

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 71 (1993)

**Heft:** 4

**Artikel:** Verkehrssteuerung und Überlaststeuerung in ATM-Netzen

**Autor:** Klingler, Christoph

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875499>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Verkehrssteuerung und Überlaststeuerung in ATM-Netzen\*

Christoph KLINGLER, Zürich

## 1 Einleitung

Die Funktionen der Verkehrssteuerung (Traffic Control) und Überlaststeuerung (Congestion Control) ermöglichen es, ein ATM-Netz so zu schützen, dass die gewünschte Netzgüte (z.B. Zellenverzögerung, Änderung der Zellenverzögerung, Zellverlust) für die Verbindungen erreicht wird und zugleich die Netzressourcen optimal ausgelastet sind. Erst mit diesen Mechanismen ist der kommerzielle Betrieb eines ATM-Netzes denkbar.

Das grosse Problem für die Verkehrs- und Überlaststeuerung in ATM-Netzen sind die hohen Bitraten. Bis die Steuerung des Verkehrs mit konventionellen Mitteln (z.B. Fenstertechnik) greift, gelangen viel mehr Daten in das Netz, als gespeichert werden können. Mit anderen Worten: Die Reaktionszeit ist verhältnismässig gross, verglichen mit den Bitraten.

Weiter wird die Aufgabe dadurch erschwert, dass das ATM-Netz eine grosse Vielfalt von Diensten mit den unterschiedlichsten Eigenschaften unterstützen soll, ohne dass die ATM-Schicht dienstspezifisch ist. Verglichen mit den Ansätzen in heutigen leitungsvermittelten Netzen (z.B. Schmalband-ISDN) und Paketnetzen (z.B. X.25, Frame Relay) zeigen sich wegen dieser Dienstintegration deutliche Unterschiede in den Anforderungen:

1. In ATM-Netzen wird erwartet, dass die Leitungen durch statistisches Multiplexen besser ausgelastet werden. Damit wird ein Gewinn an Übertragungskapazität bei Diensten mit veränderlicher Bitrate angestrebt. Die dem Dienst zugeteilte Bitrate, die die Grundlage für eine Zulassung der Verbindung durch das Netz war, ist ein statistischer Wert und kann vom Endgerät über- oder unterschritten werden.
2. Dienste mit beliebigen Bitraten, von 64 kBit/s bis über 100 Mbit/s, sowie mit sehr unterschiedlicher zeitlicher Verteilung der Daten, z.B. kontinuierlicher und stossweiser (burstartiger) Datenstrom, müssen wirksam unterstützt werden.
3. ATM muss Dienste mit unterschiedlichen Qualitätsanforderungen ermöglichen, beispielsweise Dienste mit stark abweichenden Anforderungen bezüglich Zellenverzögerung und Zellenverlust. Daraus leitet sich auch die Forderung ab, dass die Mechanismen von Verkehrs- und Überlaststeuerung unabhängig von dienst-

spezifischen Funktionen in Schichten oberhalb der ATM-Schicht arbeiten müssen.

4. Die Prozeduren müssen einfach sein, damit sie für Bitraten von über 100 Mbit/s mit heutiger Technologie noch durchführbar sind.

Mehrere Faktoren führen zu einer schrittweisen Einführung von Prozeduren für die Verkehrs- und Überlaststeuerung:

1. Die anfänglich geringe Grösse der ATM-Netze.
2. Die Unsicherheit, wie sich der Verkehr in einem realen ATM-Netz zusammensetzen wird.
3. Die mangelnde praktische Erfahrung.

Als erstes werden einfache, aber sichere Mechanismen eingeführt, die bezüglich hoher Netzauslastung noch nicht optimal sind. Später, nach weiteren Studien und ersten Netzbeobachtungen, soll das Verfahren durch neue Prozeduren optimiert werden. Auf Kompatibilität muss dabei geachtet werden. Das heisst, bestehende Endausrüstungen müssen am erweiterten Netz nach wie vor betrieben werden können.

