

4. Eigenschaften und QoS-Anforderungen des Quellenverkehrs

Die Beschreibung des Quellenverkehrs kann auf verschiedenen zeitlichen Ebenen erfolgen (Abbildung 4.1), die sich aus einem einfachen Verkehrsebenenmodell (2-dimensionales Schichtenmodell) ergeben.

- *Verbindungsebene*: charakterisiert die Verbindungsdauer und den Abstand zwischen zwei Verbindungen
- *Dialogebene*: kennzeichnet die Wechselbeziehung zweier Kommunikationspartner während einer bestehenden Verbindung und ist immer dann aktiv, wenn ein Partner dem jeweils anderen Daten übermittelt
- *Burstebene*: berücksichtigt das statistische Verhalten während der Aktivitätsphase innerhalb des Dialoges
- *Zellebene*: beschreibt den gegenwärtig erzeugten Zellenstrom

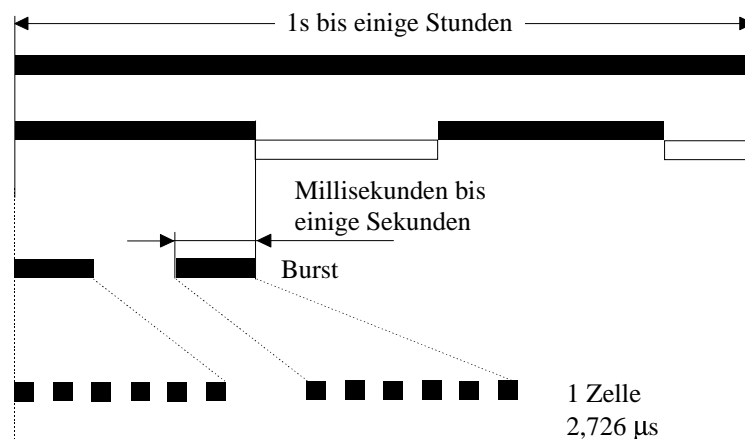


Abbildung 4.1: Zeitliches Spektrum des ATM-Verkehrs [NE 06/94]

Besonders wichtig sind die Zell- und Burstebene sowie die Verbindungsebene.

Das QoS-Kriterium auf der Verbindungsebene ist die Rate, mit der Verbindungen abgewiesen werden müssen, da die zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht ausreichen (CRR - Call Rejection Rate).

Auf Zell- und Burstebene sind die Zellverzögerungen und die Zellenverluste QoS-Kriterien, wobei sich die Zellverzögerung aus der Grundverzögerung (Cell Delay) und der Schwankung der Verzögerung aufeinanderfolgender Zellen einer Verbindung (CDV) zusammensetzt. Anforderungen an die Übertragung in Bezug auf Zellenverlustereignisse liegen in der Größenordnungen von $\leq 10^{-9}$.

4.1. Konstantratiger Verkehr

Der Transport von Informationen einer Quelle in einem ATM-System, die eine konstante Bitrate liefert, erfordert das Sammeln von Abschnitten des Zellstromes und das Verpacken in Zellen. Zu der so entstehenden Verzögerung kommen weitere Verzögerungen durch die Zwischenpufferung in Vermittlungsanlagen sowie durch die Vermittlung selbst hinzu (siehe Abs. 2.2).

Für Dienste, bei denen eine Zeitrelation zwischen Sender und Empfänger erforderlich ist (isochrone Dienste), muß die Rückgewinnung des Sendertaktes gewährleistet sein. Isochrone Dienste sind deswegen sehr empfindlich gegen den Verlust einzelner Abschnitte der zu übertragenden Information, da die Synchronität zwischen Sender und Empfänger über den Informationsstrom hergestellt wird.

4.2. Variabel bitratiger Verkehr

Erste Anwendungen für ATM-Netze sind u.a. in der Verbindung von lokalen Netzen zu finden. Dazu kommen zukünftige Dienste, welche Videoinformationen flächendeckend verteilen sollen, wie Video on Demand (VoD).

Dabei tritt eine Besonderheit im ATM-Verkehr auf, die als ‘Self-Similarity’ (Selbstähnlichkeit) bezeichnet wird. Das bedeutet, daß es keine typischen Burstlängen für den zusammengefaßten Verkehr der Stationen gibt und die Paketanzahl aus dem bisherigen Verhalten nicht vorhersehbar ist. Bursts verschiedener Datenquellen führen nicht zu einer gleichmäßigen Auslastung des Netzverkehrs, sondern der Burstcharakter bleibt bestehen. Damit wird auch die Burstiness unvorhersehbar.

