

INTERCON
SVC Pilot Abschlußbericht

August 1999

Lothar Zier (Lothar.Zier@gmd.de)
Theofanis Vassiliou-Gioles (Vassiliou-Gioles@gmd.de)

GMD - Forschungszentrum Informationstechnik GmbH

Inhaltsverzeichnis

0	Vorbemerkung	4
1	Übersicht.....	5
1.1	Gesamtprojekt.....	5
1.2	Zweite Phase der Verlängerung.....	5
1.3	Personelles	6
2	SVC-Pilot Erfahrungen.....	7
2.1	SVC-Pilot Netz	7
2.2	Endgeräte	8
3	Packet Discarding Tests.....	9
3.1	Problemstellung	9
3.2	Testaufbau	9
3.3	UDP-Tests	10
3.4	Einzelne TCP-Verbindung	12
3.5	Mehrere TCP Verbindungen	13
3.6	Meßfehler und Fallstricke.....	17
3.7	Fazit Packet Discarding	18
4	Fazit	19
5	Berichte, Vorträge und Veranstaltungen	20

0 Vorbemerkung

Das INTERCON-Projekt wurde von der GMD (Institute IMK und FOKUS) im Auftrag des DFN-Vereins durchgeführt (Vertrag DT09). Auftraggeber des DFN-Vereins war die Deutsche Telekom.

Der ursprüngliche Vertrag (Laufzeit 1.11.1996 bis 28.2.1998) wurde für die Fortführung der Aktivitäten im Rahmen des SVC-Piloten bis zum 31.5.1999 verlängert.

Die Ansprechpartner sind:

GMD

Lothar Zier

E-Mail: Lothar.Zier@gmd.de

Telefon: 02241 14 2943

Telefax: 02241 14 2943

Adresse: GMD, IMK.HSN, 53754 Sankt Augustin

DFN-Verein

Für Aspekte der LAN/LAN-Kopplung:

Dr. Peter Kaufmann

E-Mail: kaufmann@dfn.de

Telefon: +49 30 884299-32

Telefax: +49 30 884299-70

Adresse: DFN-Verein, Geschäftsstelle, Anhalter Str. 1, D-10963 Berlin

Für die Aktivitäten innerhalb des SVC Piloten:

Dr. Gertraud Hoffmann

E-Mail: hoffmann@dfn.de

Telefon: +49 30 884299-37

Telefax: +49 30 884299-70

Adresse: DFN-Verein, Geschäftsstelle, Anhalter Str. 1, D-10963 Berlin

Telekom

Gerald Eichler

E-Mail: eichler@tzd.telekom.de

Telefon: +49 6151 834594

Telefax: +49 6151 834590

Adresse: T-Nova Deutsche Telekom, Innovationsgesellschaft mbH, Technologiezentrum FE12b, D-64307 Darmstadt/Germany

1 Übersicht

1.1 Gesamtprojekt

Das Gesamtprojekt gliedert sich in zwei Teile:

- Untersuchung von LAN/LAN-Kopplung über ATM Breitbandnetze.
Die Arbeiten zu diesem Teil sind in dem Abschlußbericht „Analyse und Erprobung von Strategien zur LAN/LAN-Kopplung über ATM Breitbandnetze“ ([ZJ98c]) dokumentiert.
- SVC-Pilot - Die Erprobung eines ATM-Dienstes für das B-WiN.
Im ersten Teil des SVC-Piloten (INTERCON Arbeitsbereich 4) wurde bis Mai 1998 die Möglichkeit untersucht, auf der bestehenden GDC ATM-Hardware einen SVC-Dienst bereitzustellen. Die Ergebnisse sind im „SVC-Pilot Abschlußbericht“ ([JZ98]) dokumentiert. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse wurden Teile der ATM-Hardware im B-WiN durch neue ATM-Switche der Firma Ascend ausgetauscht. Im zweiten Teil des SVC-Piloten (INTERCON Arbeitsbereich 5) wurden Untersuchungen mit der neuen Hardware durchgeführt.

1.2 Zweite Phase der Verlängerung

Im Einzelnen wurden in der zweiten Phase der Projektverlängerung folgende Arbeiten durchgeführt:

- Konformitätstests zur Signalisierung ([VG99a], [VG99b])
- Re- und ReRe-Routing-Tests in Zusammenarbeit mit der Telekom
- Anschluß lokaler ATM-Switche und Endgeräte über VP-Tunnel an die Ascend Switche
- Einrichtung von Classical IP und LAN-Emulations Netzen
Die Einrichtung von MPOA war aufgrund der fehlerhaften Punkt-zu-Mehrpunkt Verbindungen nicht möglich
- Tests mit Fore Adapterkarten mit mehreren parallelen Datenströmen und VBR
- Packet Discarding Tests (siehe Kapitel 3)

Wie vereinbart, fanden zwei Projektpräsentationen statt. Ein ganztägiger Workshop über LAN/LAN-Kopplungen ([ZJ98c]) wurde am 3. September 1998 in Darmstadt durchgeführt und fand reges Interesse in mehreren Bereichen der Telekom. Themen waren die Modelle zur LAN/LAN-Kopplung, sowie spezielle Aspekte wie Traffic Management und Routing.

Am 23. August 1999 wurde in Sankt Augustin ein Workshop zum SVC-Piloten veranstaltet ([Z99b]). Themen waren der Stand des SVC-Piloten, Packet Discarding Tests, die Klärung offener Fragen, sowie der geplante ATM-Dienst im G-WiN. Es wurden Anwendungen im Bereich Video (PCs mit Netmeeting über LAppQoS) und Audio (Suns mit XTI Programmierschnittstellen) gezeigt. Aufgrund zeitlicher Beschränkungen entfiel der Vortrag über Nutzungsmöglichkeiten; er wurde den Teilnehmern als Ausdruck zur Verfügung gestellt.

1.3 Personelles

Monika Jäger ist im November 1998 aus der GMD ausgeschieden. Ihre Arbeiten wurden von Theofanis Vassiliou-Gioles fortgeführt.

