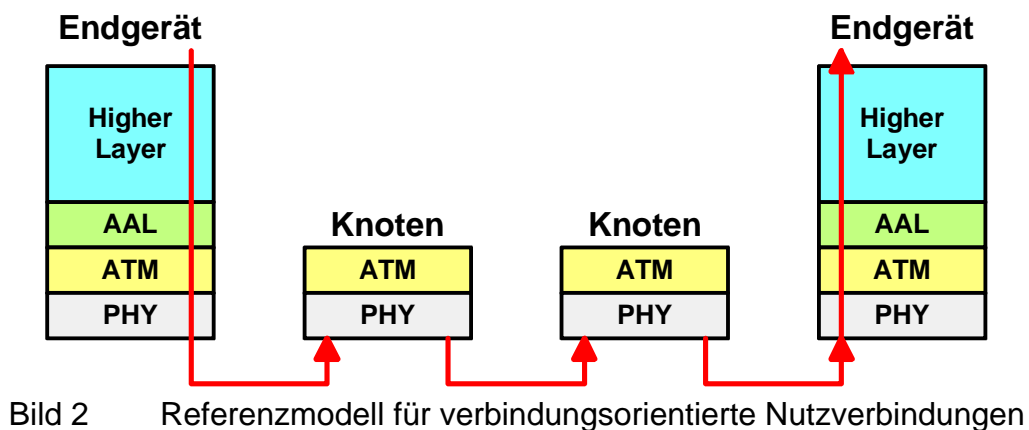


Bild 2 Referenzmodell für verbindungsorientierte Nutzverbindungen

Festverbindungen

In ATM-Netzen werden Festverbindungen mittels ATM-Cross-Connects geschaltet. Im Gegensatz zu den ATM-Vermittlungsstellen bearbeiten ATM-Cross-Connect keine Signalisierungsnachrichten. Ein ATM-Cross-Connect wird nur durch Network-Management-Informationen eingestellt.

Verbindungslose Nutzverbindungen

Verbindungslose Informationsübermittlung ist ebenfalls im ATM-Netz möglich, hierfür müssen allerdings Protokolle für den verbindungslosen Dienst in höheren Schichten vorhanden sein. Die ATM-Schicht ist durch die Kennzeichnung von Verbindungen und deren Vermittlung verbindungsorientiert, d.h. verbindungslose Dienste höherer Schichten sind in der ATM-Schicht verbindungsorientiert. Für die Unterstützung verbindungsloser Kommunikation ist der Anschluss von speziellen Servern, den CLS (Connectionless Server) vorgesehen. Der Weg von der Endeinrichtung A zum Server und ggf. der Weg vom Server zur Endeinrichtung B sind im ATM verbindungsorientiert. Die im nachfolgenden Bild dargestellte verbindungslose Kommunikation besteht aus zwei verbindungsorientierten Verbindungen (die Wege vom und zum Server).

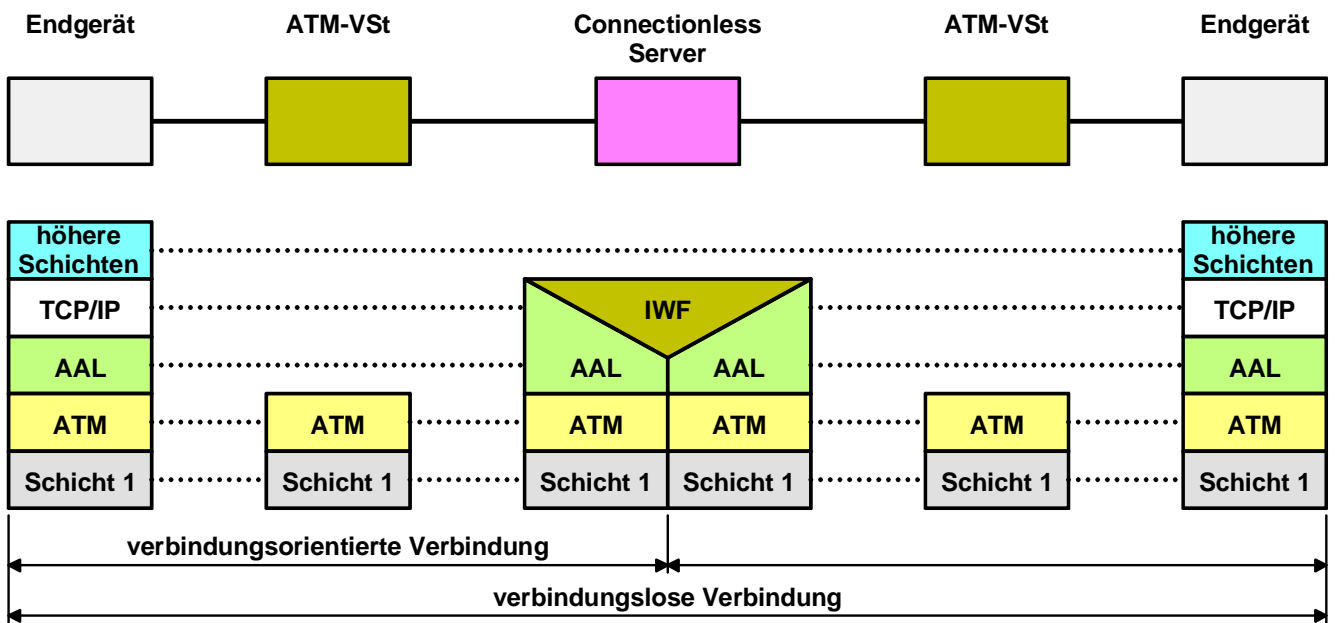


Bild 3 Modell für eine verbindungslose Nutzverbindung

Punkt-zu-Punkt - Verbindungen

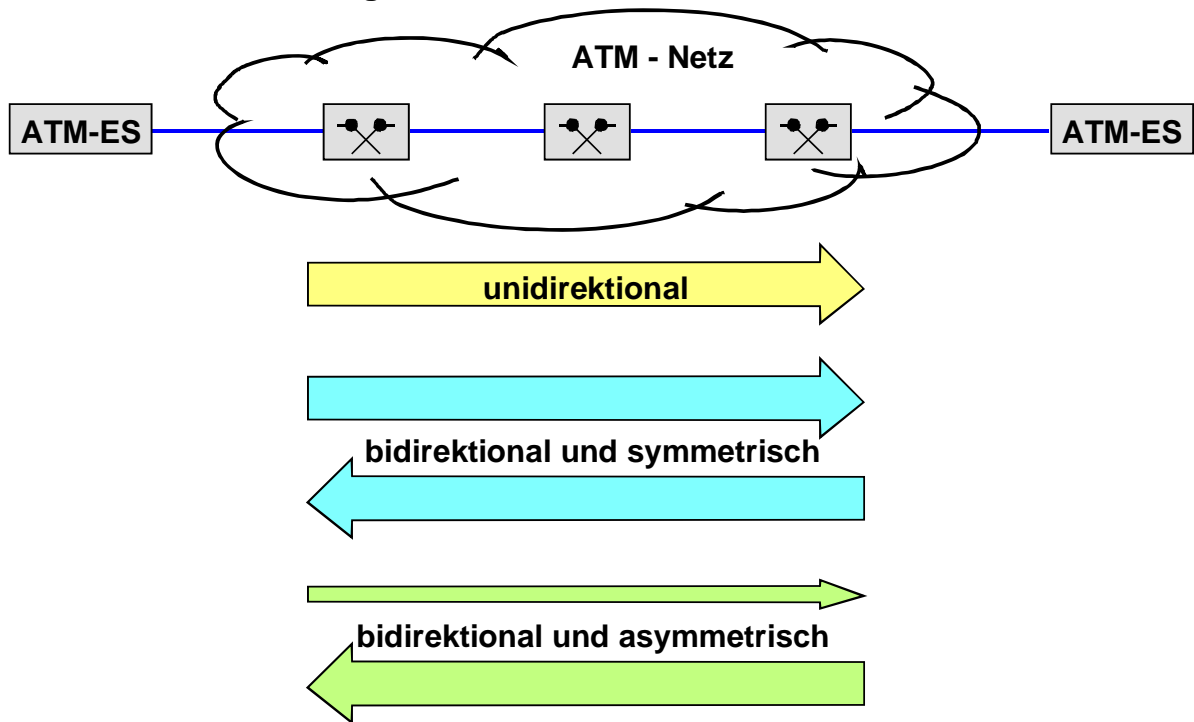


Bild 4 Punkt-zu-Punkt - Verbindungen

Punkt-zu-Mehrpunkt - Verbindungen

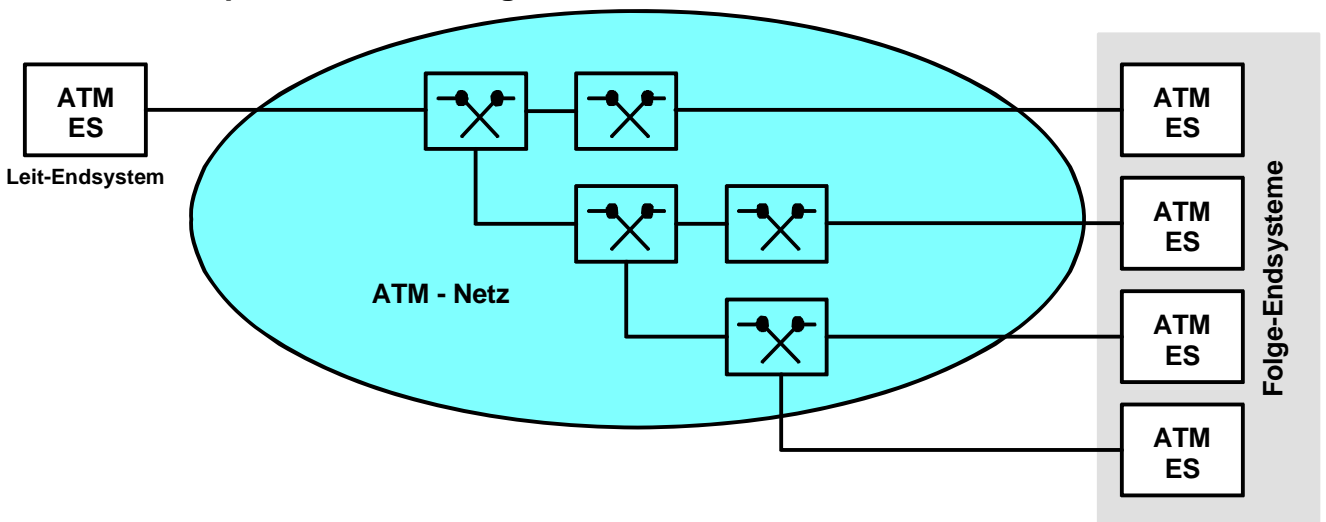


Bild 5 Punkt-zu-Mehrpunkt - Verbindungen

3 Verbindungsanforderung und Verbindungszuteilung

Das Anfordern einer Verbindung wird vom ATM-Endsystem über einen dafür reservierten Signalisierungskanal – ähnlich dem ISDN D-Kanal durchgeführt – oder mittels der sog. Meta-Signalisierung, bei welcher der Signalisierungsweg bei Bedarf erst aufgebaut wird.

Da ATM nicht nur Verbindungen mit unterschiedlichen Bandbreiten schalten, sondern auch die Bandbreite einer Verbindung variabel den augenblicklichen Erfordernissen anpassen kann ist eine optimale Nutzung der vorhandenen Transportkapazität eines Pfades unbedingt erforderlich. Daher erfolgt die Zuteilung eines Circuits (Kanals) auf Basis einer virtuellen Pfad-Kapazität welche die reale Transportkapazität übersteigt. Diese Maßnahme führt nicht nur zur laufenden Überbuchung der realen Transportkapazität eines Pfades sondern u.U. auch zu Zellenverlust.

Um Zellenverluste durch „Überbuchen“ zu vermeiden sind in den ATM-Switches Pufferspeicher für den Überlastausgleich vorgesehen, eine Maßnahme die zu unterschiedlichen Durchlaufzeiten von Zellen einer Verbindung durch das Netz führt.

Die Beurteilung ob eine Verbindung im Rahmen der virtuellen Pfad-Kapazität geschaltet werden kann erfolgt durch die Connection Admission Control. 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.

Beim Verbindungsaufbau wird zunächst durch die CAC-Funktion (Connection Admission Control) geprüft, 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 (Verkehrsdeskriptor) für diese Verbindung, wenn die im Verkehrsvertrag ausgehandelten Werte von der Anwendung eingehalten werden.

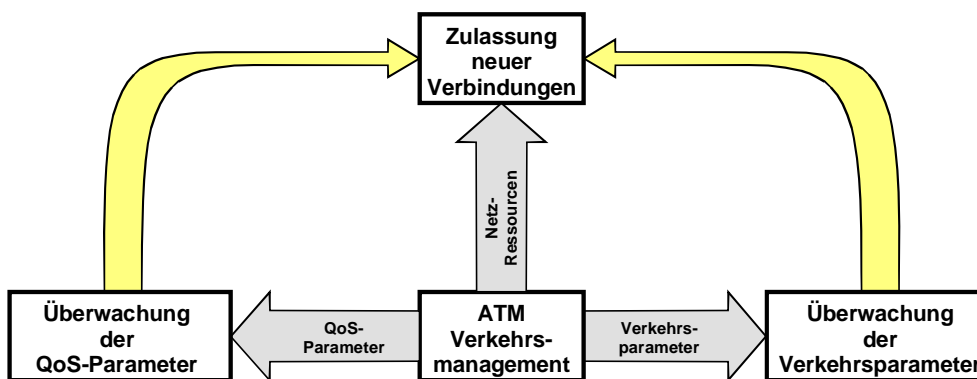


Bild 6 Ziele des Verkehrsmanagements in ATM-Netzen

Das Zulassen (Zuteilen) neuer Verbindungen erfolgt nach statistischen Gesichtspunkten und ist eine wichtige Aufgabe des ATM-Verkehrsmanagements welches folgende Ziele hat:

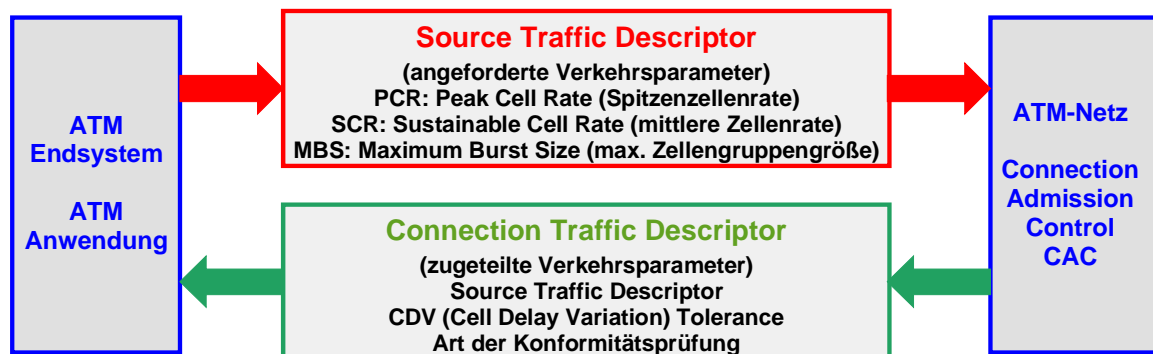
- Zulassung neuer Verbindungen - Verkehrsvertrag,
- Überwachung der Verkehrsparameter bestehender Verbindungen,
- Qualitätsüberwachung bestehender Verbindungen.