## 2 Verbindungsablauf aus der Sicht der Verkehrssteuerung und der Überlaststeuerung

Eine Verbindung läuft in mehreren Phasen ab:

1. Ein Teilnehmer gibt dem Netz über die Signalisierung oder Netzverwaltung die Charakteristik der aufzubauenen Verbindung bekannt (Traffic Contract). Er deklariert die Spitzenbitrate und eventuell weitere Eigenschaften des zu erwartenden Datenflusses.
2. Das Netz ermittelt, ob für den Verbindungswunsch ausreichend Betriebsmittel zur Verfügung stehen (CAC: Connection Admission Control). Bei positivem Ergebnis werden die Ressourcen reserviert und die Parameter für die Verbindungsüberwachung (UPC: Usage Parameter Control, NPC: Network Parameter Control) eingestellt. Sonst weist das Netz den Verbindungswunsch zurück oder handelt einen neuen, passenden Traffic Contract aus.

\* Abkürzungen, Glossar und Bibliographie siehe Anhang Seite 238.



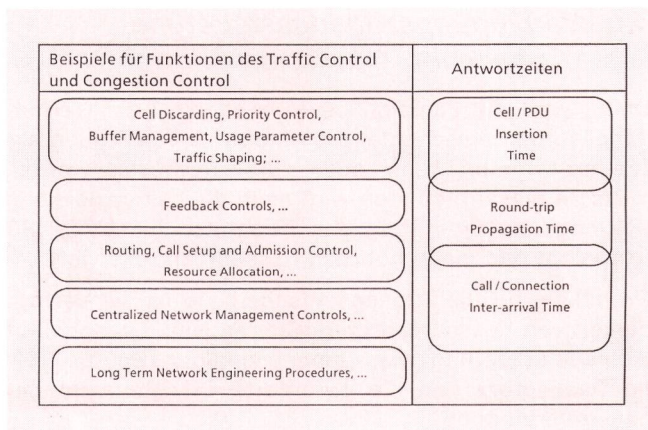


Fig. 1 Verkehrs- und Überlaststeuerung

3. Während der Verbindung wird vom Netz mit dem UPC/NPC-Mechanismus stets überprüft, ob die mit dem Teilnehmer im Traffic Contract ausgehandelte Charakteristik des Datenflusses eingehalten wird. Wenn nicht, wird das Einhalten durch Wegwerfen von überschüssigen Zellen erzwungen.
4. Ist es dem Netz aufgrund von Überlast nicht mehr möglich, die verlangte Netzgüte zu erbringen, so verwirft das Netz Zellen. Überlast kann durch extrem ungünstige Zellenverzögerungen entstehen. Sie kann aber auch durch statistisches Multiplexen von Zellen unterschiedlicher ATM-Verbindungen oder durch einen Fehler bedingt sein.
5. Mit dem Auslösen der Verbindung werden alle Netzressourcen freigegeben.

Für Traffic Control und Congestion Control werden Mechanismen betrachtet, die in unterschiedlichen Zeitdimensionen zum Tragen kommen. *Figur 1* gibt eine kurze Übersicht ausgewählter Funktionen mit den zugehörigen Antwortzeiten.

Die Referenzkonfiguration mit der Lokalisierung der Funktionen für Verkehrssteuerung und Überlaststeuerung, die in den folgenden Kapiteln kurz diskutiert werden, zeigt *Figur 2*.

### 3 Beschreibung des ATM-Verkehrs

#### 31 Verkehrsparameter (Traffic Parameter)

Verkehrsparameter beschreiben die Charakteristik des Verkehrs einer ATM-Verbindung. In der ersten Phase der ATM-Netze wird nur die maximale Zellenrate (Parameter: Peak Cell Rate) berücksichtigt. Für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ist sie definiert als inverser Wert der minimalen Zeit zwischen zwei beliebigen Sendeanforderungen für eine Zelle der Verbindung am Zugangspunkt zur physischen Schnittstelle (Physical Layer Service Access Point PHY-SAP). Der Grund für diese restriktive Beschreibung ist in der verhältnismässig geringen Grösse der Pufferspeicher in ATM-Baugruppen und Koppelnetzen zu suchen. Grosse Speicher bringen Komplexität (Notwendigkeit von Verzögerungsprioritäten, Verwaltung der Warteschlangen) und sind teuer.