2 SVC-Pilot Erfahrungen

2.1 SVC-Pilot Netz

Die Ascend Switche wurden in den B-WiN Knoten installiert. Bei den Pilot-Teilnehmern in Sankt Augustin, Berlin und Erlangen wurden Geräte über VP-Tunnel mit den Ascend Switche verbunden. In Sankt Augustin und Berlin war dies ein Fore ATM-Switch, in Erlangen eine Sun mit Fore ATM-Karte. Der VP-Tunnel geht über 2 GDC ATM-Switche (KSS und ZSS) und ist mit 10 Mbit/s (für die Packet Discarding Tests teilweise auch mit 20 Mbit/s) definiert. Der VP ist als CBR definiert, um die Nutzung beliebiger SVCs innerhalb des VPs zu gestatten.

Die Konfiguration der angeschlossenen Geräte war ähnlich der Konfiguration, die beim Anschluß an den GDC verwendet wurde. Der Unterschied bestand lediglich aus einem größeren VC-Bereich für die SVCs von 32 – 2047. Die Signalisierung erfolgte mit public UNI 3.1 zum Ascend hin. Konfigurationsbeispiele für CISCO und Fore finden sich in [JZ98].

Emulierte Netze auf Basis von Classical IP und LAN-Emulation wurden eingerichtet, wobei die Server in Sankt Augustin plaziert waren. LAN-Emulation war aufgrund des Punkt-zu-Mehrpunkt Fehlers (s.u.) nur sehr eingeschränkt möglich.

Es traten folgende Probleme auf:

- Punkt-zu-Mehrpunkt SVCs wurden zwar eingerichtet, aber über die Verbindungen wurden keine Zellen weitergeschickt. Dieser Fehler beeinträchtigte den Betrieb erheblich und erlaubte nur eine sehr eingeschränkte Nutzung von LAN-Emulation. Der Fehler wurde an Ascend gemeldet und sollte inzwischen behoben sein.
- Zellverluste, die auf Abstimmungsproblemen zwischen Ascend und dem ATM Cross-Connect Netz beruhten. Sie konnten durch Konfigurationsänderungen bei der Telekom behoben werden.
- Unterschiedlich definierte Bereiche für VCs. Bei Ascend wird für die (public) UNI normalerweise der Bereich 32 – 2047 für SVCs verwendet. Manche Endgeräte (z.B. Fore SBA-200E) unterstützen aber nur einen kleineren Bereich. Bekommt das Endgerät einen SETUP vom Ascend mit einer zu großen VC Nummer, lehnt es diese Verbindung ab. Verbindungsaufbauten sind über einen längeren Zeitraum nicht möglich, da nur der Ascend (= Network Side) VC-Nummern vorschlagen darf. Es ist daher darauf zu achten, daß die Bereiche gleich definiert sind.
- UBR Verkehr vom Anschlußteilnehmer in das Netz hinein, kann dazu führen, daß die Kapazität des VPs zum Ascend überschritten wird. Die Folge sind beliebige Zellverluste – nicht nur des UBR-Verkehrs sondern des gesamten herausgehenden Verkehrs. Der Anschlußteilnehmer muß daher in irgendeiner Form seinen herausgehenden UBR-Verkehr kontrollieren. Während die Ascend Switche eine solche Kontrolle problemlos erlauben, bieten die gängigen ATM Switche für den lokalen Bereich (z.B. CISCO, Fore) hier nur eingeschränkte Möglichkeiten.

Insgesamt ergab sich durch den Einsatz der Ascend Switche eine deutliche Verbesserung; insbesondere in den folgenden Punkten:

- Die Signalisierungszeiten wurden wesentlich schneller. Dies führte auch zu spürbaren Verbesserungen bei den Anwendungen. Z.B. dauerten Classical IP Verbindungsaufbauten bei

Verwendung der GDC Switches bis zu 2 Sekunden; mit den Ascend Switches sanken die Zeiten auf ca. 300 ms.

- Das Verkehrsverhalten innerhalb des Netzes wurde entscheidend verbessert. Insbesondere die Behandlung des UBR-Verkehrs ist wesentlich besser geworden.

2.2 Endgeräte

An Endgeräten wurden Sun Workstations mit Solaris Betriebssystem und PCs mit Windows NT eingesetzt. Diese Maschinen waren mit Fore ATM Adaptoren ausgerüstet. Zwei Arten von Adaptoren fanden Verwendung:

- 200E Serie: Durch neue Software (ab FT 5.1) und den Betrieb der Karte im sogenannten Real Time Mode ist eine bessere Nutzung von Traffic Shaping bzw. CBR möglich. Die Granularität des Shapings wurde verbessert und es stehen jetzt mehr Queues für Verbindungen mit unterschiedlichen Bandbreiten zur Verfügung, die zudem unabhängig voneinander arbeiten. Hierdurch wird ein besserer Einsatz von CBR und geschapten UBR-Verbindungen ermöglicht.
- HE Serie: Diese Adapter unterstützen alle in der TM 4.0 des ATM Forums definierten Verkehrsarten (UBR, CBR, VBR, ABR, letzteres z.Z. nur als PVC) und stellen eine deutliche Verbesserung dar. Während der Betrieb in Sun Workstations problemlos möglich ist, weist der PC-Treiber z.Z. allerdings noch Fehler auf.

Über den SVC-Piloten wurden nur UBR und CBR-Verbindungen getestet, da die HE-Adapter nur in Sankt Augustin zur Verfügung standen.

Als Anwendungen wurden realisiert:

- IP Netze auf Basis von Classical IP und LAN-Emulation
- Videoanwendungen auf PC; basierend auf einer LANEv2 Erweiterung mit Unterstützung von QoS nutzenden ATM-Verbindungen (LappQoS).
- Audioanwendung auf Suns; über die XTI-Programmierschnittstelle wurden CBR Verbindungen für den Audio-Datenaustausch genutzt.

Mit den HE-Adaptoren ist erstmals eine weitgehend unbeschränkte Nutzung von anderen Verkehrsklassen als UBR möglich; im PC-Bereich ist die Nutzung noch eingeschränkt. Unterschiedliche Anwendungsmethoden konnten gezeigt werden.