Zulassung neuer Verbindungen

(2) Zur Beurteilung ob der Belegungswunsch einer Verkehrsquelle akzeptiert werden kann muss diese dem ATM-Knoten zunächst die benötigte Transportkapazität, den sog. Source Traffic Descriptor bekannt geben.

Der augenblickliche Zustand der Ressourcen (freie Transportkapazität einer physikalischen Leitung) ist der Maßstab für die Verbindungszuteilung, wobei festzustellen ist, dass keine feste Zuordnung der Transportkapazität zu einer ATM-Verbindung, sondern eine ausschließlich „dynamische“ Zuteilung erfolgt.

Die Bekanntgabe der Verbindungszuteilung erfolgt durch den sog. Connection Traffic Descriptor, der neben der im Source Traffic Descriptor angeforderten Transportkapazität auch die Zellenverzögerungsschwankungen und die Art der Konformitätsprüfung enthält.



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 7 Verkehrsvertrag für eine ATM- Verbindung

Überwachung der Verkehrsparameter

- zur Vermeidung von Netzüberlastung (Verkehrsengpässen) bei Überschreiten der vereinbarten Transportkapazität
 - sofortiges Verwerfen der die Kapazität überschreitenden Zellen
 - Zellen erst bei Netzüberlast verwerfen - mit geringer Priorität markieren

Überwachung der „Quality of Service“- Parameter (QoS-Parameter)

- Fehler während der Zellenübertragung, es können sowohl Zellenkopf als auch Zelleninhalt fehlerhaft sein.
- Transferzeit von Zellen
 Zellen die nach T_{max} nicht eintreffen werden als verlorene Zellen gewertet.
- Verlust von Zellen durch fehlerhaftes Einfügen, durch Verdoppelung, durch Verfälschung des Zellenkopfes

4 Verbindungsdurchschaltung

ATM ist ein Zeitmultiplexverfahren, mit dem ein physikalischer Breitband-Übertragungskanal quasi parallel genutzt werden kann. Im Allgemeinen kann ein physikalischer Kanal auf eine Anzahl von virtuellen Pfaden (Virtual Path, VP) aufgeteilt werden, wobei ein virtueller Pfad ein Bündel mehrerer virtueller Kanäle (Virtual Channel, VC) darstellt, die die gleichen Endsysteme miteinander verbinden.

Physikalisch gesehen werden ATM-Zellen in einem Übertragungskanal seriell übertragen. Die Zellen werden entsprechend den Angaben im Kopf einem virtuellen Pfad VP und einem virtuellen Kanal VC zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt mit Hilfe von Parametern VPI (Virtual Path Identifier) und VCI (Virtual Channel Identifier). Der Parameter VCI stellt die Nummer des virtuellen (logischen) Kanals dar. Der virtuelle Pfad als eine Gruppe der virtuellen Kanäle wird mit dem Parameter VPI gekennzeichnet.

Werden zwei ATM-Endsysteme miteinander mit einem virtuellen Pfad verbunden, so können komplexe Anwendungen gleichzeitig mehrere virtuelle Kanäle benutzen. Hierdurch lässt sich eine Multimedia-Kommunikation (Video, Audio, Daten) effektiv über einen virtuellen Pfad abwickeln. Dabei können einzelne Informationsformen über verschiedene virtuelle Kanäle übertragen werden. Mit VCI lassen sich im Netz theoretisch 216 virtuelle Kanäle in einem virtuellen Pfad identifizieren. Mit VPI können 28 oder 212 virtuelle Pfade entsprechend an der Schnittstelle UNI oder NNI identifiziert werden.

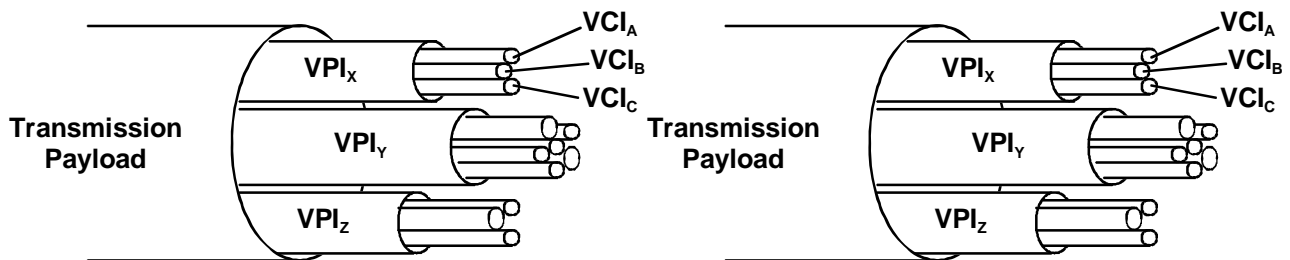


Bild 8 Übertragungsmedium mit mehreren VPIs und VCIs

(3) Jede physikalische Leitung kann in mehrere Kanalbündel aufgeteilt werden, welche durch unterschiedliche VPI (Virtual Path Identifier) gekennzeichnet sind. Jedem dieser Kanalbündel ist eine begrenzte Anzahl virtueller Kanäle (VC - Virtual Channels) zugeordnet. Alle virtuellen Kanäle eines virtuellen Pfades VP müssen dieselben Endpunkte des Übermittlungsabschnitts haben. Durch die Unterscheidung in VP und VC kann die VP-Kennzeichnung zur Richtungsunterscheidung verwendet werden.

ATM-Netze sind verbindungsorientiert, d.h. vor der Übermittlung der Information wird zunächst eine virtuelle Verbindung über das ATM-Netz zwischen Quell- und Zielendsystem, 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.

Physikalische Wegestruktur

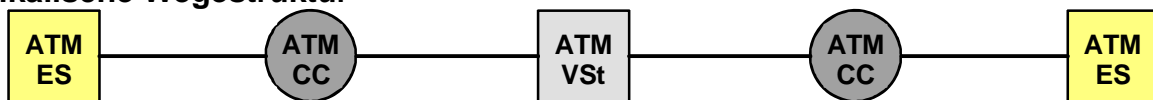


Bild 9 physikalische ATM-Verbindung

Die über eine physikalische Leitung übertragenen Nutzzellen werden „lokal“ nicht quittiert, die empfangenen Zellen werden nur auf Übertragungsfehler im Header geprüft, wobei fehlerhaf-

te Zellen verworfen werden. Quittungen können erst bei Bedarf zwischen ATM-Endsystemen realisiert werden.

Logische Wegestruktur

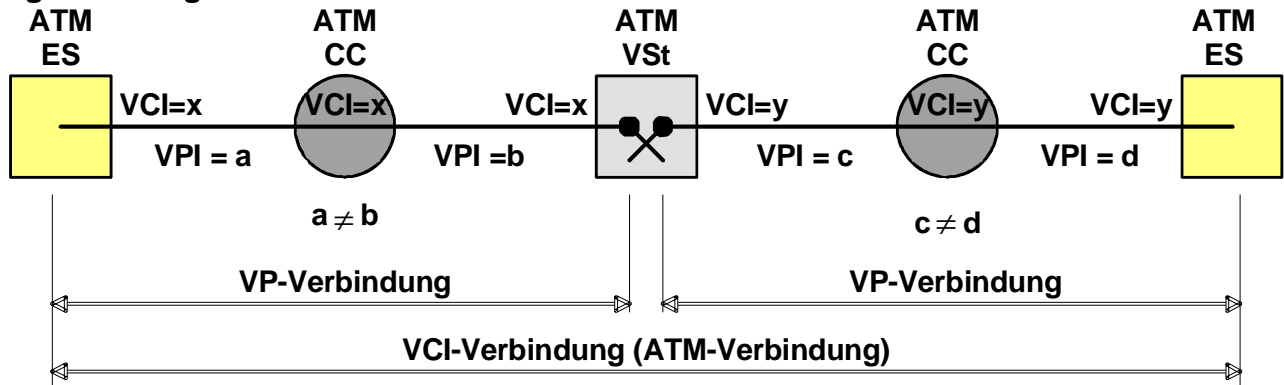


Bild 10 logische ATM-Verbindung

(4) 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, zwischen

- der 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 zwei Systemkomponenten vorgesehen:
 - 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-Verbindungsabschnitte als auch logischen Kanäle (VC-Abschnitte) verbinden

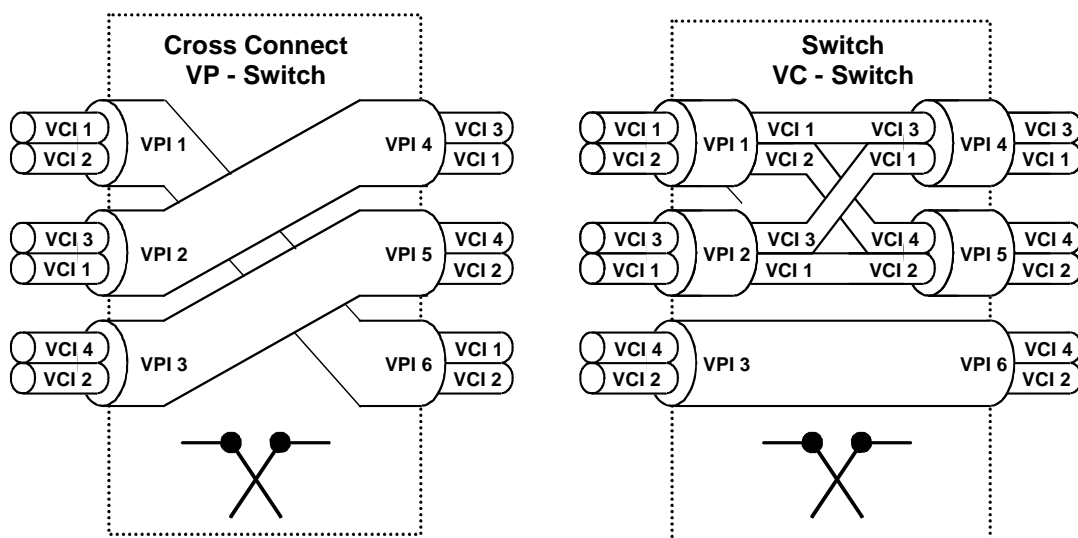


Bild 11 Bearbeiten von ATM-Verbindungen

4.1 Meta-Signalisierung

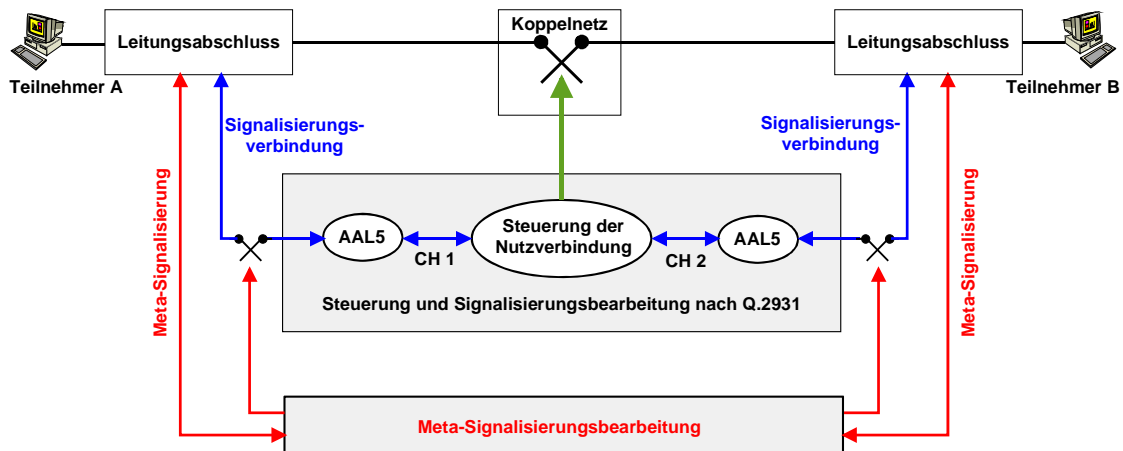


Bild 12 Signalisierungsbearbeitung in einer ATM-Vermittlungsstelle

(5) Signalisierungsinformationen zum Aufbau von Wählverbindungen werden in einem virtuellen Kanal (mit VP- und VC-Kennzeichnung) übertragen

Sind keine festen Signalisierungswege vorgesehen, müssen die Signalisierungswege erst mit der sog. „Meta-Signalisierung“ auf- und abgebaut werden. Die „Meta-Signalisierung“ verwendet VP- und VC-Kennzeichnungen, die für diesen Zweck reserviert sind.

Für ATM-Netze wurden von ITU-T folgende Signalisungsverfahren vorgesehen:

- Signalisierung an der Teilnehmer-Netz-Schnittstelle (UNI): DSS2 (Digital Signalling System No. 2)
- Signalisierung zwischen ATM-Vermittlungsknoten (NNI): Zeichengabeverfahren Nr. 7

Für den Einsatz in privaten Netzen wurden vom ATM-Forum ebenfalls entsprechende Standards festgelegt.

Signalisierung an der Teilnehmer-Netz-Schnittstelle (UNI)(6) 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.

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. Die „Call Reference“ kennzeichnet alle Nachrichten, die zu einer Signalisierungsaktivität (Transaktion) gehören, um mehrere gleichzeitige Signalisierungsaktivitäten unterschei-

den 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)(7) 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 Zentralkansignalisierung 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.