Wird die Anzahl der Pakete pro Zeiteinheit für verschiedene Zeitbasen (z.B. Millisekunden Minuten oder Stunden) dargestellt, entstehen unter Voraussetzung der obigen Quelleneigenschaft ähnlich aussehende Darstellungen, die zu der Bezeichnung ‘Selbstähnlichkeit’ führte.

Die Unmöglichkeit der Vorhersage von Burstlängen bei bestimmten Quellen erschwert somit den Aufbau und die Dimensionierung eines Universalnetzes für alle denkbaren Dienste, das auch noch verkehrsmäßig optimiert ist.

Eine weitere Eigenschaft variabel bitratiger Quellen ist das Korrelationsverhalten. Korrelation bezeichnet die Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs der Bitrate, den eine Quelle erzeugt, vom zeitlichen Verlauf der Bitrate einer anderen Quelle oder von sich selbst (Autokorrelation). Die Autokorrelation tritt z.B. bei der Videokodierung mit variabler Bitrate auf und ist auf die

verwendeten Kodierungsverfahren zurückzuführen. So wirken sich in Abhängigkeit vom Kodierungsverfahren Korrelationen zwischen Bildzeilen, zeitlich aufeinanderfolgenden Bildern und der Aufeinanderfolge von Szenen auf die erzeugte Bitrate aus. Die Autokorrelation ist am regelmäßigen Wiederkehren von Spitzenbitraten erkennbar.

Die Nichtbeachtung der Quelleneigenschaften Selbstähnlichkeit und Korrelation beim Aufbau und der Dimensionierung von ATM-Systemen kann somit zu fehlerhaften Ergebnissen bei der Abschätzung von Puffergrößen und der Zellenverzögerung führen.

[NE 06/94]

4.3. ATM-Übertragungsdienste

Eine erste Antwort auf unterschiedliche QoS-Anforderungen verschiedener Dienste wird mit dem ATM-Adaptation Layer (AAL) gegeben.

Derzeit gibt es fünf AAL-Typen, die sich nach der Zeitbeziehung zwischen Quelle und Senke, der Burstiness der Quelle, dem Verbindungsmodus und den für die Verwaltung der AAL benutzten Bytes unterscheiden. Die Eigenschaften der AAL-Typen sind in Tabelle 4.1 zusammengefaßt.

	AAL 1/(0)	AAL 2	AAL 3/4	AAL 5
Quelle-Senke-Timing	isochron	isochron	anisochron	anisochron
Zellrate der Quelle	konstant	variabel	variabel	variabel
Verbindungsart	verbindungs-orientiert	verbindungs-orientiert	verbindungslos / verbindungsorientiert	
Dienstklasse	A	B	C/D	

Tabelle 4.1: Eigenschaften der AAL-Typen

Die grundlegenden ATM-Übertragungsdienste werden aus bestimmten AAL und der angewendeten Quellensteuerung (Source Policing) sowie der jeweils genutzten Verbindungssteuerung (CAC) gebildet. Die zum Einsatz kommenden Algorithmen für die Steuerung der Quellen bzw. Verbindung beruhen auf der Grundlage des GCRA (s. Abs. 6.2.3).

Dabei haben die speziellen Eigenschaften des ATM-Verkehrs (Korrelation, Selbstähnlichkeit) Auswirkung auf die entsprechenden Steuermechanismen, wenn diese auf Messungen des Verkehrs beruhen, wie es z.B. beim CAC der Fall ist. So können Perioden niedrigen Verkehrs oder Verkehr mit geringer Burstiness dazu führen, daß CAC-Mechanismen fehlgeleitet werden und bei einer plötzlich auftretenden Situation mit langen Bursts Zellenverlust auftritt.

Derzeit in verschiedenen Gremien standardisierte und von den Anbietern öffentlicher ATM-Technik für den Einsatz in ihren Produkten implementierten ATM-Übertragungsdienste sind:

- ATM-Übertragungsdienst mit konstanter Bitrate (CBR)
- ATM-Übertragungsdienst mit variabler Bitrate (VBR)
- ATM-Übertragungsdienst mit netzabhängiger Bitrate (ABR, UBR)

4.3.1. CBR-Dienste

Der einfachste Übertragungsdienst im ATM-basierenden B-ISDN ist der mit der konstanten Bitrate.