3 Packet Discarding Tests

3.1 Problemstellung

Eine der Hauptschwächen der alten ATM-Hardware im B-WiN (GDC) ist die Behandlung von UBR Verkehr. Die GDC Switche verfügen über zu kleine Puffer und unterstützen keine Form des Packet Discardings. In den durchgeführten Tests führte dies zu einem unbefriedigenden Durchsatz bei UBR Verkehr. ([JZ98]).

Die Ascend Switche unterstützen Early Packet Discard (EPD) und es wurde die Wirksamkeit dieses Ansatzes getestet. Drei Arten von Tests wurden durchgeführt:

- UDP Verkehr in Überlastsituationen, wobei Senderate und Paketgröße variiert wurden.
- Verhalten einer einzelnen TCP-Verbindung bei Überlast, wobei die Senderate variiert wurde.
- Verhalten von mehreren TCP-Verbindungen bei Überlast, wobei die Anzahl der TCP-Verbindungen und die Senderate variiert wurde.

3.2 Testaufbau

Die Tests wurden zwischen Sankt Augustin (GMD IMK) und Berlin (GMD FOKUS) durchgeführt. Sun Workstations wurden als Sender und Empfänger verwendet. In Berlin eine Sun Sparc 20/Solaris 2.5 mit Fore SBA-200E/FT 5.1 ATM Adapter; in Sankt Augustin eine Ultra 5/Solaris 7 mit Fore HE622/FT 5.2 ATM Adapter. Abbildung 3-1 zeigt (vereinfacht) den Versuchsaufbau und die auf den ATM-Strecken verfügbaren/definierten Bandbreiten.

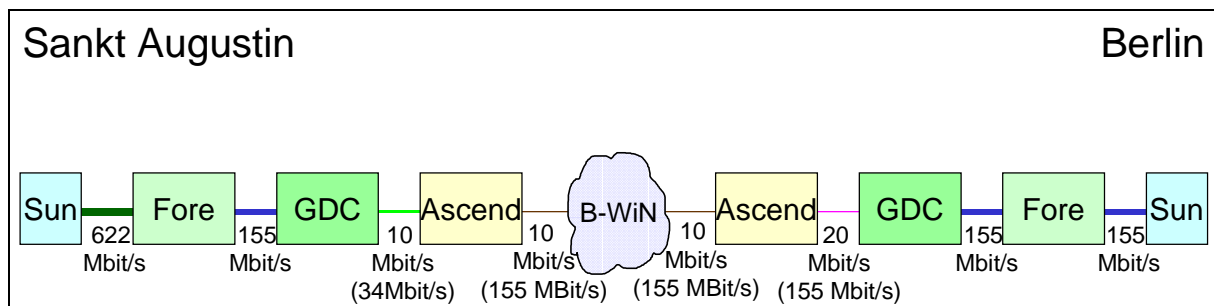


Abbildung 3-1: Testaufbau¹

Zur Erzeugung der UDP und TCP Datenströme wurde das Programm netperf (www.netperf.org) eingesetzt. Spezielle Senderaten wurden über Traffic Shaping auf den ATM-Karten erzielt. zwei Arten von ATM-Verbindungen wurden genutzt:²

- Verbindungen mit EPD im Ascend: hierfür wurden SVCs mit LAN-Emulation benutzt. Senderaten wurden mittels Fore LAppQoS eingestellt, wobei UBR Verbindungen auf eine Peak Cell Rate (PCR) geshaped wurden.

¹ Dies ist eine vereinfachte Darstellung, die nur die für die Tests wesentlichen Komponenten enthält. Die Ascend und GDC Switche sind auch Teil des B-WiNs; zwei GDC Switche (KSS und ZSS) befanden sich zwischen den lokalen Fore Switchen und den Ascend Switchen.

² EPD ließ sich auf PVCs einfach deaktivieren. Fore erlaubt Traffic Shaping von SVCs nur mit LANE/LAppQoS und von PVCs nur mit Classical IP.

- Verbindungen ohne EPD (und PPD) im Ascend: hierfür wurde ein PVC benutzt und Classical IP. Um ähnliche Bedingungen beim TCP Datentransfer zu erzielen, wurde die MTU auf 1500 Byte gesetzt.

Der erzielte Durchsatz (Anzahl der Zellen) wurde mit dem Programm adstat auf dem jeweiligen empfangenden System ermittelt. Dieses gibt die Anzahl der Zellen aus, die zu korrekten AAL 5 Frames zusammengesetzt wurden.

3.3 UDP-Tests

Ziel der UDP-Tests war es, Lastsituationen zu erzeugen, um das unterschiedliche Verhalten der Ascend-Switches mit und ohne EPD in Abhängigkeit von Paketgröße und Last zu studieren.

Von Berlin aus wurden UDP-Ströme von 10,6 und 20 Mbit/s erzeugt, und die Paketgröße von 200 Bytes bis 1500 Bytes in 50 Bytes Schritten variiert. Die ATM Zellen wurden verlustfrei durch den Fore und den GDC Switch befördert. Der Engpaß trat im Ascend Switch auf, bei dem der zum B-WiN herausgehende Datenstrom auf 10 Mbit/s begrenzt war. (Abbildung 3-2). Bei Paketgrößen von 150 und 200 Byte liegt die Sendeleistung der Maschine in Berlin unter 10 Mbit/s. Es kommt in diesem Fall zu keinen Zellverlusten.