Neben diesem Pflichtparameter sollen in späteren Phasen optionale Parameter folgen, die eine bedeutende Verbesserung der Netzauslastung bringen (z.B. statistisches Multiplexen). Als Randbedingung müssen alle weiteren Parameter

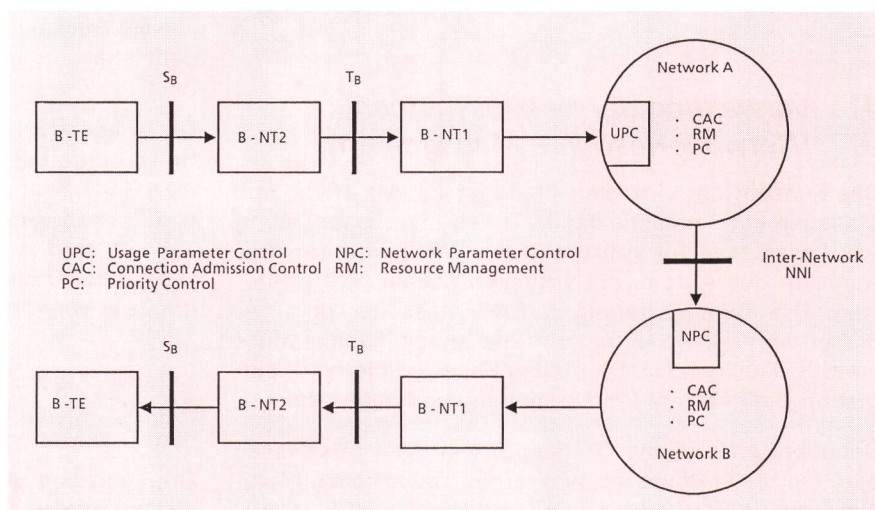
1. für das Endgerät sinnvoll und überprüfbar sein,
2. von der CAC ausgewertet werden und
3. vom Netz gegen Missbrauch und Fehlverhalten überwacht werden können (UPC/NPC).

Kandidaten, für die es aber noch keine genaue Definition gibt, sind die mittlere Zellrate (Mean Cell Rate), der Grad der Paketierung (Burstiness), grösste Länge eines Zellenbursts (Peak Duration) und Source Type (z.B. Basisdienst).

#### 32 Verkehrsbeschreibung (Source Traffic Descriptor)

Es ist zweckmässig, eine ATM-Verbindung durch mehrere, evtl. voneinander abhängige Parameter zu beschreiben. Dafür wird der Begriff «Source Traffic Descriptor» verwendet: ein Satz von Parametern, die den Zellenfluss definieren.

Fig. 2 Referenzkonfiguration für die Verkehrs- und Überlaststeuerung





### 33 Verkehrskontrakt (Traffic Contract)

Die Quellenverkehrsbeschreibung «Source Traffic Descriptor» bildet zusammen mit der Dienstgüte (QOS: Quality of Service) und der maximalen Änderung der Zellenverzögerung (CDV: Cell Delay Variation) den «Traffic Contract», definiert am Referenzpunkt  $T_b$ . Dieser wird vom Netz für den Verbindungsaufbau benötigt. Er ist die Grundlage, auf der die Verbindungszugangssteuerung CAC und damit die Verkehrsüberwachung UPC/NPC arbeiten.

Ein wichtiger Punkt ist die Änderung der Zellenverzögerung CDV. Funktionen in der ATM-Schicht und der physikalischen Schicht können die zeitliche Lage der Zellen zueinander verändern. Zu nennen sind unter anderem:

- Multiplexieren mehrerer ATM-Verbindungen auf einer physikalischen Schicht
- Einfügen von OAM-Zellen
- Einfügen des SDH-Overheads
- Zugriff auf ein gemeinsames physikalisches Medium (z.B. GFC: Generic Flow Control)
- Übergang vom ungetakteten in ein getaktetes System.