Prinzip der Wegedurchschaltung

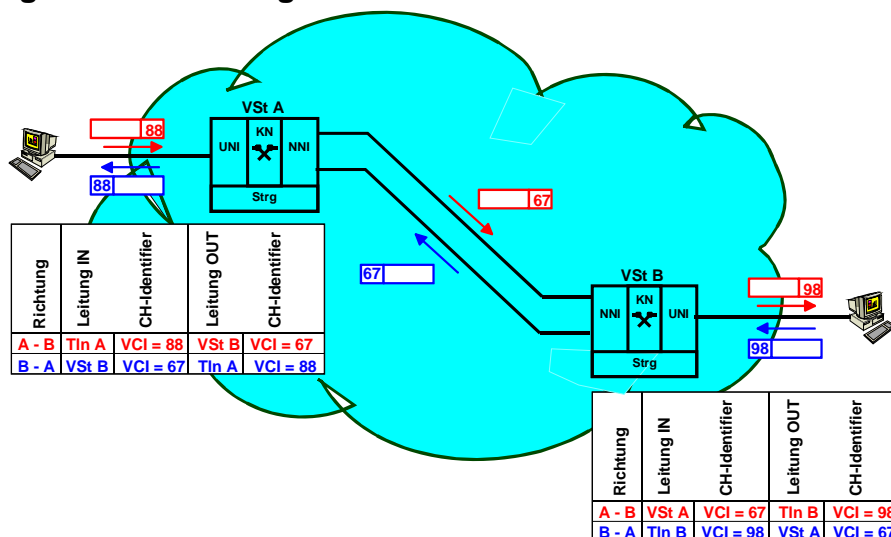


Bild 13 Prinzip der Wegedurchschaltung

Die Vermittlungsstellen legen beim Verbindungsaufbau Tabellen mit Eingangs- und Ausgangs-Identifizierung (Leitung + VP/VC- Identifizierung) an. Aufgrund dieser Tabellen erfolgt die Verkehrslenkung der Zellen. Die Zellendurchlaufzeit durch eine ATM-Vermittlungsstelle ist (in gewissen Grenzen) eine zufällige Größe, da sie von der Zahl der Verbindungen und deren Durchsatz abhängt. Das ATM-Netz ist daher im Zeitbereich nicht transparent, die Verzögerungszeit kann von Zelle zu Zelle einer Verbindung unterschiedlich sein.

Das oben dargestellte Beispiel zeigt eine ATM-Verbindung zwischen zwei Teilnehmern. Aus Übersichtsgründen führt die Vermittlungssteile nur eine Kanalvermittlung durch, in der Realität müssten VCI und VPI berücksichtigt werden.

(8) Die Festlegung eines Nachrichtenweges durch die ATM-Vermittlungsstelle erfolgt in drei Schritten:

- Meta-Signalisierungsinformationen bearbeiten
- Wegesuche durch VSt-Rechner durchführen
- Routingtabellen mit Eingangs- und Ausgangs-Identifizierung (Leitung, VPI & VCI) erstellen

(9) Bei der Verbindungsdurchschaltung werden folgende Aktivitäten durchlaufen:

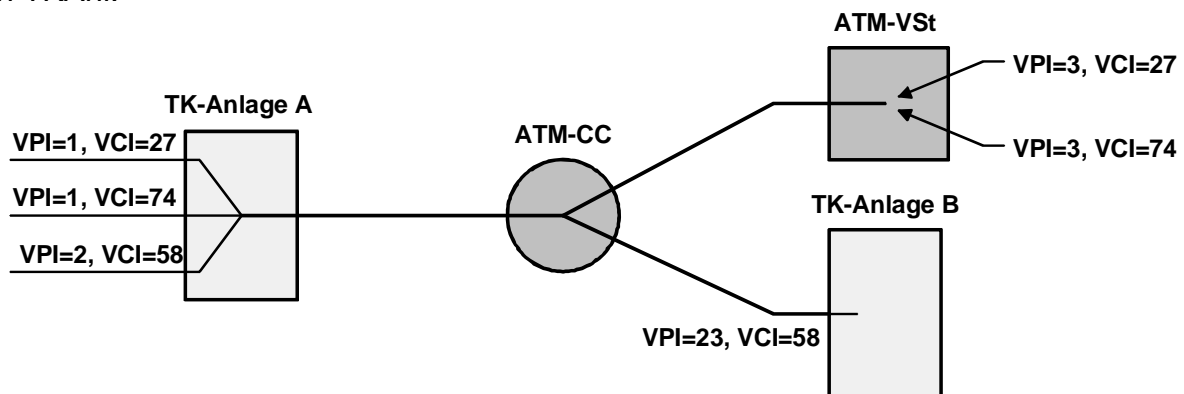
- Header lesen (VPI_{IN} & VCI_{IN})
- Routingtabelle IN-Seite adressieren & OUT-Seite lesen

- Header umschreiben (VPI_{OUT} & VCI_{OUT})
- Koppelnetz einstellen
 - zellenweise durch VSt-Rechner
 - zellenweise durch Voranstellen einer KN-Steuerinfo (selbststeuernde Koppelnetze)

4.2 ATM Vermittlungsprinzipien

4.2.1 Pfadvermittlung (Bündelvermittlung)

Beispiel: eine TKAnl mit einem Bündel zum öffentlichen Netz und einem Bündel zu einer anderen TKAnl.



Verbindungen von der TKAnl A aus:

- Verbindung 1: VPI=1, VCI=27 zur ATM-VSt, Richtung 1
- Verbindung 2: VPI=2, VCI=58 zur TKAnl B, Richtung 2
- Verbindung 3: VPI=1, VCI=74 zur ATM-VSt, Richtung 1

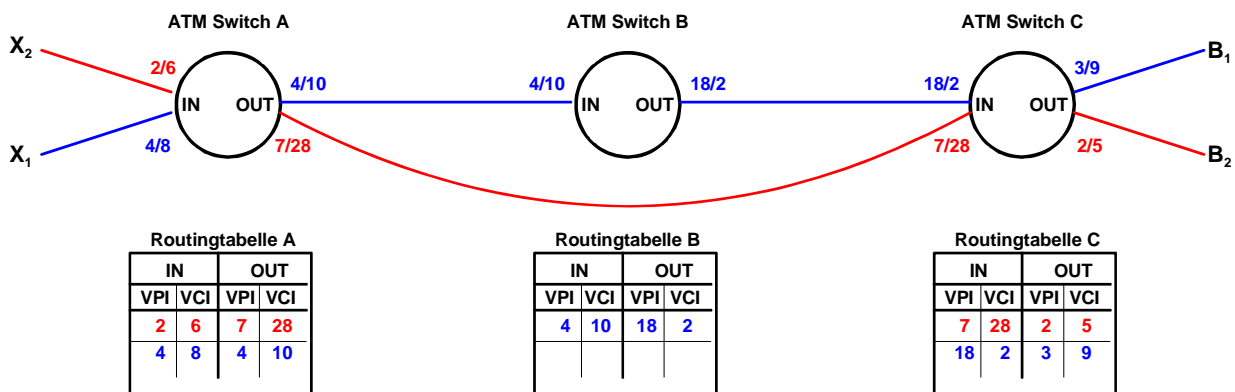
Bild 14 Richtungsschaltung durch einen ATM-Cross-Connect

4.2.2 Kanalvermittlung (Leitungsvermittlung)

Im folgenden Bild ist der Weg einer virtuellen Verbindung für eine Kommunikationsrichtung vollständig dargestellt. Die VPI- und VCI-Werte wurden mittels Meta-Signalisierung vor Beginn der Kommunikation festgelegt.

In dem dargestellten Beispiel werden die Zellen der Nutzverbindung X₁ mit VPI=4 und VCI=8 zur ATM-Vermittlungsstelle (ATM Switch A) transportiert. Von dort werden die Zellen mit VPI=4 und VCI=10 zur ATM-Vermittlungsstelle (ATM Switch B) weiter geleitet und von dort mit VPI=18 und VCI=2 zur ATM-Vermittlungsstelle (ATM Switch C).

Die Vermittlungsstelle C führt aufgrund der angelegten Verbindungstabelle die Vermittlung in Richtung der B₁-Endeinrichtung durch. Beim Verbindungsaufbau wurde für die Leitung VPI=3 und VCI=9 festgelegt.



Die Routingtabellen werden vom VSt-Rechner mittels Wegesuchprogrammen erstellt; die dazu erforderlichen Informationen werden mittels Meta-Signalisierung weitergegeben.

Bild 15 Routing

Für die Nutzverbindung X₂ werden die Zellen mit VPI=2 und VCI=6 an die ATM-Vermittlungsstelle (VSt A) herangeführt. Der Verbindungstabelle entsprechend erfolgt die Durchschaltung zu ATM-Vermittlungsstelle (VSt C) mittels VPI=7 und VCI=28 und von dort mit VPI=2 und VCI=5 weiter zur B₂-Endeinrichtung.

Die Zellen der gleichen virtuellen Verbindung in der anderen Kommunikationsrichtung nehmen den gleichen Weg, die Netzelemente und Verbindungstabellen werden entsprechend umgekehrt durchlaufen. Für beide Richtungen der Kommunikation werden die gleichen VPI- und VCI-Werte verwendet.

5 Koppelnetze und Koppelnetzsteuerung

Die Hauptaufgabe von ATM-Netzknoten (ATM-Switches) ist die Weiterleitung ankommender ATM-Zellen, die auch ATM- Vermittlung genannt wird. Im Wesentlichen werden die Konzepte der ATM-Vermittlung durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

- Die hohe Bitrate (z. B. 622 Mbit/s bzw. 2.4 Gbit/s) in ankommenden Leitungen. Aus diesem Grund muss die ATM-Vermittlung hauptsächlich hardwaremäßig realisiert werden. Der Strom von ankommenden ATM-Zellen ist unregelmäßig. Die einzelnen ankommenden ATM-Zellen haben unterschiedliche Behandlungs-Prioritäten, z.B. sind Datenzellen wichtiger als Sprachzellen.

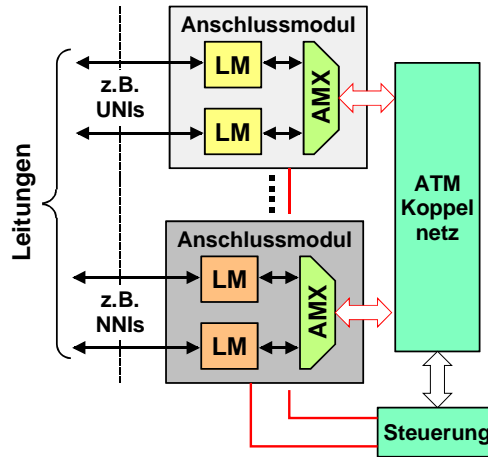


Bild 16 ATM Netzknoten

Die Leitungsmodulare ermöglichen den Anschluss von Endsystemen und anderen Netzknoten über festgelegte physikalische Schnittstellen. Das ATM-Koppelnetz leitet die ankommenden Zellen auf Basis der VCI/VPI-Kombination im ATM-Zellenkopf bzw. einer in den Leitungsmodularen ermittelten „Routing“-Information auf entsprechende Ausgangsleitungen weiter. Die Steuerung dient der Überwachung des Gesamtsystems und der Durchführung von Maßnahmen zur Fehlererkennung und Fehlerbehebung.

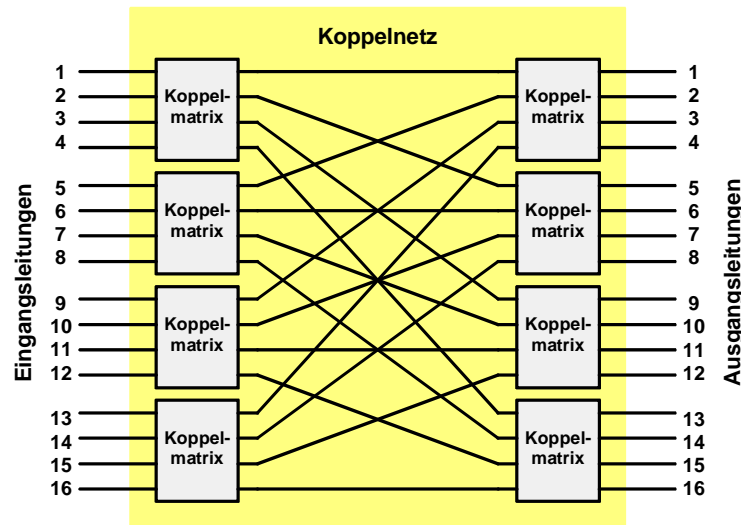


Bild 17 Beispiel eines ATM-Koppelnetzes

(10) Es mehrere Konzepte für die Realisierung von ATM-Koppelnetzen. Bei einer matrixförmigen Ausführung z.B. setzt sich ein Koppelnetz aus einer bestimmten Anzahl identischer Koppel-elemente (auch Koppelvielfachen genannt) zusammen. Nimmt die Anzahl von Stufen im Koppelnetz zu, so steigt die Verweilzeit von Zellen im gesamten Koppelnetz, ein Umstand der sich negativ auf die gesamte Zellenverzögerung im ATM-Koppelnetz auswirkt. Um eine große Anzahl physikalischer Leitungen mit einem Koppelnetz mit einer geringen Anzahl von Stufen bedienen zu können, müssen „große“ Koppel-elemente eingesetzt werden, die sehr komplex sind. Generell sind die ATM-Koppelnetze mit möglichst „großen“ Koppel-elementen und mit entsprechend wenigen Stufen zu bevorzugen.

Die Art und Weise wie die Zellen in einem mehrstufigen Koppelnetz weitergeleitet werden, nennt man Routing. Die Route über das Koppelnetz für die ATM-Zellen, d.h. die interne Verbindung über das Koppelnetz zwischen einer Eingangs- und einer Ausgangsleitung, wird beim Aufbau der betreffenden ATM-Verbindung mit Hilfe der Signalisierung auf die Dauer der Verbindung festgelegt.

Die Route kann entweder in einer oder mehreren Routingtabellen angegeben oder in einem sog. Routingkopf (Routing Tag) jeder Zelle vorangestellt werden. Häufiger wird diese Variante implementiert, in der die „Routing“-Information im Routing-Tag von Zellen angegeben wird. Hierbei müssen die Koppelnetze Selbstrouting-Eigenschaft besitzen. Diese Eigenschaft bedeutet, dass jede Zelle unabhängig vom Eingang, über den sie ankommt, aufgrund des Routingkopf-Inhalts immer den richtigen Ausgang erreicht.

5.1 Grundstrukturen von ATM-Koppelnetzen

ATM-Koppelnetze sind mehrstufige Anordnungen, aufgebaut aus Grundelementen, die über Linkanordnungen miteinander vermascht werden. Die Realisierung der Koppellemente (Eingangsspeicher, Ausgangsspeicher, Zentralspeicher oder verteilte Speicher) ist von der Koppelnetzanordnung unabhängig. Die folgenden Bildern zeigen einige Grundformen von ATM-Koppelnetzen:

- Banyan-Netzwerk
Es existiert genau ein Weg von jedem Eingang zu jedem Ausgang. Interne Blockierungen sind dadurch möglich. Abhilfe kann die Reduzierung des Durchsatzes, eine interne Takterhöhung oder die Schaffung paralleler Ebenen sein.