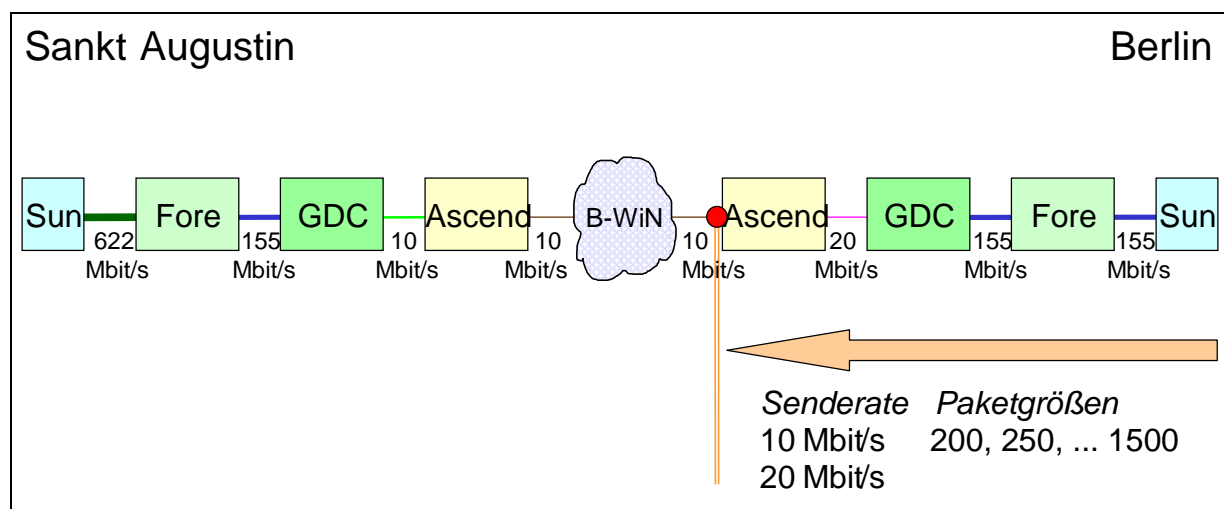


Abbildung 3-2: UDP-Tests Aufbau

Abbildung 3-3 zeigt das Verhalten bei einer leichten Überlastung der Leitung (0,6 Mbit überlastet). Bei Verwendung von EPD bleibt der Durchsatz unabhängig von der Paketgröße konstant bei ca. 23500 Zellen (10 Mbit/s). Wird EPD nicht genutzt, sinkt der nutzbare Durchsatz desto mehr, je größer die Pakete werden. Bei Paketen von 1100 Byte und größer kommt kein einziges Paket mehr korrekt an.

Ohne EPD liegt die Anzahl der insgesamt beim Empfänger ankommenden ATM Zellen auch bei ca. 23500. Die Differenz zwischen 23500 und der gemessenen Anzahl der Zellen ist die Anzahl der durch CRC-Fehler beim AAL5-Reassembling verworfenen Zellen – oder anders gesehen, die Anzahl der Zellen die nutzlos durch das Netz von dem Engpaß bis zum Empfänger befördert wurden.

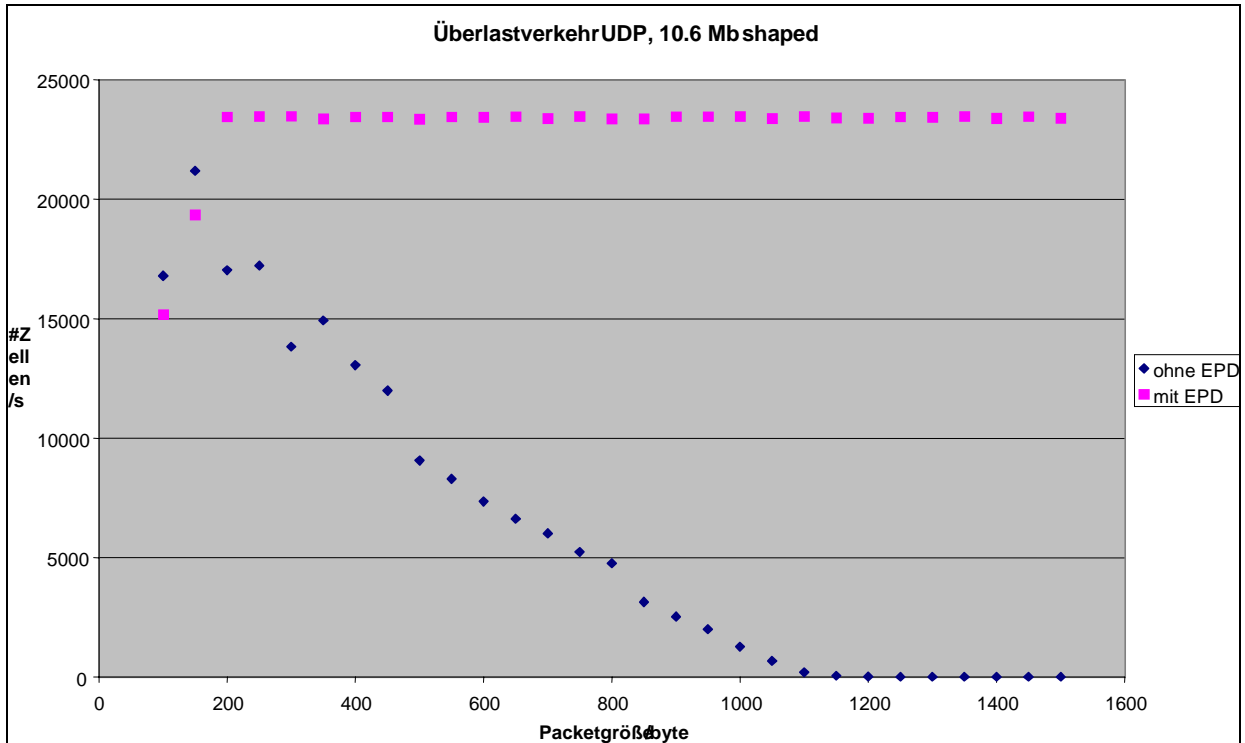


Abbildung 3-3: UDP-Tests Messung 1

Abbildung 3-4 zeigt das Verhalten bei einer größeren Last von 20 Mbit/s. Bei der Verwendung von EPD liegt wie im ersten Fall der Durchsatz konstant bei ca. 23500 Zellen. Ohne EPD sinkt in diesem Fall der Durchsatz bei steigender Paketgröße wesentlich schneller ab und liegt bei Paketgrößen über 400 Byte bei (nahezu) 0.