Aufgrund der restriktiven Definition der Peak Cell Rate kann der Faktor CDV die Spitzenzellrate, die das Netz in der UPC/NPC-Funktion sieht, sehr stark beeinflussen. Dieser Faktor kann entweder beim Teilnehmer oder am Netzeingang reduziert werden (Spacing-Funktion, siehe auch Kapitel 45). Technisch sind beide Lösungen gleichwertig, nur fällt der Aufwand entweder beim Teilnehmer oder im Netz an.

Unklar ist noch, ob dem Teilnehmer als Bestandteil des «Traffic Contract» mehrere Maximalwerte für CDV angeboten werden sollen oder nur einer.

### 4 Verkehrssteuerung (Traffic Control)

Unter dem Namen *Traffic Control* werden Mechanismen zusammengefasst, die eine Netzüberlast vermeiden sollen und damit helfen, die Netzgüte für die aufgebauten Verbindungen aufrechtzuerhalten. Es besteht eine Reihe von Möglichkeiten:

### 41 Verwaltung der Netzressourcen (Network Resource Management)

Das Konzept der virtuellen Pfade ist für das «Resource Management» entscheidend. Durch die Reservierung von Ressourcen für virtuelle Pfade (VPC) wird der Aufwand für den Aufbau der virtuellen Kanäle (VCC) reduziert. Die Zugangssteuerung CAC muss nur dort gemacht werden, wo virtuelle Pfade enden. Weiter muss die UPC-Funktion nicht für jeden Kanal, sondern nur einmal für die gesamte Pfadverbindung vorhanden sein.

Daneben erlaubt die Trennung von Qualitätsklassen durch virtuelle Pfade ein wirksames statistisches Multiplexieren im Pfad mit der niederen Dienstqualität QOS.

### 42 Verbindungszugangssteuerung (Connection Admission Control CAC)

Damit wird die Funktion bezeichnet, die beim Verbindungsaufbau entscheidet, ob eine neue Verbindung akzeptiert werden kann oder zurückgewiesen werden muss. In diesem Rahmen wird auch die Leitweglenkung (Routing) durchgeführt, die Parameter für UPC/NPC festgelegt und die benötigten Ressourcen reserviert.

Grundlage für die Zugangsentscheidung ist die Verfügbarkeit von Ressourcen im gesamten Netz bezogen auf die neue Forderung. Massgebend sind der «Source Traffic Descriptor» und die geforderte Dienstqualität der neuen Verbindung.

Der CAC-Algorithmus wird möglicherweise nicht genormt. Damit wird dem Netzbetreiber mehr Freiheit für den Betrieb gelassen.

### 43 Benützungs- und Netzparametersteuerung (Usage Parameter Control, Network Parameter Control)

UPC und NPC sind als die Netzmechanismen definiert, die den Verkehr bezüglich vereinbarter Verkehrsparameter sowie Plausibilität der Leitweginformation (VPI/VCI) kontrollieren. Abhängig vom aktuellen Verkehrsvolumen wird eine Zelle vom UPC/NPC-Mechanismus entweder durchgelassen oder verworfen bzw. in die niedere Prioritätsstufe gebracht (Cell Tagging). Fehlentscheide des UPC/NPC-Algorithmus (versehentliches Wegwerfen einer ordentlichen Zelle) sind Bestandteil der vom Netz garantierten Wahrscheinlichkeit für Zellenverlust.

Je Verbindung sind immer drei Zellenströme zu überwachen: Benützerzellen mit hoher Priorität, Benützerzellen insgesamt und OAM-Zellen (siehe auch Kapitel 44). Die OAM-Zellen sind zum Beispiel nötig, um den Zellenverlust in einem virtuellen Pfad zu überwachen.

Für die Überwachung der Spitzenbitrate wurde vom CCITT als Referenzalgorithmus ein «Leaky Bucket» (ein «undichtiges Gefäß») definiert. Jeder verwendete Algorithmus sollte jenen Verkehr durchlassen, den der Referenz-Leaky-Bucket durchlässt, aber nicht viel mehr. Dies bedeutet, dass alle anderen Algorithmen schlechter sein müssen. Formal ist aber zurzeit noch offen, ob der «Leaky Bucket» für UPC/NPC genormt wird. Der Trend geht aber aus vorher genanntem Grund in diese Richtung.