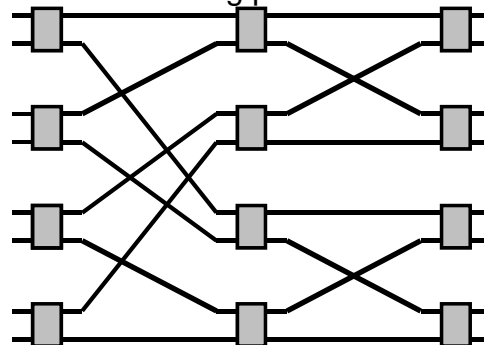


Bild 18 Banyan Netzwerk

- Benes-Netzwerk
Benes-Netzwerke sind im Vergleich zu Banyan-Netzwerken bedingt blockierungsfrei. Bis zur mittleren Stufe erfolgt eine freie Auswahl des Weges.

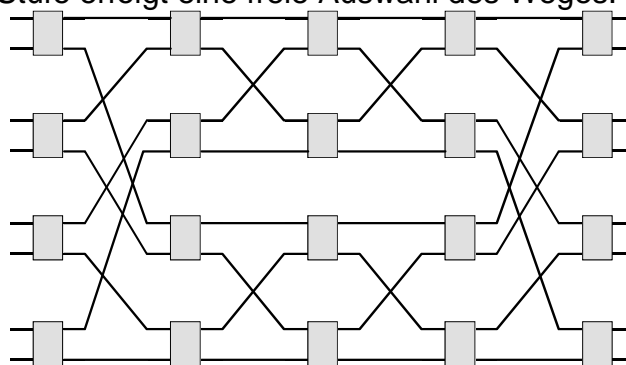


Bild 19 Benes Netzwerk

- Gefaltetes Netzwerk
Die Ein- und Ausgänge sind auf der gleichen Seite des Koppelnetzes angeschlossen. Die internen Zwischenleitungen arbeiten bidirektional. Der Weg bis zur Umkehrstufe ist frei wählbar.

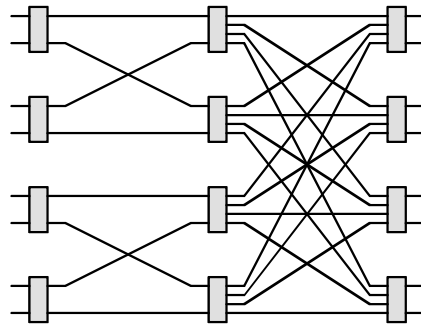


Bild 20 gefaltetes Netzwerk

5.1.1 Speicherkonzepte

Die Vermittlung von ATM-Zellen erfordert eine Zwischenspeicherung, die in unterschiedlichen Realisierungsformen an verschiedenen Stellen erfolgen kann:

Eingangsspeicher

Speichern der Zellen in einem FIFO (First in – First out) je Eingang, intern blockierungsfreie Matrix.

Nachteil: Behinderung wartender Zellen durch FIFO.

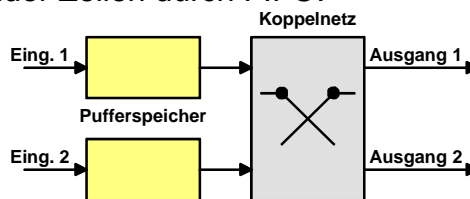


Bild 21 ATM Koppelnetz mit Eingangsspeicher

Ausgangsspeicher

Speichern der Zellen in einem FIFO je Ausgang. Speicher für nur eine Zelle je Eingang.

Nachteil: Geschwindigkeit der Matrix muss größer sein als die Geschwindigkeit der ankommenden Zellen.

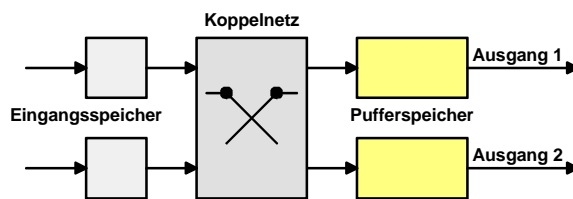


Bild 22 ATM Koppelnetz mit Ausgangsspeicher

Zentralspeicher

Speichern der Zellen in einem gemeinsamen Speicher, der kleiner als die Summe getrennter Speicher sein kann.

Nachteil: sehr hohe Geschwindigkeit des Speicherzugriffs, komplizierte Steuerung.

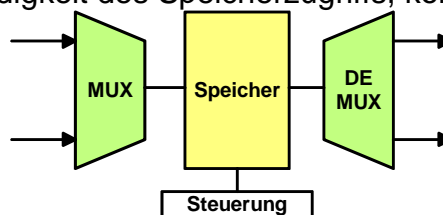


Bild 23 ATM Koppelnetz mit Zentralspeicher

Verteilte Speicher

Matrix aus Eingangs- und Ausgangsleitungen, wobei an den Schaltpunkten Speicher angeordnet sind, die das Multiplexen der Zellen auf die Ausgangsleitungen ermöglichen.

Nachteil: großer Speicherbedarf.

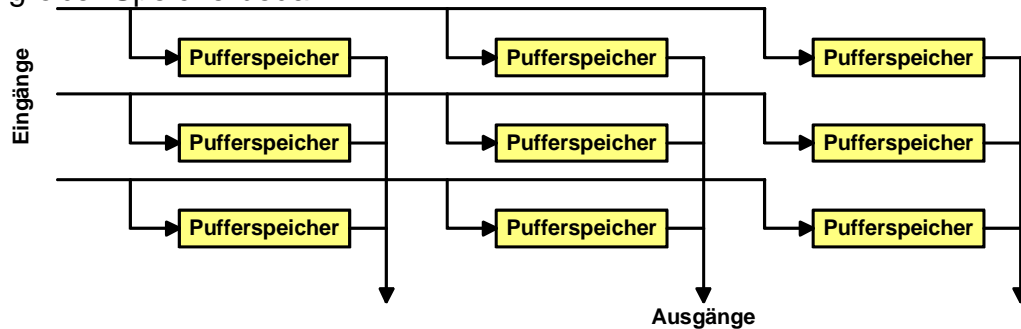


Bild 24 ATM Koppelnetz mit verteiltem Speicher

5.1.2 Blockierungswahrscheinlichkeit

Betrachtet man die verschiedenen Speicherkonzepte bei ATM-Koppelnetzen, so können aus theoretischen Berechnungen unterschiedliche Blockierungswahrscheinlichkeiten ermittelt werden.

Systeme mit Eingangsspeicher

(11) Bei Koppelnetzen mit Eingangsspeichern ist die Blockierungswahrscheinlichkeit am größten. Immer wenn in diesen Systemen mehrere Eingänge auf den gleichen Ausgang zugreifen wollen, muss dieser Zugriffskonflikt gelöst werden, damit eine Zelle nach der anderen zum Ausgang geleitet werden kann. Die Geschwindigkeit in Eingangsspeichersystemen ist relativ gering, da vom Koppelnetz immer nur eine Zelle von jedem Eingang transportiert werden kann. Die nicht transportierten Zellen müssen in den Eingangsspeichern warten, bis auch sie zum Ausgang geleitet werden. Kommt dieser Zugriffskonflikt häufig vor und wollen sehr viele Eingänge auf den gleichen Ausgang zugreifen, so können ein oder mehrere Eingangsspeicher „überlaufen“, d.h. es gehen Zellen verloren. Theoretische Betrachtungen zeigten, dass bei 16 Eingängen jeder Eingang nur mit 58% Last (58% Zellen, die Nutzverbindungen zugeordnet sind, und 42% Leerzellen, die nicht im Koppelnetz transportiert werden müssen) beaufschlagt werden kann.

Systeme mit Ausgangsspeicher

(12) Systeme mit Ausgangsspeicher zeigen ein ähnliches Verhalten. Wollen in diesen Systemen mehrere Eingänge auf den gleichen Ausgang zugreifen, werden die Ausgangsspeicher zunehmend gefüllt. Erfolgt die Füllung dieses Speichers schneller als die Leerung durch das entsprechende Abnehmersystem, so gehen auch in dieser Konfiguration Zellen verloren. Um frühzeitigen Zellenverlust zu vermeiden, muss innerhalb des Koppelnetzes eine höhere Geschwindigkeit verwendet werden als an den Ein- und Ausgängen. Bei Systemen mit 16 Eingängen kann jeder Eingang mit ca. 80% Last verarbeitet werden.

Systeme mit Zentralspeicher

(13) Bei entsprechender Auslegung des Speichers haben Zentralspeichersysteme eine erheblich geringere Blockierungswahrscheinlichkeit als die anderen Systeme. Mehrere Zugriffe von verschiedenen Eingängen auf den gleichen Ausgang werden vom Zentralspeicher auf-

genommen. Nur ein Überlaufen des Gesamtspeichers führt in Zentralspeichersystemen zu einem Zellenverlust. Diesem positiven Verhalten steht allerdings der erheblich höhere Aufwand für die Steuerung und die sehr hohe Zugriffsgeschwindigkeit auf den Speicher entgegen. Im Vergleich zu Systemen mit Ausgangsspeichern kann der Zentralspeicher bei gleicher verarbeitbarer Last kleiner sein als die Summe der Ausgangsspeicher dieser Systeme.

Systeme mit verteilten Speichern

(14) Systeme mit verteilten Speichern entsprechen im Prinzip Systemen mit Zentralspeicher. Die Blockierungswahrscheinlichkeit dieser Systeme hängt von der Auslegung der einzelnen Speicher ab, sie ist aber erheblich geringer als bei Systemen mit Eingangs- bzw. Ausgangsspeichern. Der Speicherbedarf ist bei Systemen mit verteilten Speichern etwas größer als bei Systemen mit Zentralspeicherung, da die Speicher den Ein- und Ausgängen zugeordnet sind und sich daher die Last nicht auf den Gesamtspeicher verteilt. Auch bei diesen Systemen ist wie bei Systemen mit Eingangsspeicher keine Geschwindigkeitserhöhung innerhalb des Koppelfeldes nötig. Ein erhöhter Aufwand ist allerdings beim gesteuerten Auslesen der verteilten Speicher erforderlich.

In einigen Strukturen von ATM-Koppelnetzen können Konfliktsituationen entstehen. Wie aus Bild 25 zu sehen ist, entsteht eine Konfliktsituation dann, wenn z. B. zwei Zellen an verschiedenen Eingangsleitungen gleichzeitig eintreffen und für die gleiche Ausgangsleitung in einem Koppелеlement bestimmt sind. Ist der Speicherplatz dabei im entsprechenden Koppелеlement voll belegt, so können einige Zellen verloren gehen. Die Eigenschaften (z. B. Interne Zellenblockierung, Selbst-Routing) eines ATM-Koppelnetzes sind von der Art der Vernetzung von einzelnen Koppелеlementen abhängig.

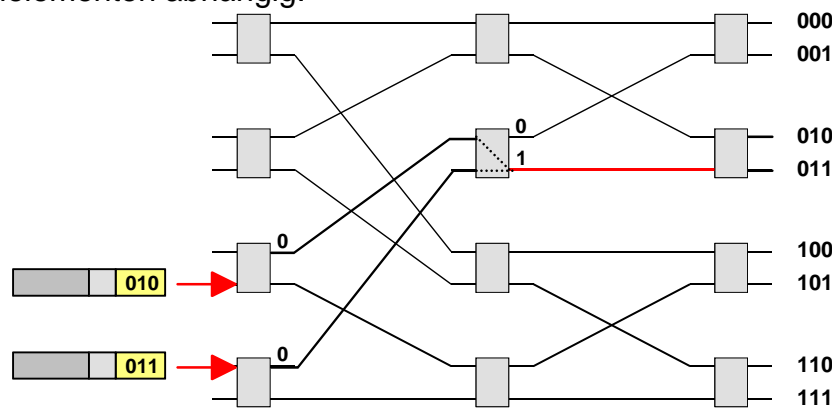


Bild 25 Konfliktsituationen in ATM-Koppelnetzen

Um Konfliktsituationen zu entschärfen, können parallele Koppelnetze (sog. Multi Plane Networks) verwendet werden. In parallelen Koppelnetzen können mehrere Pfade zwischen Ein- und Ausgängen bereitgestellt werden. Stehen beim ATM-Verbindungsaufbau in einem parallelen Koppelnetz einige Ressourcen in einem Koppelnetz nicht mehr zur Verfügung, kann der Pfad gegebenenfalls durch ein alternatives Koppelnetz geführt werden.

Zellenbearbeitung am Koppelnetzeingang

Am Eingang einer ATM-Vermittlungsstelle werden die Kopffelder der eintreffenden Zellen bearbeitet. Der Zellenkopf wird durch die Ermittlung der Prüfsequenz auf seine Fehlerfreiheit überprüft, Leerzellen werden entfernt. Zellen mit fehlerhaften Kopffeldern, die nicht mehr korrigierbar sind, werden verworfen, d.h. sie gehen verloren. Die verbleibenden Zellen werden entsprechend der vorher ausgetauschten Signalisierungsinformation durchgeschaltet.

Die VCI- und VPI-Werte identifizieren die Zellen, die zu einer Verbindung gehören. Für jede Verbindung wurde während des Verbindungsaufbaus das entsprechende Ziel ermittelt und in einer Verbindungstabelle festgehalten. In der Tabelle sind der zu erreichende Ausgang und

die VPI- und VCI -Werte der Ausgangsleitung enthalten. Bei der Steuerfeldbearbeitung werden für jede Zelle der VCI und ggf. der VPI umgewertet und bei selbst steuernden Koppelnetzen die internen Steuerinformationen vorangestellt. Die neuen VCI- und ggf. VPI-Werte entsprechen dabei schon den erforderlichen Werten der Ausgangsleitung und werden am Ausgang der Vermittlungsstelle nicht mehr verändert.

Der größte Steuerungsaufwand ist, wie man erkennen kann, am Eingang einer ATM-Vermittlungsstelle erforderlich. Hier erfolgt, zusammen mit dem Koppelnetz, der eigentliche Vermittlungsvorgang für die ATM-Zellen. Er ist dabei gekennzeichnet durch die Umwertung der VP- und VC-Identifizierungen (VCI + VPI) und den Transport der Zellen zum Ausgangssystem.