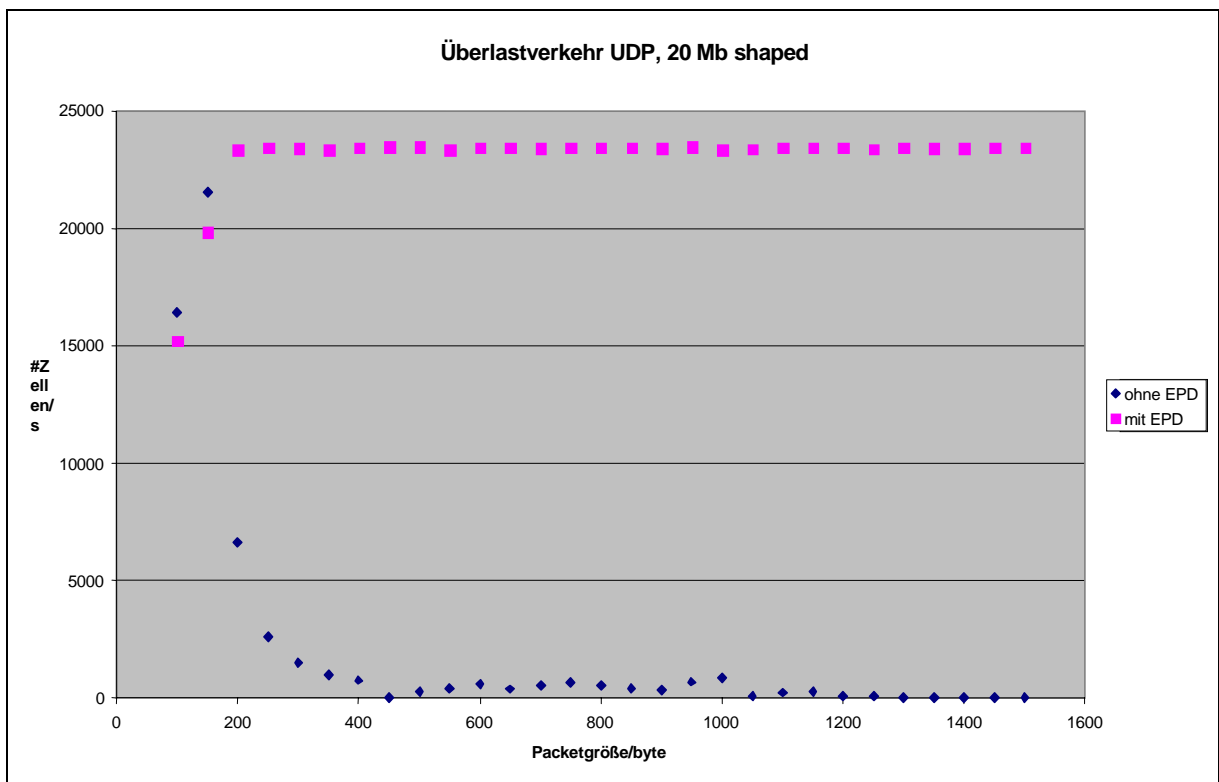


Abbildung 3-4: UDP-Tests Messung 2

Insgesamt demonstrieren die UDP-Tests deutlich den Vorteil von EPD in (konstanten) Überlastsituationen. Während bei Verwendung von EPD die zur Verfügung stehende Bandbreite für den Transport von AAL5 Frames genutzt werden kann, geht der „Goodput“ (= Anteil von Zellen, die wieder korrekt zu AAL 5 Frames zusammengesetzt werden können) ohne Packet Discarding gegen 0, wobei die Situation um so schlimmer ist, je größer die Pakete und die Last ist.

3.4 Einzelne TCP-Verbindung

Ziel dieses Tests war es, das Verhalten von Ascend (mit und ohne EPD) unter Last durch eine einzelne TCP-Verbindung festzustellen und einen Vergleich mit GDC zu ziehen.

Eine einzelne TCP-Verbindung wurde benutzt mit TCP Puffer Größen von 65535. Die Senderate wurde von 10 Mbit/s bis 20 Mbit/s in Schritten von 1 Mbit/s variiert. Beim Senden von Sankt Augustin nach Berlin trat der Engpaß im GDC in Sankt Augustin auf (Puffer oder UPC). Der GDC verwirft Zellen ohne irgendeine Form von Packet Discarding. Von Berlin wurde auf Verbindungen mit und ohne EPD gesendet, wobei hier der Engpaß im Ascend in Berlin auftrat. (Abbildung 3-5). Gemessen wurde der Durchsatz an korrekt reassemblierten Zellen beim Empfänger – nicht der TCP-Durchsatz.

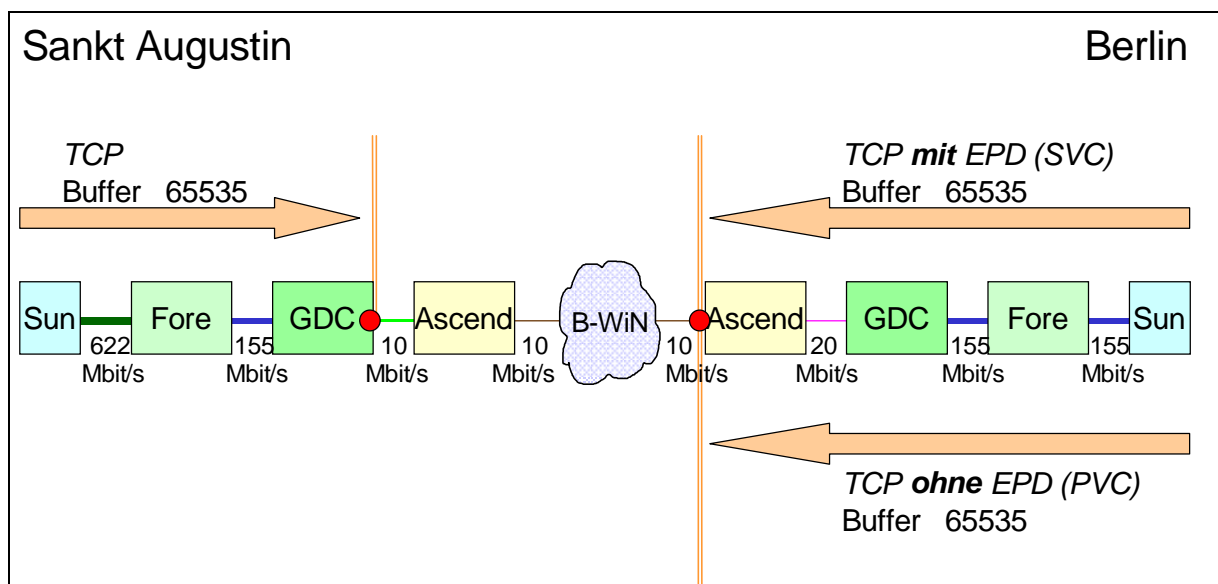


Abbildung 3-5: TCP 1 Aufbau

Die Messungen zeigen beim GDC einen Rückgang des Durchsatzes je höher die Senderate ist. Schon eine einzelne TCP-Verbindung wird durch den Engpaß innerhalb des GDCs erheblich im Durchsatz eingeschränkt. Ursache hierfür sind zum einen die kleinen Puffer des Switches, welche Zellverluste verursachen, sowie zum anderen das fehlende Packet-Discarding.