Innerhalb eines Pfades, der eine festgelegte Bandbreite aufweist, werden Anteile dieser Bandbreite für die Dauer einzelner Verbindungen diesen fest zugeordnet. Das Prinzip des zeitlichen Verlaufs der Bandbreite-Nutzung eines Pfades ist in Abbildung 4.2 dargestellt.

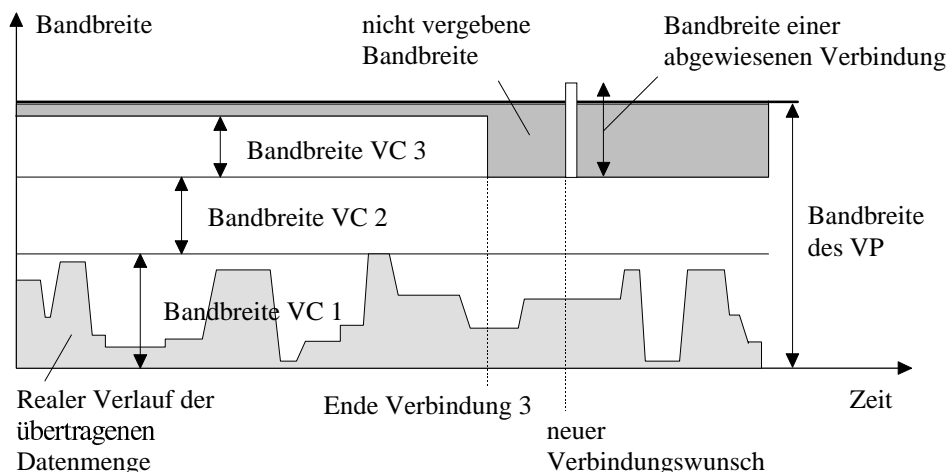


Abbildung 4.2: Übertragungsdienst mit konstanter Bitrate [IK 02/96]

Neben den bestehenden Verbindungen VC1 bis VC3 verbleibt ein geringer Rest nicht vergebener Bandbreite. Nach dem Abbau der Verbindung VC3 steht ein größerer Bandbreitenanteil zur Verfügung. Ein neuer Verbindungswunsch kann aber trotz der noch im Pfad zur Verfügung stehenden Bandbreite nicht mehr realisiert werden und muß abgewiesen werden.

Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß auf Grund der fest zugewiesenen Bandbreite, die während der Verbindung nicht geändert werden kann, kein statistischer Multiplexgewinn erzielt werden kann.

Die Verwendung dieses Übertragungsdienstes mit CBR durch eine Verbindung mit sich statistisch änderndem Verkehr (VC1) führt dazu, daß die jeweils größte auftretende Bitrate (PCR) der Bandbreite-Reservierung zugrunde gelegt werden muß, so daß ein Teil der Bandbreite ungenutzt bleibt.

Der Vorteil des CBR-Dienstes besteht in der einfachen Implementierbarkeit der Verbindungsaufnahme und der Quellenüberwachung. Die Überwachung der Quelle beschränkt sich auf die Prüfung der Ankunftszeiten der Daten, die nicht schneller gesendet werden dürfen, als es über PCR vereinbart wurde.

4.3.2. VBR-Dienste

Übertragungsdienste mit variabler Bitrate werden auch als SBR-Dienste (SBR-Subtainable Bit Rate) bezeichnet. Diese versuchen, bei variabel bitratigen Quellen den statistischen Verlauf der zu übertragenden Daten für einen statistischen Multiplexgewinn zu nutzen.

Grundlage dafür ist neben der PCR auch eine nicht zu überschreitende (langfristig ertragbare) Bitrate (SBR).