Der «Leaky Bucket» des Referenzalgorithmus für die Spitzenbitrate  $R$  hat einen Zähler  $X$ , einen Inkrementierwert  $T=1/R$  und einen Schwellwert  $C$ . Bei jedem Takt wird  $X$  um 1 verkleinert, aber nicht unter null. Bei Zellenankunft wird  $X$  wieder um  $T$  erhöht, falls der erhöhte Wert unter  $C$  bleibt. Falls nicht, wird  $X$  nicht erhöht und die Zelle verworfen.

Im Idealfall, ohne Berücksichtigung der Änderung der Zellenverzögerung CDV könnte  $C=T$  gewählt werden. Toleranz gegenüber dieser Änderung wird erreicht, indem  $C$  auf einen grösseren Wert gesetzt wird als  $T$ .

Grundsätzlich gilt, dass die benötigten Netzressourcen direkt mit der Präzision der Parametersteuerung UPC/



NPC zusammenhängen: Je genauer und restriktiver dieser ist, desto weniger Ressourcen müssen reserviert werden.

Auf der anderen Seite beeinflusst die Änderung der Zellenverzögerung CDV die Spitzenzellrate. Sie kann in der Parametersteuerung UPC/NPC durch einen Wert von C berücksichtigt werden, der grösser ist als T. Um den Wert von C bestimmen zu können, muss die maximale CDV auf allen Abschnitten der Verbindung begrenzt werden.

#### 44 Prioritätssteuerung und selektive Zellenentfernung (Priority Control and Selective Cell Discarding)

Aufgrund der Priorität der Zelle (Bit im ATM-Zellenkopf) kann das Netz zuerst Zellen mit niedriger Priorität wegwerfen, unter Einhaltung der verlangten Dienstgüte. Eine eigentliche Netzüberlast (Congestion) liegt in diesem Fall noch nicht vor. Die Details der Anwendung dieses Prioritätsmechanismus wurden bisher in der Normierung noch wenig diskutiert.

#### 45 Verkehrsgestaltung (Traffic Shaping)

Unter *Traffic Shaping* wird ein Mechanismus verstanden, der die zeitliche Relation des Zellenflusses unter Beibehaltung der Zellenreihenfolge verändert. Ziele sind beispielsweise die Reduktion der Spitzenzellrate, die Begrenzung der Burstlänge oder die Reduktion der CDV. Der Mechanismus kann beim Teilnehmer eingesetzt sein, damit der Verkehrskontrakt eingehalten wird und in der Parametersteuerung UPC/NPC keine Zellen vernichtet werden. Weiter ist Shaping wohl generell nötig bei der Erstellung eines virtuellen Pfades. Im Netz kann es sinnvoll sein, die Shaping-Funktion zusammen mit dem UPC/NPC zu verwirklichen. Mit dieser Massnahme könnte eine Optimierung der Ressourcen erreicht werden.

#### 46 Schnelle Ressourcenverwaltung (Fast Resource Management)

Üblicherweise werden die Netzressourcen beim Verbindungsaufbau fest zugeteilt. Beim Einsatz von «Fast Re-

source Management» könnten sie dagegen während der Verbindung je nach Bedarf belegt und freigegeben werden. Die Antwortzeit dieser «In-Band-Signalisierung» ist definitionsgemäss im Bereich der Nutzdatenlaufzeit für Hin- und Rückweg (Round-trip Delay).

Eine mögliche Prozedur ist das schnelle Reservationsprotokoll (Fast Reservation Protocol): Der Teilnehmer meldet über die Wege der Nutzdaten einen Burst an, und das Netz reserviert dafür Ressourcen und passt die UPC/NPC-Parameter an. Nach einer positiven Quittung an den Teilnehmer ist die neu angeforderte Zellenrate verfügbar.

Die Signalisierung würde ähnliche Funktionen ermöglichen, aber mit grösserer Laufzeit. Zudem ist die Belastung der Prozessoren für die Signalisierung kritisch bei ständigem Wechsel der Bitrate.