Beim Ascend gibt es keinen Unterschied zwischen der Verbindung mit EPD und der Verbindung ohne Packet-Discarding. Die Erklärung hierfür ist, daß die Puffer im Ascend größer als das einzelne TCP Fenster (65535 Byte) sind. Alle vom TCP Sender geschickten Zellen passen in den Puffer des Ascend, der die Zellen auf 10 Mbit/s shaped und weiter schickt. TCP schickt erst weitere Daten, wenn Acknowledgements vom Empfänger eingetroffen sind. Auf diese Weise kommt es nie zu einem Pufferüberlauf beim Ascend und EPD wird nicht gebraucht.

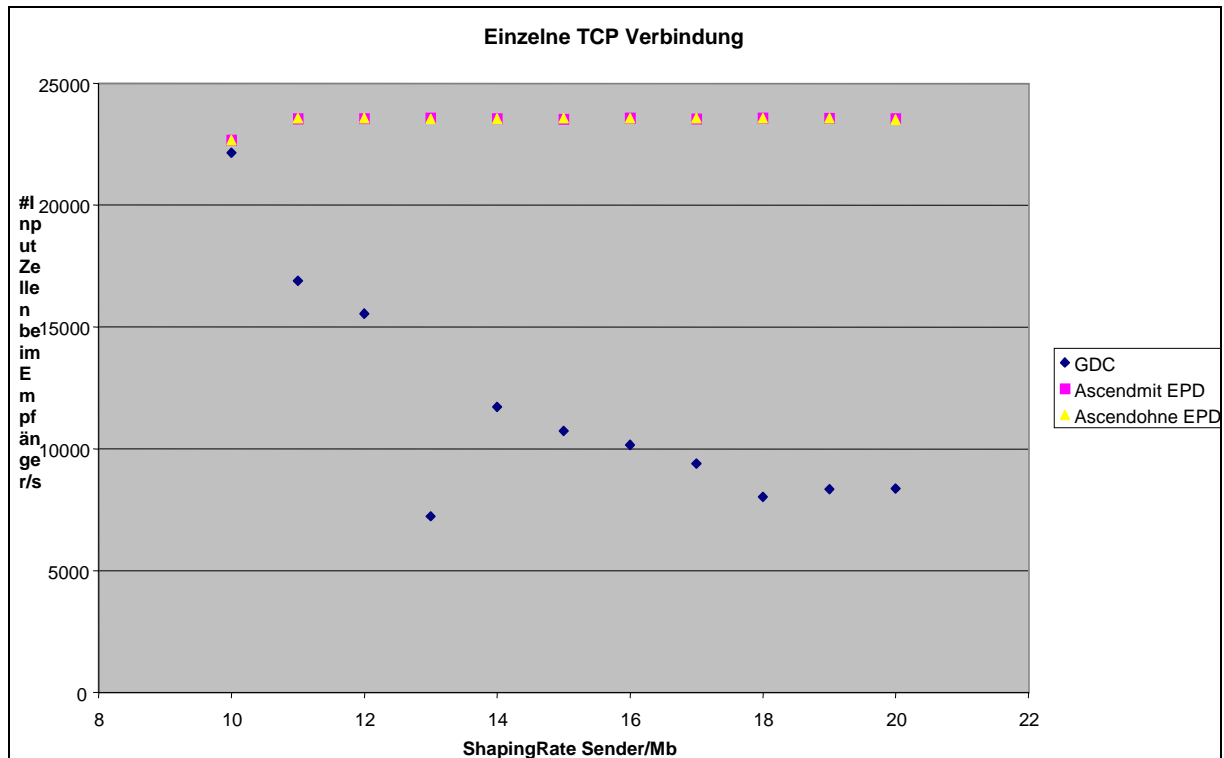


Abbildung 3-6: TCP 1 – Messung

Die Messungen mit einer einzelnen TCP Verbindung zeigen das schlechte Verhalten der GDC Switche für UBR-Verkehr in Lastsituationen. Beim Ascend kann – aufgrund des großen Puffers eine einzelne TCP Verbindung noch keine Situation erzeugen, in der es zu Zellverlusten kommt.

3.5 Mehrere TCP Verbindungen

Ziel dieses Testes war es, mit TCP Verkehr Lastsituationen mit Zellverlusten im Ascend zu erzeugen und Unterschiede zwischen EPD und fehlendem Packet Discarding festzustellen.

Von der Maschine in Berlin wurden mehrere TCP Verbindungen gleichzeitig aufgebaut (10, 50, 100 Verbindungen parallel) und zudem die Senderate variiert (10 Mbit/s bis 20 Mbit/s in 1 Mbit/s Schritten). Die TCP Fenstergröße betrug für jede TCP Verbindung 8192 Byte – ein Wert wie er z.B. standardmäßig von Sun Maschinen verwendet wird. Engpaß ist wie bei dem Test mit der einzelnen Verbindung das Interface des Ascend zum Backbone hin. (Abbildung 3-7).