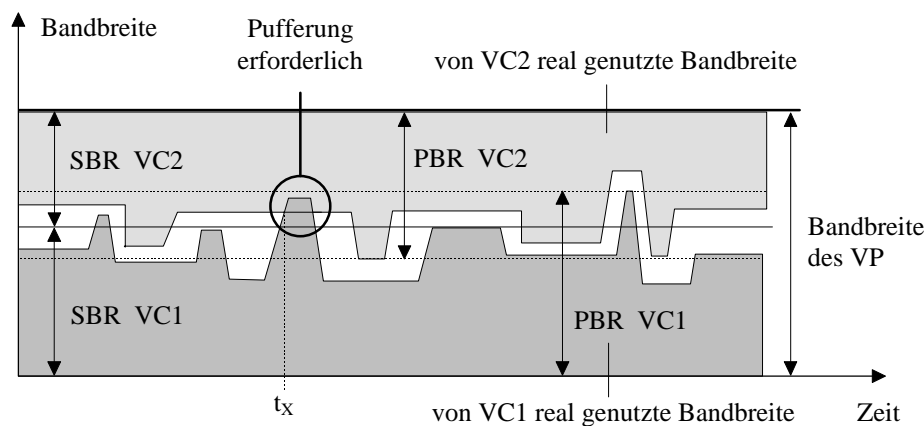


Abbildung 4.3: Übertragungsdienst mit variabler Bitrate [IK 02/96]

Eine Quellenüberwachung muß gewährleisten, daß die Spitzenzellrate niemals und die SBR in einem festgelegten Zeitlimit (Zeithorizont) nicht überschritten wird.

Dadurch besteht die Möglichkeit, eine Anzahl von Verbindungen in einem Pfad anzunehmen, wobei die Summe der PCR die Bandbreite des zur Verfügung stehenden Pfades übersteigt, so daß ein Multiplexgewinn erzielt werden kann. Auftretende Spitzenzellraten in mehreren Verbindungen in der Art, daß die VP-Bandbreite überschritten wird, muß durch geeignete

Konzepte zur Zwischenspeicherung von Zellen in Puffern mit Prioritätsstufen gelöst werden. Dabei zum Einsatz kommende Bedienstrategien für Wartespeicher, zur Minimierung des Zellverlustes oder der Zellverzögerungsschwankungen, sind:

- Random: zufällige Entscheidung über den zu bedienenden Wartespeicher,
- Quasi-Random: ausgehend von einem Startpunkt werden die Speicher in zyklischer Reihenfolge bearbeitet, wobei der Startpunkt in bestimmten Abständen (z.B. Zelltakt) ebenfalls zyklisch verschoben wird,
- Statusabhängig: Warteschlange mit den meisten Zellen wird bevorzugt bedient und
- Global FIFO: Verknüpfung mehrerer Wartespeicher in der Art, daß sie wie ein gemeinsamer FIFO-Wartespeicher auf ankommende Zellen wirken.

In Abbildung 4.3 ist das Prinzip von VBR-Diensten durch zwei gemultiplexte Verbindungen dargestellt.

Die Summe der beiden SBR entspricht der Bandbreite des VP. Die nachhaltig nicht zu überschreitende Bitrate wird zu mehreren Zeitpunkten in beiden Verbindung überschritten, hat aber auf Grund der zeitlichen Nichtnutzung der Bandbreite durch die jeweils andere Verbindung, bis auf eine Ausnahme zum Zeitpunkt t_x , keine nachhaltigen Folgen. Die Überschreitung der VP-Bandbreite zum Zeitpunkt t_x durch die Verbindung VC1 muß durch entsprechende Zwischenspeicherung von Zellen entschärft werden, um so die Verbindung VC1 vor Zellenverlust zu schützen.

Da die statistischen Eigenschaften einer variabel bitratigen Quelle schwer zu beschreiben und demzufolge auch schwer zu überwachen sind, ist die Realisierung von VBR-Diensten schwierig, so daß diese Dienste in naher Zukunft kaum realisiert werden.

4.3.3. Dienste mit netzabhängiger Bitrate

Da mit den CBR-Diensten kein statistischer Multiplexgewinn erzielt werden kann (Bandbreite-Verschwendung) und SBR-Dienste derzeit kaum realisierbar sind, werden Lösungen mit anderen Übertragungsdiensten gesucht.

Einen Lösungsansatz bietet ein Übertragungsdienst, bei dem die Quelle ihre Daten in Abhängigkeit von der jeweiligen Netzsituation übertragen kann. Dafür sind zwei Dienste konzipiert:

- ATM-Übertragungsdienst mit verfügbarer Bitrate (ABR)
- ATM-Übertragungsdienst mit beliebiger Bitrate (UBR)

4.3.3.1. ABR-Dienste

Vor dem Aufbau einer ABR-Verbindung muß zunächst eine minimal notwendige Bandbreite vereinbart werden, die vom Netz zur Verfügung gestellt werden kann. Anderenfalls kann die Verbindung nicht aufgebaut werden. Im Fall des Verbindungsaufbaus erfolgt die Steuerung der Datenquelle beim ABR-Dienst durch das Netz.