### 5 Überlaststeuerung (Congestion Control)

Mit den im Kapitel Verkehrssteuerung gezeigten Mechanismen kann eine Netzüberlast vermieden werden. Tritt sie aber dennoch auf, so soll sie beschränkt werden bezüglich Intensität, Ausbreitung und Dauer. Gründe für eine Überlast sind im statistischen Multiplexen zu sehen sowie bei Fehlern in den Netzelementen (z.B. Ausfall).

Für die Netzleistungsparameter Durchsatz (Throughput) und Verzögerung (Cell Delay) zeigen die *Figures 3 und 4*, wie sich ein ATM-Netz ohne Verkehrssteuerung bei zunehmender Überlaststeuerung verhalten könnte. Die Aufgabe der Überlaststeuerung ist es, den Durchsatz und die Verzögerung bzw. die Änderung der Verzögerung auf einem bestimmten Wert zu stabilisieren.

Die Vorstellungen über mögliche Prozeduren sind noch recht unbestimmt. Konkreter ist, neben der selektiven Zellenentfernung (Wegwerfen von Zellen mit tieferer Priorität bei Überlast), nur die explizite Vorwärts-Überlastanzeige (Explicit Forward Congestion Indication), analog der Prozedur in Netzen mit Frame-Relay-Technik. Diese Methode beruht darauf, dass die Überlast an das Ziel gemeldet wird in der Hoffnung, dass Protokolle auf höheren Schichten die Zellenrate reduzieren.

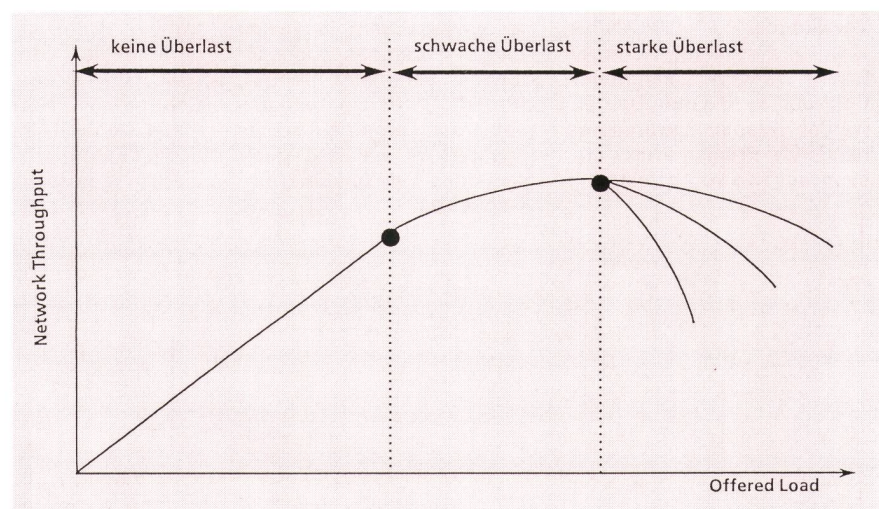


Fig. 3 Durchsatz bei Netzüberlast  
Network Throughput – Netzdurchsatz  
Offered Load – Anfallende Belastung