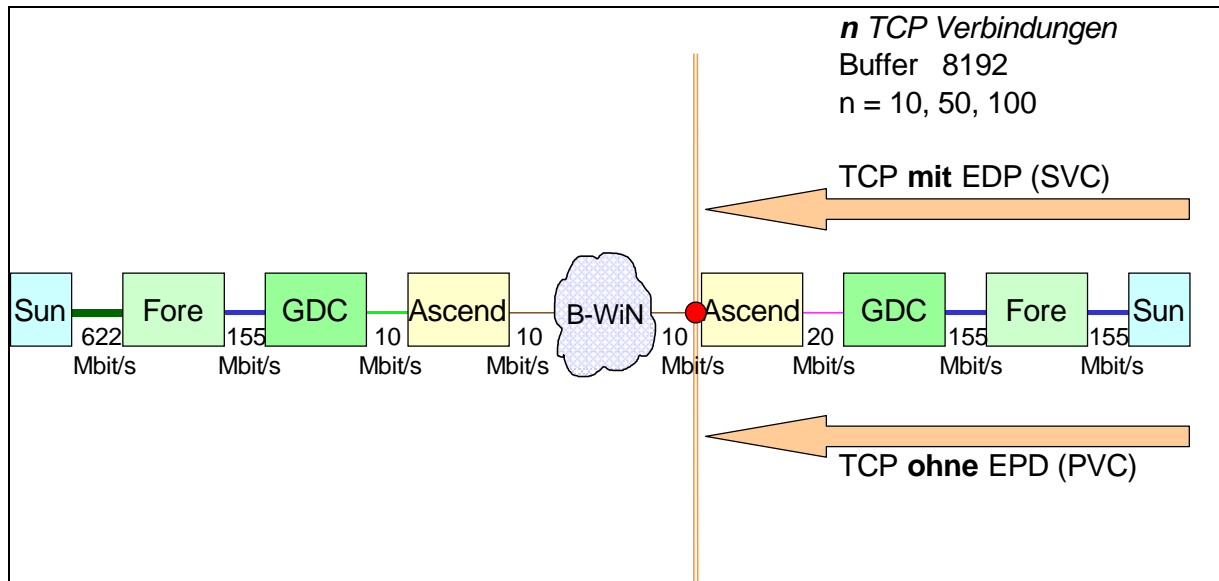


Abbildung 3-7: TCP n – Aufbau

Bei 10 parallelen TCP Verbindungen ist die Summe der TCP Fenster 81920 Bytes, was noch unterhalb der Puffergröße des Ascend liegt. Wie sich aus den Messungen ergibt (Abbildung 3-8) kommt es in diesem Fall ähnlich wie bei der einzelnen TCP Verbindung zu keinem Pufferüberlauf bzw. Zellverlust.

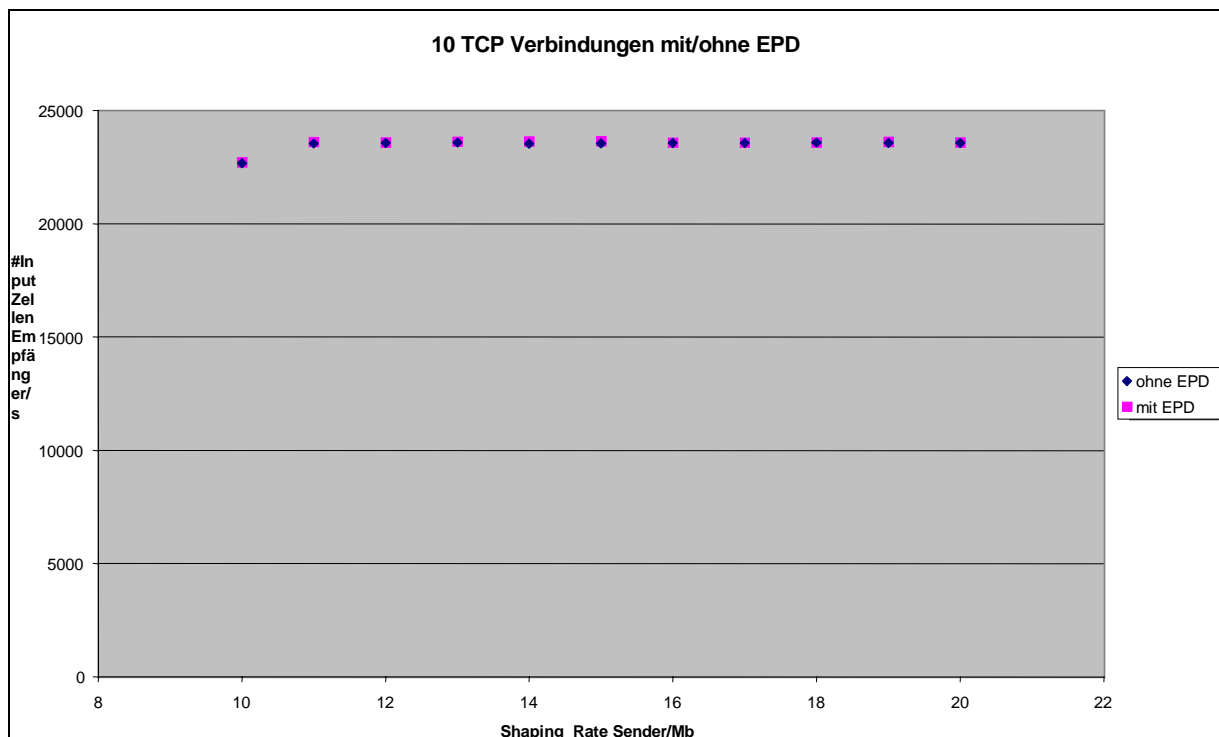


Abbildung 3-8: TCP n - 10 Verbindungen

Bei 50 parallelen TCP Verbindungen ergibt sich ein Unterschied zwischen EPD und fehlendem Packet Discarding (Abbildung 3-9). Bei fehlendem EPD sinkt der nutzbare Durchsatz um ca. 10 – 20%. Der Meßwert 15 Mbit/s mit EPD ist ein „Ausrutscher“ bzw. ein Meßfehler.