5.2 Wegedurchschaltung mit voreingestellten Wegen

(15) Die Wegedurchschaltung mit voreingestellten Wegen arbeitet auch innerhalb des Koppelnetzes verbindungsorientiert, d.h. der Weg durch das Koppelnetz wird je Verbindung in Verbindungstabellen markiert. Jede Zelle dieser Verbindung nimmt dann den gleichen Weg durch das Koppelnetz. In den Verbindungstabellen der Koppellemente sind die VPI- und VCI-Werte einer Verbindung einem Koppellementausgang zugeordnet. Bei jeder Zelle einer Verbindung werden die VPI- und VCI-Werte gelesen und die Zelle, entsprechend der beim Verbindungsaufbau angelegten Tabelle, mit neuen Zellenköpfen versehen und zu dem geforderten Ausgang geleitet.

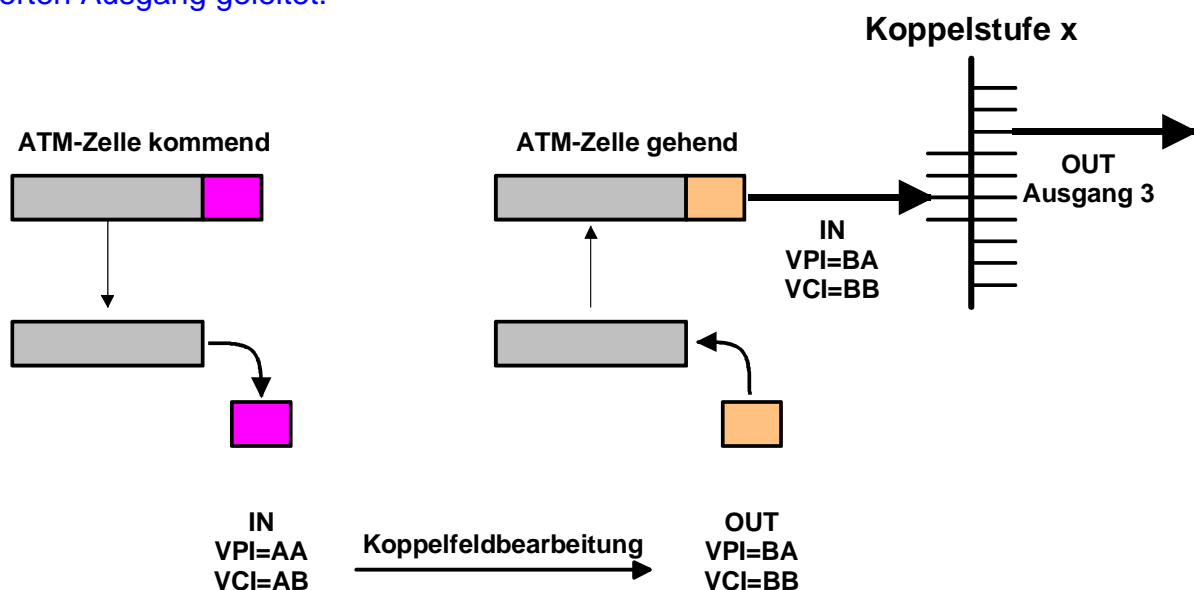


Bild 26 Koppelfeldsteuerung durch Interpretation des Kopffeldes

Die Wegedurchschaltung kann auch mit einem Selbststerverfahren gekoppelt werden, bei dem die erforderlichen Koppelstufenausgänge je Stufe jeder Zelle in einem zusätzlichen Kopffeld hinzugefügt werden. Die Koppellemente selbst benötigen in diesem Fall keine eigenen Verbindungstabellen. Jedes Koppellement entnimmt die erforderlichen Einstellinformationen dem zusätzlichen Zellenkopf.

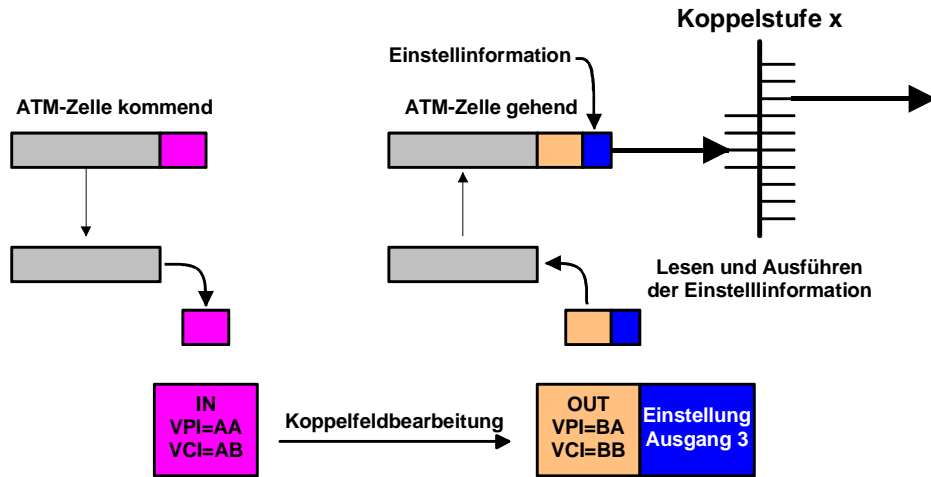


Bild 27 Koppelstufensteuerung durch vorangestellte Einstellinformationen

5.2.1 Beispiel eines selbst steuernden Koppelfeldes

Da die ATM-Zellen mit einer sehr hohen Übermittlungsgeschwindigkeit durch ein ATM-Koppelnetz geleitet werden, sind Koppelnetze, bei denen jede Zelle selbstständig zum Ziel gelangt, einfacher zu realisieren als zentral gesteuerte Koppelnetze. Die Selbststeuerung der Koppelnetze wird dadurch erreicht, dass jeder Zelle die Einstellinformationen bis zum Koppelnetz-Ausgang angefügt werden. Diese Einstellinformationen werden dann in den Koppel-elementen jeder Stufe ausgewertet und die Zelle auf den entsprechenden Ausgang gegeben. Die Geschwindigkeit innerhalb des Koppelnetzes muss dabei höher sein als die Geschwindigkeit am Eingang des Koppelnetzes, da die Zellen durch die angefügten Einstellinformationen länger werden. Im folgenden Bild ist ein Teil eines Banyan-Kopplfeldes mit vereinfachter Selbststeuerung dargestellt, bei dem jeder Zelle eine Einstellinformation von vier Bit angefügt wird. Jedes Bit steht dabei für die Steuerung der Zelle auf einen bestimmten Ausgang je Koppelstufe. Die Position des Bits entspricht der Koppelstufe und die Wertigkeit des Bits (1 oder 0) dem gewünschten Ausgang dieser Stufe. In diesem einfachen Beispiel hat jede Koppelstufe nur zwei mögliche Ausgänge, das Verfahren ist aber hierauf nicht beschränkt. Je Koppelstufe könnten auch mehrere Bit zur Ermittlung des Ausgangs verwendet werden.

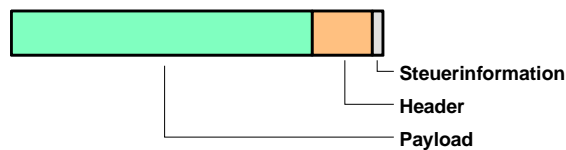


Bild 28 Koppelstufensteuerung durch vorangestellte Einstellinformationen

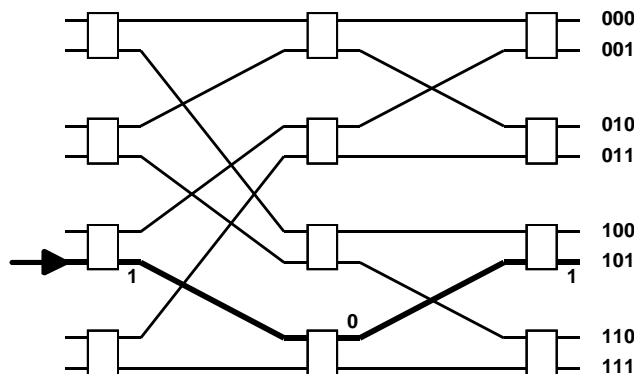


Bild 29 Prinzip des selbst steuernden Koppelnetzes

Zu Blockierungen kommt es in diesem Koppelnetz, wenn von zwei unterschiedlichen Eingängen Zellen zum selben Ausgang gesendet werden. Sind hierfür keine Vorkehrungen im Koppelnetz getroffen, gehen Zellen verloren.

5.3 Wegedurchschaltung ohne Wegevoreinstellung

(16) Bei diesem Verfahren (verbindungslose Vermittlungsverfahren innerhalb der ATM-Vermittlungsstelle) wird einer Zelle kein bestimmter Weg durch das Koppelnetz vorgeschrieben. Jeder zu vermittelnden Zelle wird eine Adresse des entsprechenden Ausgangs, den die Zelle erreichen soll, angeheftet. Jede Zelle einer Verbindung kann so ganz unterschiedliche Wege durch das Koppelnetz nehmen und dadurch auch ganz unterschiedliche Laufzeiten durch das Koppelnetz benötigen. Im Extremfall kann es sogar zu Zellenüberholungen kommen. Da das ATM-Übermittlungsverfahren im Prinzip verbindungsorientiert ist, müssen die Zellen einer Verbindung am Ausgang wieder in die richtige Reihenfolge gebracht werden, bevor sie weitergeleitet werden.

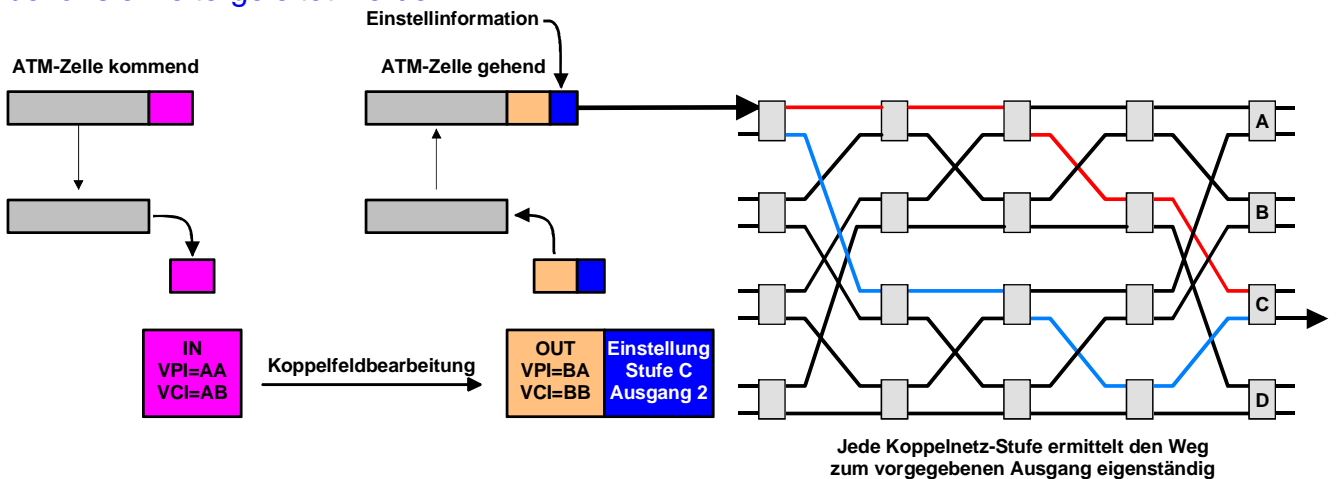


Bild 30 Eigenständige Wegermittlung durch das Koppelnetz

6 Verkehrsmanagement

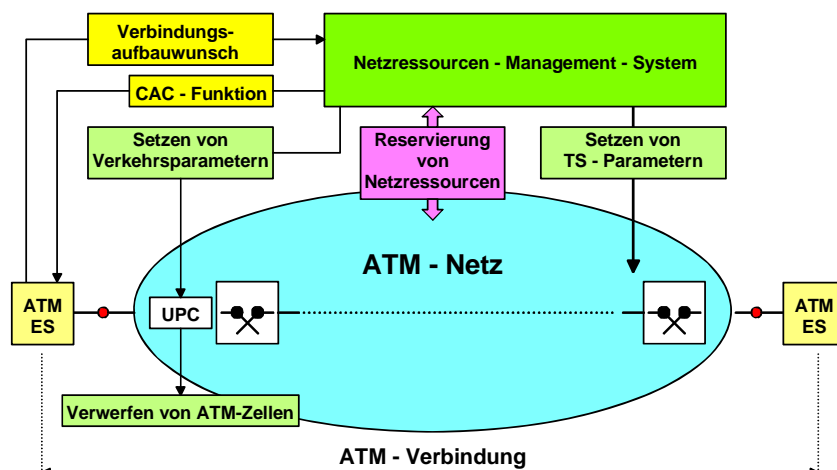


Bild 31 Funktionen des Verkehrsmanagements

(17) Ziele des ATM-Verkehrsmanagement-Konzeptes sind:

- Zulassung neuer Verbindungen - Verkehrsvertrag,
- Überwachung der Verkehrsparameter bestehender Verbindungen,
- Qualitätsüberwachung bestehender Verbindungen.

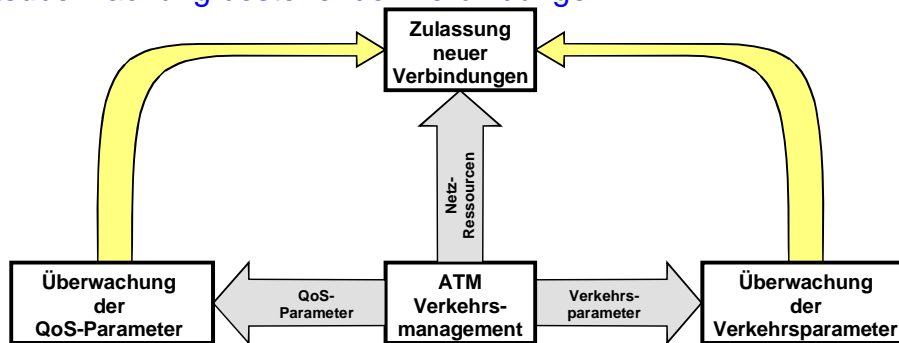


Bild 32 Ziele des Verkehrsmanagements in ATM-Netzen

6.1 Dienstgüte-Parameter - Quality of Service - Parameter

(18) Quality of Service oder Dienstgüte-Parameter definieren die Ende-zu-Ende-Qualität eines Dienstes (einer Verbindung). Sie werden an bestimmten Referenzpunkten eines Netzes gemessen.

Vergleicht man die Qualitätseinflüsse bei ATM mit jenen in herkömmlichen Telekommunikationssystemen, so gibt es drei neue Einflussfaktoren:

- Zellenverlust
- Zellen-Fehleinfügung
- Schwankung der Zellenverzögerung.