Zur Aufrechterhaltung der Verbindung prüft das Netz fortwährend, ob weitere Ressourcen für die Verbindung des ABR-Dienstes zur Verfügung stehen. Besteht diese Möglichkeit, werden diese Bandbreiten zeitlich begrenzt einzelnen ABR-Diensten zur Verfügung gestellt.

Abbildung 4.4 zeigt das Prinzip eines ABR-Dienstes.

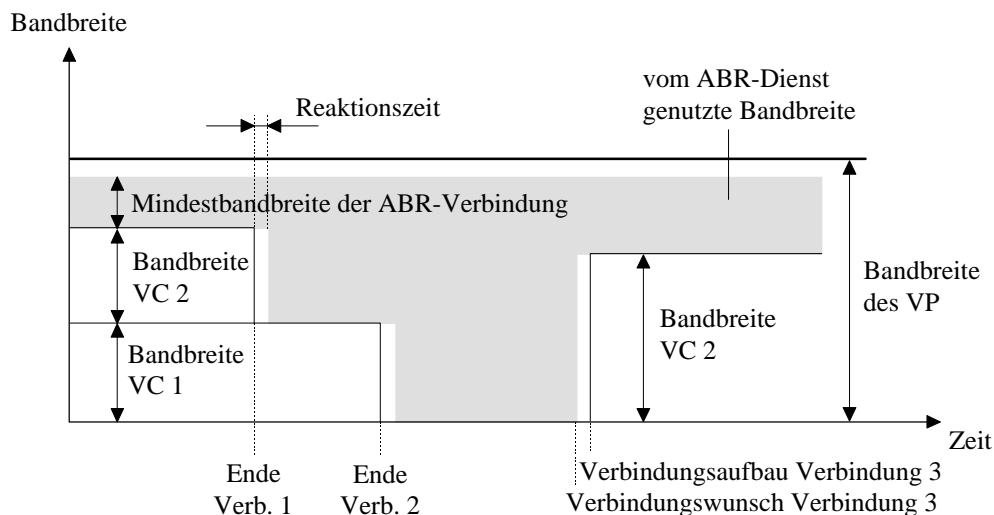


Abbildung 4.4: ABR-Übertragungsdienst [IK02/96]

Neben den beiden existierenden Verbindungen (VC1, VC2) mit konstanter Bitrate wird nach der Zuweisung einer Mindestbandbreite eine ABR-Verbindung aufgebaut, die nach Abbau der Verbindung VC2 und einer Reaktionszeit, in der weitere Netzressourcen erkannt werden müssen, eine Erweiterung der ABR-Bandbreite vornimmt (analog VC1-Abbau). Entsprechend erfolgt eine Reduzierung der ABR-Bandbreite, wenn die Verbindung VC3 (CBR) eine bestimmte Bandbreite angefordert hat.

Es ist erkennbar, daß der ABR-Dienst freie Ressourcen des VP nutzt, dabei aber von der jeweiligen Netzsituation abhängig ist, wobei mehr als eine Mindestbandbreite nicht garantiert werden kann. Der ABR-Dienst setzt eine netzweite Quellensteuerung (hardwaremäßige Realisierung), zur Überwachung der Bandbreite auf dem gesamten Verbindungsabschnitt, voraus und ist nur für Datenübertragungen geeignet, die keine Echtzeitanforderungen stellen.

4.3.3.2. UBR-Dienste

Beim UBR-Dienst erfolgt die Übertragung der Daten ohne Berücksichtigung der realen Übertragungsmöglichkeiten (Best Effort), d.h. der UBR-Dienst verzichtet auf jegliche Steuerung der Quellen.

Die Zellen des UBR-Dienstes besitzen die geringste Priorität und gehen zuerst verloren, wenn die Übertragungskapazität des VP erschöpft ist. Deshalb ist es nicht möglich, Garantien für Zellenverlustwahrscheinlichkeiten anzugeben, so daß auf Datenverluste durch übergeordnete Ende-zu-Ende-Protokolle reagiert werden muß.

Der UBR-Dienst ist für den Dienstanbieter einfach zu implementieren, setzt jedoch einen Minstdurchsatz voraus, um ein Ende-zu-Ende-Protokoll für eine vollständige Übertragung zu realisieren.

[NE 06/94; IK 02/96; KYA 3/96]