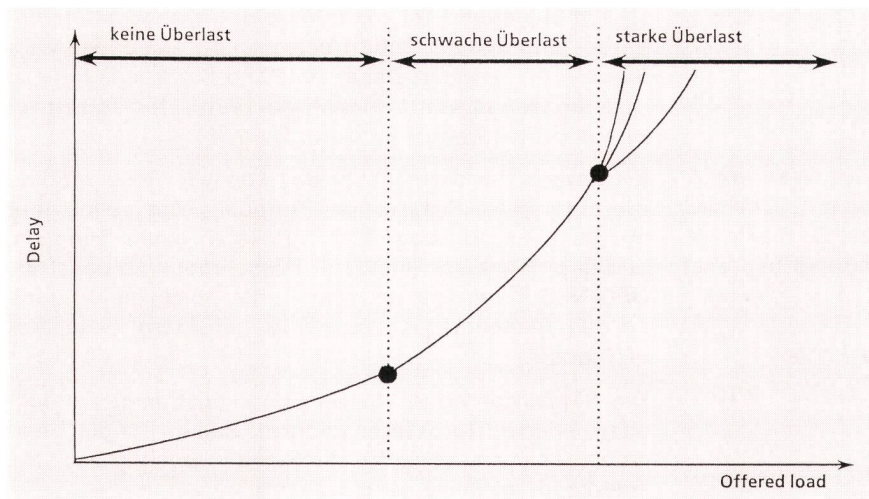


Fig. 4 Verzögerung bei Netzüberlast  
Delay – Verzögerung  
Offered Load – Anfallende Belastung

## 6 Schlussbetrachtungen

Für einen ersten Einsatz von ATM in Pilotnetzen gibt es robuste Prozeduren, die einen sicheren Betrieb mit garantierter Dienstgüte für die Verbindungen gewährleisten. Das Fehlen von zusätzlichen Mechanismen, die

eine weitere Effizienzsteigerung bringen, ist in dieser ersten Phase wegen der kleinen Netze mit den wenigen Teilnehmern von untergeordneter Bedeutung. Für die Zukunft ist aber eine Weiterentwicklung wichtig, besonders im Gebiet des statistischen Multiplexierens.

### Zusammenfassung Résumé

#### Verkehrssteuerung und Überlaststeuerung in ATM-Netzen

Die Funktionen der Verkehrssteuerung (Traffic Control) und Überlaststeuerung (Congestion Control) ermöglichen es, ein ATM-Netz so zu schützen, dass die geforderte Netzgüte für die Verbindungen erreicht wird und zugleich die Netzressourcen optimal ausgelastet sind. Die wichtigsten Mechanismen dafür sind die Kontrolle bei der Annahme von neuen Verbindungen (CAC: Call Admission Control) und die Überwachung des Verkehrs am Netzeingang während der Verbindung (UPC/NPC: Usage Parameter Control bzw. Network Parameter Control). In diesem Beitrag werden damit zusammenhängende Probleme und Lösungsansätze vorgestellt.

#### Contrôle du trafic et des surcharges dans les réseaux MTA

Les fonctions de contrôle du trafic (Traffic Control) et du contrôle des surcharges (Congestion Control) permettent de protéger le réseau MTA de telle sorte que la qualité de service nécessaire pour les liaisons puisse être atteinte et que les ressources réseau soient utilisées de façon optimale. Les outils principaux à cet usage sont le contrôle des communications entrantes (Call Admission Control, CAC) et la surveillance du trafic à l'entrée du réseau durant la liaison (Usage Parameter Control/Network Parameter Control, UPC/NPC). L'article traite des problèmes propres à ces fonctions et esquisse quelques-unes des solutions envisageables.

### Riassunto

#### Istradamento del traffico e controllo del trabocco nelle reti ATM

Le funzioni «istradamento del traffico» (Traffic Control) e «controllo del trabocco» (Congestion Control) consentono di proteggere una rete ATM in modo che la qualità richiesta dalla rete per le comunicazioni soddisfi le esigenze e che sia possibile sfruttare al meglio le risorse della rete. I meccanismi più importanti a tale scopo sono i controlli al momento dell'accettazione di nuove comunicazioni (CAC: Call Admission Control) e la sorveglianza del traffico all'entrata della rete durante la comunicazione (UPC/NPC: Usage Parameter Control risp. Network Parameter Control). In questo articolo l'autore presenta i problemi e le possibili soluzioni.

### Summary

#### Traffic Control and Congestion Control in ATM Networks

The functions of the traffic control and the congestion control enable the protection of an ATM network in such a way that the required network performance for the connections will be achieved and at the same time the network resources are optimally used to capacity. The most important mechanisms for this are the control at the adoption of new connections (CAC: Call Admission Control) and the supervision of traffic on the network access during the connection (UPC/NPC: Usage Parameter Control and Network Parameter Control, resp.). In this article the author presents the related problems and solution approaches.