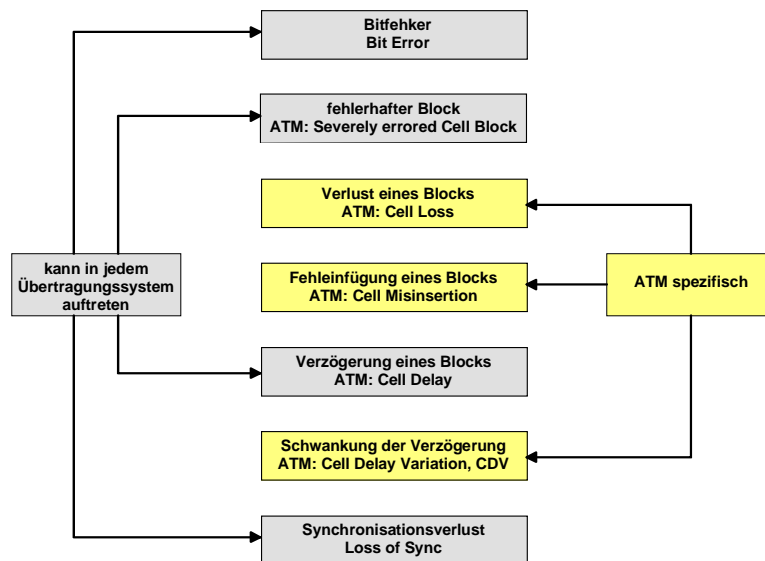


Bild 33 ATM-Qualitätseinflüsse

Weiters beurteilt die Qualitätsüberwachung („Quality of Service“, QoS-Parameter) u.a. folgende Kriterien:

- Fehler während der Zellenübertragung, es können sowohl Zellenkopf als auch Zelleninhalt fehlerhaft sein.

- Transferzeit von Zellen
Zellen die nach T_{max} nicht eintreffen werden als verlorene Zellen gewertet.
- Verlust von Zellen durch fehlerhaftes Einfügen
durch Verdoppelung, durch Verfälschung des Zellenkopfes

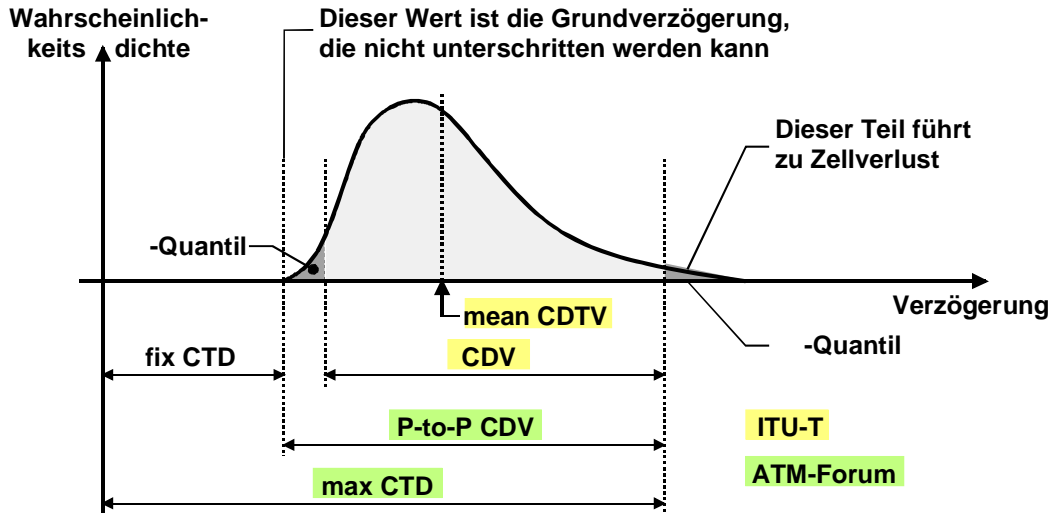


Bild 34 Dienstgüte-Parameter

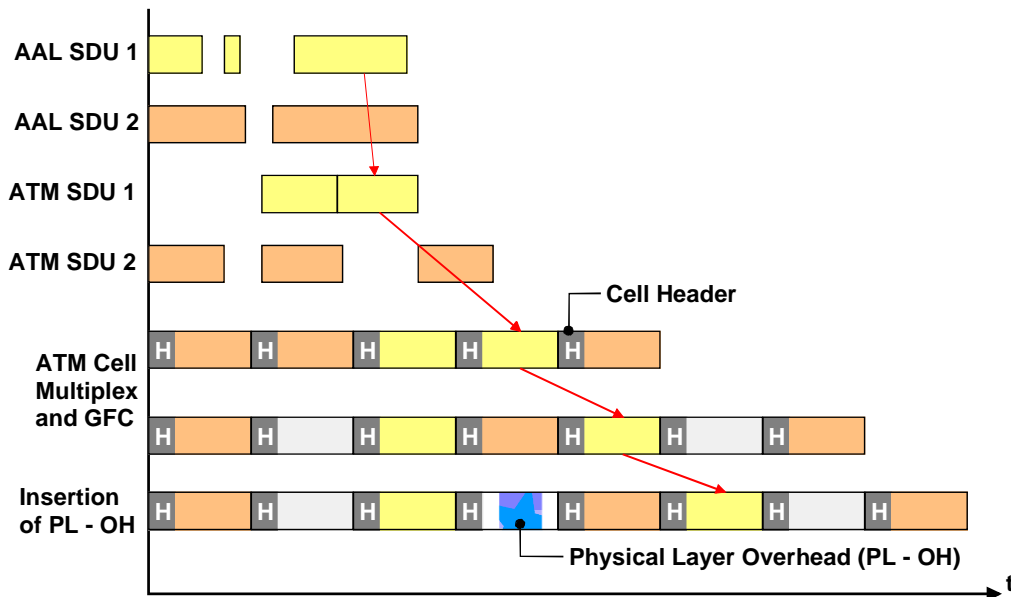


Bild 35 Grund für Cell Delay Variation

Bei der Definition der Qualitätsparameter bestehen zwischen ITU-T und ATM-Forum leider kleine Unterschiede.

- Zellenverzögerung, definiert als
 - mittlere Zellenverzögerung (mean Cell Transfer Delay — meanCTD) bei ITU-T, oder
 - maximale Zellenverzögerung (maximum Cell Transfer Delay —maxCTD) beim ATM-Forum.
- Schwankung der Zellenverzögerung, definiert als
 - Schwankungsbreite der Zellenverzögerung (Cell Delay Variation —CDV) die Differenz zwischen dem oberen und dem unteren a-Quantil der CTD-Verteilung, oder

- Spitze-zu-Spitze-Wert der Zellenverzögerungs-Schwankung (Peak-to-Peak Cell Delay Variation — P-to-P CDV)
die Differenz aus maxCDT und dem festen, nicht weiter reduzierbaren, Anteil der CDT (fixCDT).
- Zellenverzögerungs-Schwankung (Cell Delay Variation Tolerance — CDVT)
definiert eine Obergrenze für die Zellenverzögerungs-Schwankung.

Es gibt noch eine Reihe weiterer Qualitätsparameter, die allerdings in der Verkehrssteuerung nicht berücksichtigt werden. Sie sind im Betrieb auch sehr schwer messbar, selbst die OAM-Funktion „Performane Monitoring“ liefert allenfalls Anhaltspunkte, keine wirklichen Messwerte. Die einzige exakte Messung kann nur eine Testverbindung bringen. Es sind:

- Zellen-Fehlerverhältnis (Cell Error Ratio — CER)
definiert als das Verhältnis fehlerhafter Zellen zur Gesamtzahl der übertragenen Zellen.
 - Die stark gestörten Blöcke (Severely Errored Cell Block Ratio — SECBR)
definiert als das Verhältnis der Anzahl stark gestörter Blöcke zur Gesamtzahl der übertragenen Blöcke. Dabei wird die Größe N eines Blocks aus der Spitzen-Zellenrate (PCR) bestimmt, die Maßzahl, ab wann ein Block als „stark gestört“ gewertet wird, ist die Anzahl gestörter -en M im Block:
 - Anzahl der Zellen in einem Block: $N = \text{PCR} / 25$, aufgerundet auf die nächste Zweier-Potenz und
 - Maßzahl für gestörten Block $M = N / 32$.
- Zellen-Fehleinfügerate (Cell Misinsertion Rate — CMR)
dabei geht es um Zellen, die fehlerhaft in einen Zellenstrom eingefügt werden. Die CMR ist definiert als die Anzahl fehlerhaft eingefügter Zellen pro Zeiteinheit. Als ein Verursacher gilt die fehlerhafte Korrektur eines Zellenkopfes. Zellen-Fehleinfügungen kann das Netz nicht feststellen.

Fehler und Verlust bezogene QoS - Parameter

$$\text{CLR} = \text{Zellenverlusthäufigkeit} = \frac{\text{Anzahl verlorener Zellen}}{\text{Anzahl übertragener Zellen}}$$

$$\text{CER} = \text{Zellenfehlerhäufigkeit} = \frac{\text{Anzahl fehlerhaft übertragener Zellen}}{\text{Anzahl übertragener Zellen}}$$

$$\text{CMR} = \text{Zellenfalscheinfügungsrate} = \frac{\text{Anzahl fehlerhaft eingefügter Zellen}}{\text{Anzahl übertragener Zellen}}$$

$$\text{SECBR} = \text{Zellenblockfehlerhäufigkeit} = \frac{\text{Anzahl fehlerhaft übertragener Zellenblöcke}}{\text{Anzahl übertragener Zellenblöcke}}$$

Bild 36 Fehler und Verlust bezogene QoS – Parameter

(19)

- Zellen-Verlusthäufigkeit - **CLR**
Mit diesem Parameter kann die Häufigkeit fehlerhafter Situationen abgeschätzt werden, in denen ATM-Zellen als verloren zu betrachten sind. Hierzu gehören die Situationen b) und c) in Bild 35. Die Aussage über die Häufigkeit der Situation d) bzw. e) in diesem Bild kann entsprechend mit Hilfe des Parameters CER bzw. CMR gemacht werden.
- Zellen-Fehlerverhältnis (Cell Error Ratio — **CER**)
definiert als das Verhältnis fehlerhafter Zellen zur Gesamtzahl der übertragenen Zellen.
Zellen-Fehleinfügerate (Cell Misinsertion Rate — **CMR**)
dabei geht es um Zellen, die fehlerhaft in einen Zellenstrom eingefügt werden. Die

CMR ist definiert als die Anzahl fehlerhaft eingefügter Zellen pro Zeiteinheit. Als ein Verursacher gilt die fehlerhafte Korrektur eines Zellenkopfes. Zellen-Fehleinfügungen kann das Netz nicht feststellen. Zellenblockfehlerhäufigkeit – **SECBR**

Mit diesem Parameter wird die Qualität der Übertragung der aus einer festgelegten Anzahl von Zellen bestehenden Zellenblöcke überwacht. Die Übertragung der paketierten Videoinformation stellt ein Beispiel für eine blockweise Zellenübertragung dar. In diesem Fall wird eine festgelegte Anzahl von Bildschirmseiten in jeder Sekunde übertragen und jede Bildschirmseite bildet einen Block von zusammenhängenden Zellen. Ein Maß für die Qualität der Videoübertragung kann die Anzahl von verfälschten Bildschirmseiten innerhalb einer festgelegten Zeitperiode sein. Ein solches Maß ist der Parameter SECBR.

6.2 Verkehrs-Parameter – Traffic Parameter

(20) Neben den Qualitäts-Parametern beschreiben verschiedene Verkehrs-Parameter den ATM-Verkehrsstrom, 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.
- Vertretbare bzw. durchsetzbare Zellenrate (Sustainable Cell Rate — SCR)
Sie spezifiziert die variable Zellenrate, 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.

Zur Vermeidung von Netzüberlastung (Verkehrsengepässen) bei Überschreiten der vereinbarten Transportkapazität erfolgt eine Überwachung der Verkehrsparameter mit den folgend angeführten Aktivitäten:

- sofortiges Verwerfen der die Kapazität überschreitenden Zellen
- Zellen erst bei Netzüberlast verwerfen - mit geringer Priorität markieren

6.3 ATM Dienstklassen und Transfer Capabilities

Es gibt zwei wichtige Klassen von QoS-Anforderungen (Quality of Service), die an ATM-Netze durch verschiedene TK-Dienste gestellt werden. Diese Anforderungen werden vor allem an Zellenverzögerungen und an Zellenverletzungen und -verluste gestellt. Es handelt sich hierbei um:

- Übertragungszuverlässigkeit und Akzeptiertes Übertragungszeitverhalten. Unter der Übertragungszuverlässigkeit ist die Garantie für die Übertragung eines Bitstroms ohne Bitfehler und ohne Zellenverluste zu verstehen. Die Übertragungszuverlässigkeit hat für verschiedene Anwendungen unterschiedliche Bedeutung. Beispielsweise sind die Anforderungen bezüglich der Zuverlässigkeit für Videoübertragung geringer als für Datenübertragung. Bei der Übertragung von bewegten Bildern ist sogar ein verloren gegangenes Bild (mehrere ATM-Nutzzellen) erträglich, da es innerhalb von Sekundenbruchteilen durch das Folgebild ersetzt wird. Im Gegensatz dazu muss beim Datentransfer die Fehlerfreiheit von allen Bits garantiert werden. Damit kann die niedrigere Priorität vorzugsweise den „Bild“-Zellen zugeordnet werden. Der Zellenverlust in einem Netz ist unter anderem von den eingesetzten Mechanismen für die Verkehrs- und Überlastkontrolle abhängig. Das Übertragungszeitverhalten ist von der Zellenverzögerung im Netz abhängig und spiegelt die Zeitverhältnisse (Zeitabstände) zwischen den einzelnen ATM-Nutzzellen bei der Übertragung eines Bitstroms ab. Bei der Zellenverzögerung unterscheidet man zwei Parameter: die Ende-zu-Ende Verzögerung (Laufzeit) und Verzögerungsschwankungen (Laufzeitschwankungen, Jitter). Hinsichtlich des Übertragungszeitverhaltens kann die Übertragung sein:

- asynchron
es bestehen keine Einschränkungen für das Verhalten bezüglich der Übertragungszeit von ATM-Nutzzellen. Die Zellenverzögerungen und -verzögerungsschwankungen können beliebig groß sein. Die Datenkommunikation in LANs und X.25-Netzen ist ein gutes Beispiel für diese Verkehrsart.
- Synchron
es werden nur minimale Verzögerungsschwankungen von Nutzzellen aus einem Bitstrom am Ziel zugelassen.
- Isochron
die Zeitabstände zwischen den aufeinander folgenden Nutzzellen aus einem Bitstrom auf Sende- und Empfangsseite müssen identisch sein. Um dies zu erreichen, muss in allen Niveaus von der Anwendung bis zum physikalischen Niveau sowohl eine garantierte Bitrate als auch eine konstante Verzögerung über das ganze Netz gewährleistet werden.

6.4 Funktionen der Verkehrssteuerung

Für Fälle in denen sich der Teilnehmer nicht an die Spielregeln (Verkehrsvertrag) hält und die im Verbindungsaufbau festgelegten Parameter überschreitet ist eine Reihe von Maßnahmen vorgesehen deren jeweilige Reaktionszeit von Nanosekunden (Behandlung einzelner Zellen) bis zu Jahren (langfristige Netzplanung) reicht. Die wichtigsten Verfahren sind folgende:

- Connection Admission Control (CAC),
- Usage Parameter Control (UPC),
- Network Parameter Control (NPC),
- Network Resource Management (NRM),
- ATM Resource Management (RM),
- Priority Control + Selective Cell Discard (Tagging),
- Frame Discard,
- Traffic Shaping,
- Flusskontrolle, Explicit Forward Congestion Indication.

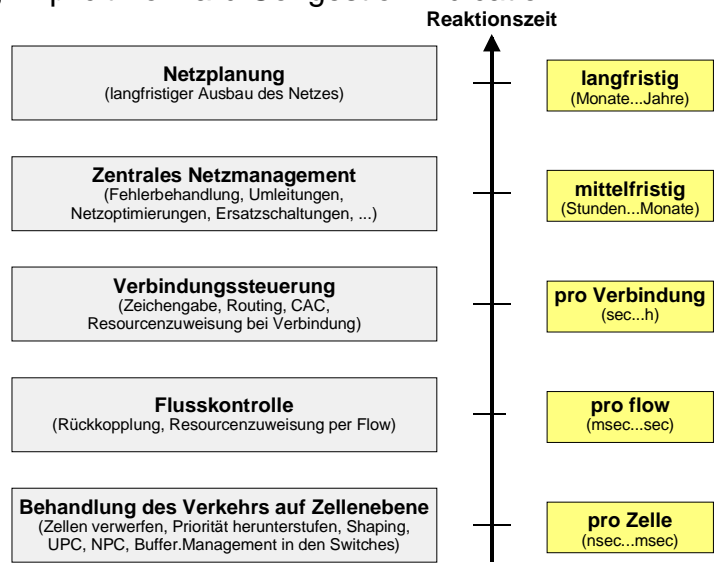


Bild 37 Funktionen der Verkehrssteuerung

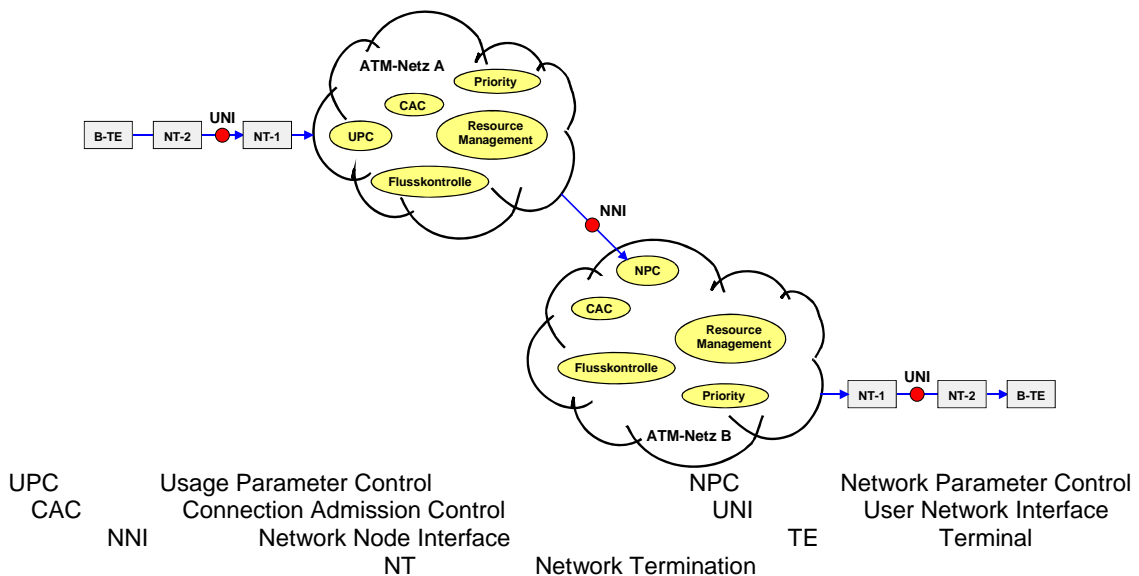


Bild 38 Lage der Verkehrssteuerung

Das obige Bild veranschaulicht die wichtigsten Funktionen, die für die Verkehrssteuerung in ATM-Netzen notwendig sind.

6.4.1 Connection Admission Control (CAC)

(21) Diese prüft, ob eine Verbindung angenommen werden kann. Diese Funktion arbeitet also auf der Verbindungsebene. Ihre Information erhält sie einerseits über die Zeichengabe, mit welcher der Teilnehmer seine Wünsche anmeldet, andererseits aus dem Netz, das ihr auf Anfrage die verfügbaren Ressourcen nennt.

Kann ein Wunsch des Teilnehmers nicht akzeptiert werden, da die notwendigen Ressourcen im Netz nicht verfügbar sind, so wird im Normalfall der Wunsch (der „Anruf“) abgewiesen. ATM bietet im Prinzip aber darüber hinaus auch die Möglichkeit einer echten Verhandlung, in der das Netz dem Teilnehmer ein „Alternativangebot“ macht, auf das er, wenn seine Anforderungen es zulassen, einsteigen und mit geringerer Leistung (z. B. eine kleinere Bitrate) seinen Verkehr abwickeln kann.

6.4.2 Usage Parameter Control (UPC), Network Parameter Control (NPC)

Die Überwachung, ob die im Verkehrsvertrag ausgehandelten Verkehrsparameter bei der Informationsübermittlung über eine Verbindung eingehalten werden, hat das Ziel eine Netz-Überlastung zu vermeiden, welche u.a. als Folge der fehlenden Flusskontrolle in ATM-Netzen entstehen kann.

Für die Überwachung des angebotenen Verkehrs wird die Usage Parameter Control (UPC) bzw. Network Parameter Control (NPC) eingesetzt.

Diese beiden Funktionen sind während der Verbindung aktiv und überwachen den angebotenen Verkehr. Dabei gilt:

- Usage Parameter Control (UPC) überwacht, ob der Teilnehmer seine angemeldeten Parameter einhält. UPC muss im Netz so nahe wie möglich am Teilnehmer sitzen. Network Parameter Control (NPC) ist die gleiche Funktion wie UPC, aber nicht zum User sondern zwischen Netzen¹.

(22) Klassische Verfahren sind:

- Tagging Virtual Scheduling Algorithmus Leaky Bucket Traffic Shaping

so wie: Fixed Interval: Innerhalb einer Zeit T werden nur N Zellen akzeptiert, wobei T feste Zeitschlitze sind Call Gapping: Nach einer Zellenankunft muss eine Zeit T vergehen, bevor wieder eine Zelle akzeptiert wird. Exponentially Weighed Moving Average (EWMA): Wie Fixed Interval, misst aber die Zellenrate im Interval T und adaptiert die zulässige Rate in T+1 Moving Window Jumping Window, wie Fixed Interval, aber mit veränderlichen Messzeiten Sliding Window Credit Counter: Wie Leaky Bucket, aber mit vorher definiertem Startwert N und umgekehrter Zählung. Keine Akzeptanz von Zellen bei Zählerstand null.

Virtual Scheduling Algorithmus

¹ Auch zwischen Netzknoten unterschiedlicher Hersteller kann NPC eingesetzt werden, um unterschiedliche Implementierungen der Verkehrssteuerung zu entkoppeln.

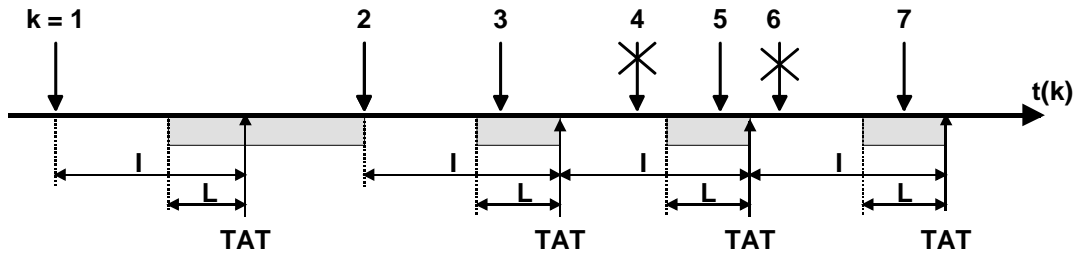
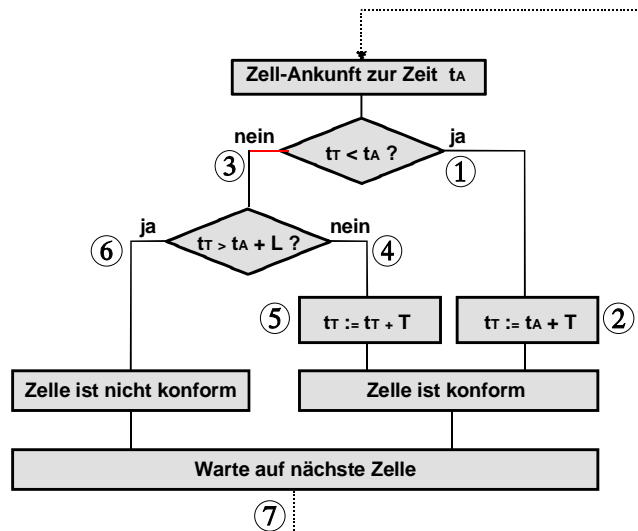


Bild 39 Überwachung der Zellenankunftszeiten

Der Virtual Scheduling Algorithm ist eine „zeitorientierte“ GCRA-Version² und reguliert den Zellenverkehrsstrom durch die Überwachung der Zeitabstände zwischen benachbarten Zellen.

(23) Um in einem Verkehrsstrom von Zellen alle nicht verkehrsvertragkonformen Zellen herauszusuchen zu können, werden die Zeitpunkte TAT (Theoretical Arrival Time) errechnet, zu denen die vertragskonformen Zellen (theoretisch) zu erwarten sind. Die Zellen, die später als „theoretisch“ erwartet ankommen, sind vertragskonform. Es wird auch eine bestimmte Unregelmäßigkeit im Zellenstrom zugelassen, so dass die Zellen, die nur maximal um die Zeit L früher als theoretisch erwartet ankommen, auch vertragskonform sind. Kommt eine Zelle früher als TAT-L, so ist sie nicht vertragskonform. Die nicht vertragskonformen Zellen werden oft direkt verworfen. Auf diese Art und Weise kann die Rate der ins Netz gesendeten Zellen reduziert werden.



t_A = wirkliche Ankunftszeit t_T = theoretische Ankunftszeit
 L = Grenzwert T = theoretischer Zellenabstand

Bild 40 Virtual Scheduling Algorithmus

Unter der Annahme, dass nur die Spitzenbitrate überwacht wird und eine Zelle zurzeit t_A ankommt, ergibt sich, entsprechend obigem Bild, folgender Ablauf

1. In einer ersten Prüfung wird festgestellt, ob die Zelle später ankommt als ihre theoretische (erwartete, bzw. berechnete) Ankunftszeit t_T . Ist dies der Fall, ist sie auf jeden Fall „konform“.
2. Die theoretische Ankunftszeit für die nächste Zelle wird auf einen Wert gesetzt, der der aktuellen Ankunftszeit dieser Zelle, erhöht um den theoretischen Zellenabstand, entspricht.
3. Kommt die Zelle früher an als theoretisch erwartet, so ist zu prüfen, ob dies in einer vorgegebenen Schranke (L) bleibt.
4. Ist das der Fall, dann wird die Zelle ebenfalls als konform gewertet.

² Generic Cell Rate Algorithmus

5. Die theoretische Ankunftszeit für die nächste Zelle wird auf einen Wert gesetzt, welcher der theoretischen Ankunftszeit dieser Zelle, erhöht um den theoretischen Zellenabstand, entspricht. (Also nicht bezogen auf die tatsächliche Ankunftszeit.)
6. Kommt die Zelle absolut zu früh (also auch früher als die Toleranzzeit L zulässt), so ist sie nicht konform. Dann werden weitere Aktionen veranlasst wie das Verwerfen der Zelle oder Herabstufen in der Priorität.
7. Danach wird auf die nächste Zelle gewartet.

Leaky Bucket

(24) Der Behälter (Bucket) stellt im Prinzip einen Zwischenspeicher mit einem Zähler dar, mit dessen Hilfe der Bucket-Zustand X überwacht wird. Der zulässige Höchststandwert ist auf L begrenzt. Mit dem Eintreffen jeder Zelle wird der Zustandswert X um eine Inkrement-Variable 1 erhöht, falls der Behälter danach nicht überfüllt wäre (d. h. falls nicht $X+1>L$). Solange der Behälter nicht leer ist (d. h. $X > 0$), wird er periodisch, wobei die Periode sich auf die Zellen-dauer erstreckt, um eine Einheit dekrementiert. Falls bei der Ankunft einer Zelle der Zustand X nach dessen Erhöhung um die Inkrement-Variable 1 den Wert L übersteigen würde (d. h. $X+1>L$), wird diese Zelle als nicht-konform bezeichnet. Wie die nicht-konformen Zellen behandelt werden sollen, ist vom Anwendungsfall abhängig. Die nicht-konformen Zellen niedriger Priorität ($CLP= 1$) werden oft verworfen. Stattdessen können die nicht-konformen Zellen hoher Priorität ($CLP=0$) zuerst im Netz als Zellen niedriger Priorität markiert und erst dann übertragen werden.

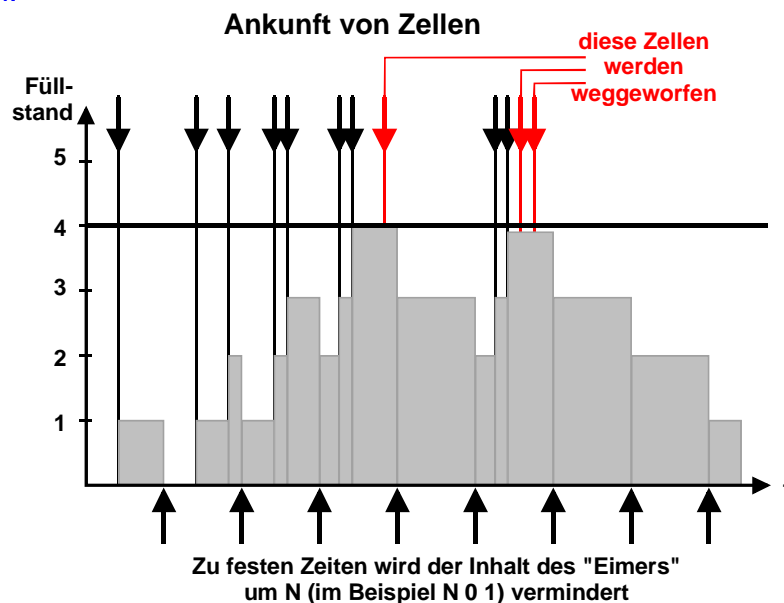


Bild 41 Leaky Bucket

Traffic Shaping

(25a) 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. Eine von den wichtigsten TF-Funktionen ist der Ausgleich von Schwankungen der Zellentransferzeit (CDV, Zellen-Jitter) innerhalb einer ATM-Verbindung am Netzausgang. Bild 41 illustriert die Bedeutung der TS-Funktion am Ausgang eines ATM-Netzes bei der Übermittlung der zeitkritischen Information (z. B. Sprache, Video).

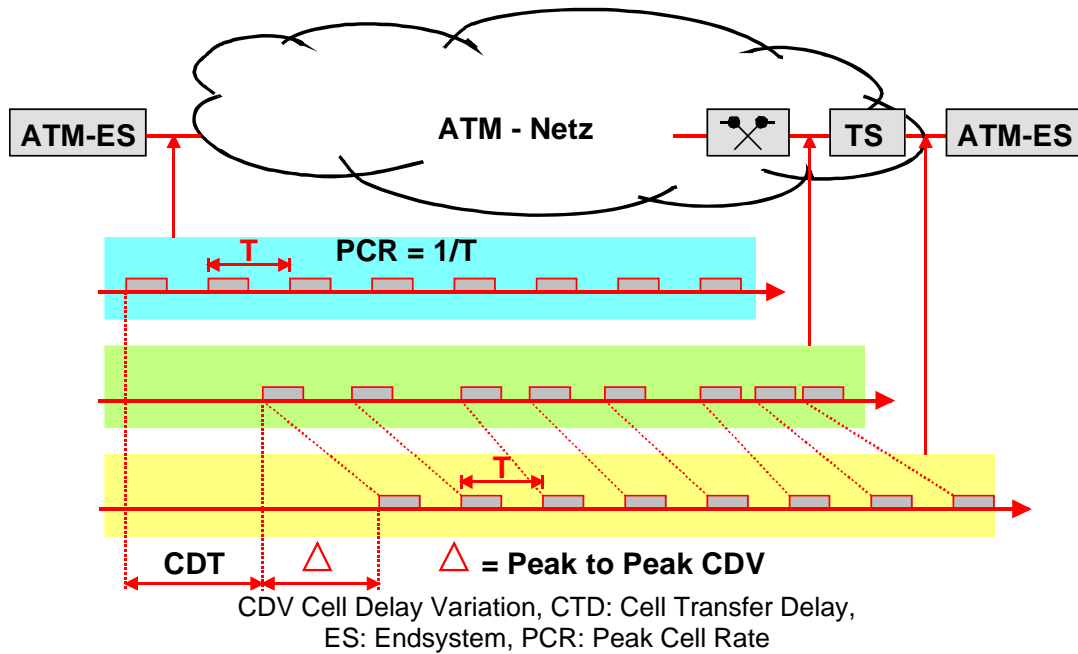


Bild 42 Traffic Shaping am Netzausgang

(25b) In diesem Beispiel besteht die TS-Funktion darin, die Zellen in gleichen Zeitabständen T an das Ziel-Endsystem auszuliefern. Ein Mechanismus für die Kompensation von Schwankungen der Zellentransferzeit kann mit Hilfe eines Puffers im TS-Modul realisiert werden. Die Puffergröße sollte garantieren, dass der maximal größte CDV-Wert korrigiert werden kann. Wie aus dem Beispiel ersichtlich, kann dies durch eine zusätzliche Zellenverzögerung erreicht werden. Verzögert man im TS-Modul jede Zelle um die maximale Schwankung der Zellentransferzeit, d. h. um den Wert des Parameters Peak-zu-Peak CDV (vgl. Bild 5.6-8), so können die Zellen in den gewünschten und gleichen Zeitabständen T an das Ziel-Endsystem übermittelt werden.

Tagging

(26) Im Normalfall wird die UPC-Funktion Zellen, die nicht dem Vertrag entsprechen, verwerfen. Hat das Netz aber noch genügend Kapazität, dann kann u.U. die Zelle passieren, aber sie muss markiert werden, damit bei Überlast an einer anderen Stelle im Netz diese Zelle dann bevorzugt verworfen wird. Den Vorgang des Markierens nennt man „Tagging“. Bild 42 zeigt den Ablauf der UPC/NPC-Funktion mit und ohne Tagging.

Da der zulässige Gesamtverkehr in der Regel höher ist als der zulässige Verkehr von Zellen hoher Priorität, besteht eine Chance, diesen Überlaufverkehr trotzdem durchs Netz zu bekommen.

Natürlich wird ein nachfolgender Knoten, wenn er in Überlast gerät, die Zellen mit niedrigerer Priorität bevorzugt verwerfen.

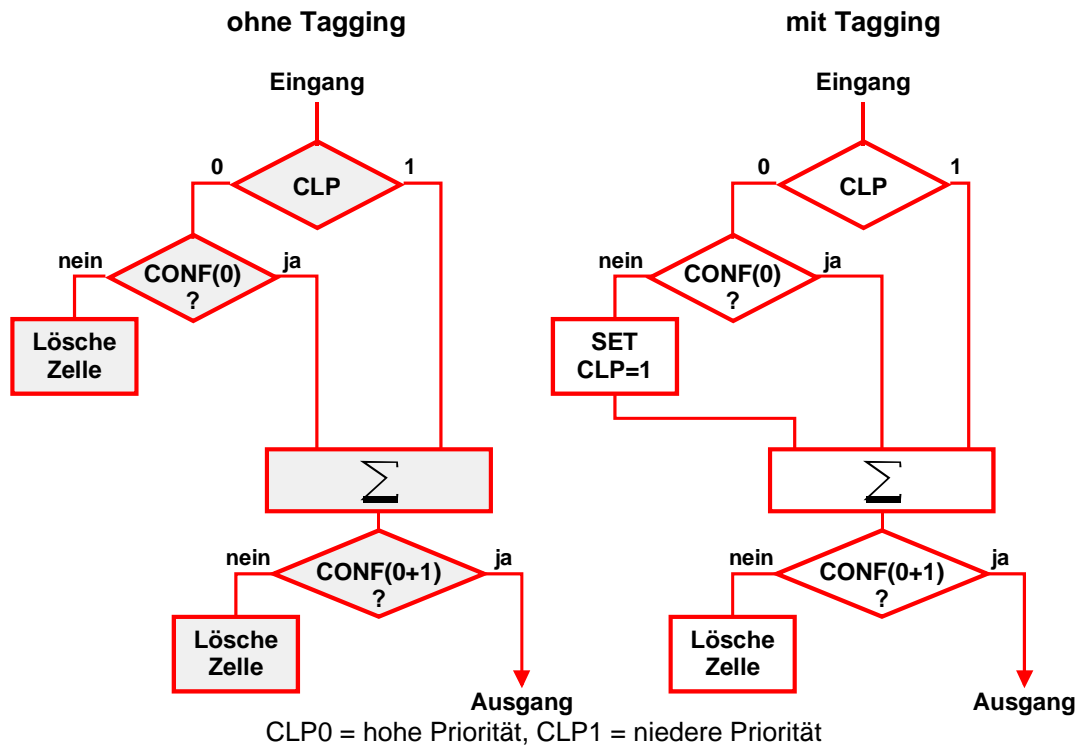


Bild 43 Tagging

- Liefert das ATM-Endsystem Zellen mit CLP1 werden diese sofort zum Kapazitätscheck (Σ) weitergeleitet.
- Liefert das ATM-Endsystem Zellen mit CLP0 werden diese zunächst auf Übereinstimmung mit dem Verkehrskontrakt überprüft.
- Ist diese vorhanden wird die Zelle mit CPL0 zum Kapazitätscheck (Σ) weitergeleitet.
- Ist diese nichtvorhanden wird die Zelle mit CPL1 zum Kapazitätscheck (Σ) weitergeleitet.
- Durch den Verkehrsheck wird festgestellt ob die angebotene Kapazität abgeführt werden kann oder nicht
- Kann sie abgeführt werden, werden sowohl Zellen mit CLP0 als auch Zellen mit CLP1 über das Koppelnetz auf die abgehende Leitung durchgeschaltet
- Kann sie nicht abgeführt werden, werden Zellen mit CLP0 entweder durchgeschaltet oder im Pufferspeicher abgelegt
- Zellen mit CLP1 werden verworfen

7 Kontrollfragen

1. Welche grundlegenden Verbindungsarten kennen Sie?
2. In welchen Schritten erfolgt die Verbindungszuteilung und welche Gesichtspunkte sind dabei zu beachten?
3. Beschreiben Sie die Zusammenhänge zwischen physikalischer Leitung, VPI und VCI.
4. Welche Systemkomponenten sind zum Verbindungsaufbau vorgesehen und was ist deren Aufgabe?
5. Wofür steht der Begriff „Meta-Signalisierung“?
6. Welche Merkmale hat die Signalisierung an der Teilnehmer-Netz-Schnittstelle?
7. Welche Merkmale hat die Signalisierung an der Node to Node-Schnittstelle?
8. In welchen Schritten erfolgt die Festlegung eines Nachrichtenweges durch eine ATM-Vermittlungsstelle?
9. Welche Aktivitäten werden bei einer Verbindungsdurchschaltung durchlaufen?
10. Beschreiben Sie den Zusammenhang von Koppelnetzkonfiguration und Zellenverzögerung.
11. Beschreiben Sie die Eigenschaften von Systemen mit Eingangsspeicher.
12. Beschreiben Sie die Eigenschaften von Systemen mit Ausgangsspeicher.
13. Beschreiben Sie die Eigenschaften von Systemen mit Zentralspeicher.
14. Beschreiben Sie die Eigenschaften von Systemen mit verteiltem Speicher.
15. Beschreiben Sie die Eigenschaften der Wegedurchschaltung mit voreingestellten Wegen.
16. Beschreiben Sie die Eigenschaften der Wegedurchschaltung ohne voreingestellten Wegen.
17. Welche Aufgaben hat das ATM-Verkehrsmanagement-Konzept?
18. Nennen Sie mindestens drei fehler- und verlustbezogenen QoS-Parameter und ihre Definition.
19. Welche QoS-Parameter kennen Sie?
20. Nennen Sie mindestens drei Verkehrs-Parameter und ihre Definition.
21. Nennen Sie die Aufgaben der Connection Admission Control CAC.
22. Nennen Sie die klassischen Verfahren von UPC und NPC.
23. Beschreiben Sie den Virtual Scheduling Algorithm. Beschreiben Sie das Leaky Bucket-Verfahren.
25. Beschreiben Sie die Einsatzmöglichkeiten von Traffic Shaping.
26. Beschreiben Sie die Funktionsweise von Tagging.

8 Bilder und Tabellen

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

Bild 2 Referenzmodell für verbindungsorientierte Nutzverbindungen 3

Bild 3 Modell für eine verbindungslose Nutzverbindung 4

Bild 4 Punkt-zu-Punkt - Verbindungen..... 5

Bild 5 Punkt-zu-Mehrpunkt - Verbindungen..... 5

Bild 6 Ziele des Verkehrsmanagements in ATM-Netzen 6

Bild 7 Verkehrsvertrag für eine ATM- Verbindung 7

Bild 8 Übertragungsmedium mit mehreren VPIs und VCIs 8

Bild 9 physikalische ATM-Verbindung 8

Bild 10 logische ATM-Verbindung 9

Bild 11 Bearbeiten von ATM-Verbindungen 9

Bild 12 Signalisierungsbearbeitung in einer ATM-Vermittlungsstelle..... 10

Bild 13 Prinzip der Wegedurchschaltung..... 11

Bild 14 Richtungsschaltung durch einen ATM-Cross-Connect..... 12

Bild 15 Routing 13

Bild 16 ATM Netzknoten..... 14

Bild 17 Beispiel eines ATM-Koppelnetzes 14

Bild 18 Banyan Netzwerk 15

Bild 19 Benes Netzwerk 15

Bild 20 gefaltetes Netzwerk..... 16

Bild 21 ATM Koppelnetz mit Eingangsspeicher..... 16

Bild 22 ATM Koppelnetz mit Ausgangsspeicher..... 16

Bild 23 ATM Koppelnetz mit Zentralspeicher..... 16

Bild 24 ATM Koppelnetz mit verteiltem Speicher..... 17

Bild 25 Konfliktsituationen in ATM-Koppelnetzen 18

Bild 26 Koppelfeldsteuerung durch Interpretation des Kopffeldes 19

Bild 27 Koppelfeldsteuerung durch vorangestellte Einstellinformationen 20

Bild 28 Koppelfeldsteuerung durch vorangestellte Einstellinformationen 20

Bild 29 Prinzip des selbst steuernden Koppelnetzes..... 20

Bild 30 Eigenständige Wegermittlung durch das Koppelnetz 21

Bild 31 Funktionen des Verkehrsmanagements 21

Bild 32 Ziele des Verkehrsmanagements in ATM-Netzen 22

Bild 33 ATM-Qualitätseinflüsse..... 22

Bild 34 Dienstgüte-Parameter 23

Bild 35 Grund für Cell Delay Variation 23

Bild 36 Fehler und Verlust bezogene QoS – Parameter..... 24

Bild 37 Funktionen der Verkehrssteuerung 27

Bild 38 Lage der Verkehrssteuerung 27

Bild 39 Überwachung der Zellenankunftszeiten 29

Bild 40 Virtual Scheduling Algorithmus..... 29

Bild 41 Leaky Bucket 30

Bild 42 Traffic Shaping am Netzausgang 31

Bild 43 Tagging..... 32

9 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 Servern
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

10 Literatur

- [1] Ulrich Freyer, Nachrichtenübertragungstechnik, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, 1994, ISBN 3-446-17724-8
- [2] Anatol Badach, Integrierte Unternehmensnetze, 1. Auflage, Hüthig GmbH, 1997, ISBN 3-7785-2562-X
- [3] Gerd Siegmund, Technik der Netze, 3. Auflage, R.v.Decker's Verlag, 1996, ISBN 3-7685-2495-7
- [4] Taschenbuch der Telekommunikation 1999, Fachbuchverlag Leipzig