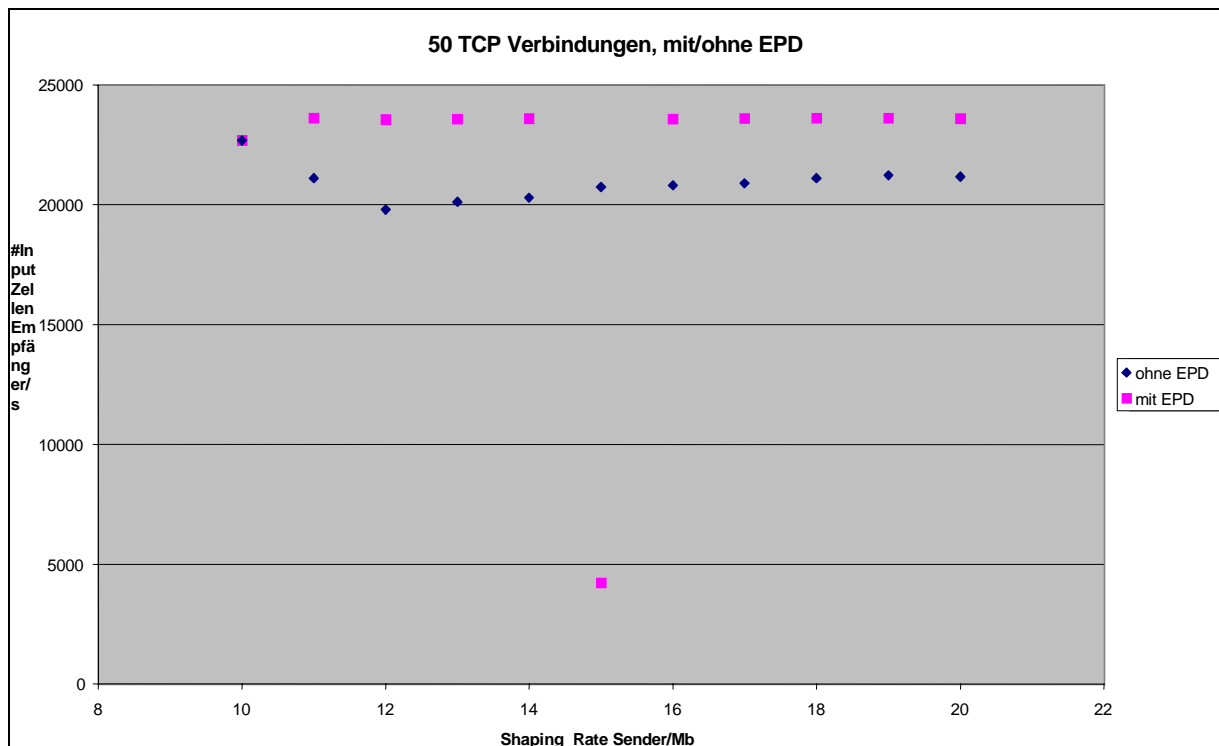


Abbildung 3-9: TCP n - 50 Verbindungen

Bei 100 parallelen Verbindungen sinkt der nutzbare Durchsatz um ca. 1000 Zellen mehr als bei 50 Verbindungen. (Abbildung 3-10).

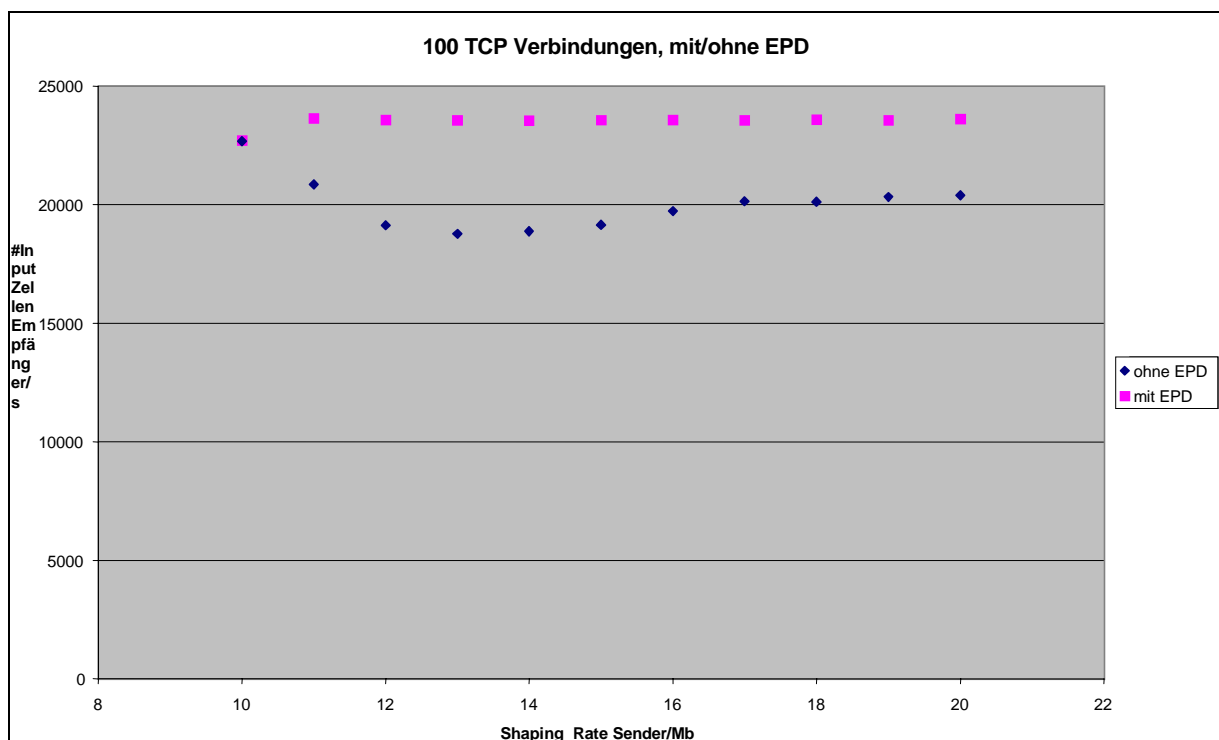


Abbildung 3-10: TCP n - 100 Verbindungen

Vergleicht man alle 3 Messungen mit EPD (Abbildung 3-11), so fällt der extrem geringe Unterschied auf. Mit EPD ist der nutzbare Durchsatz unabhängig von der Senderate und der Anzahl der TCP Verbindungen.

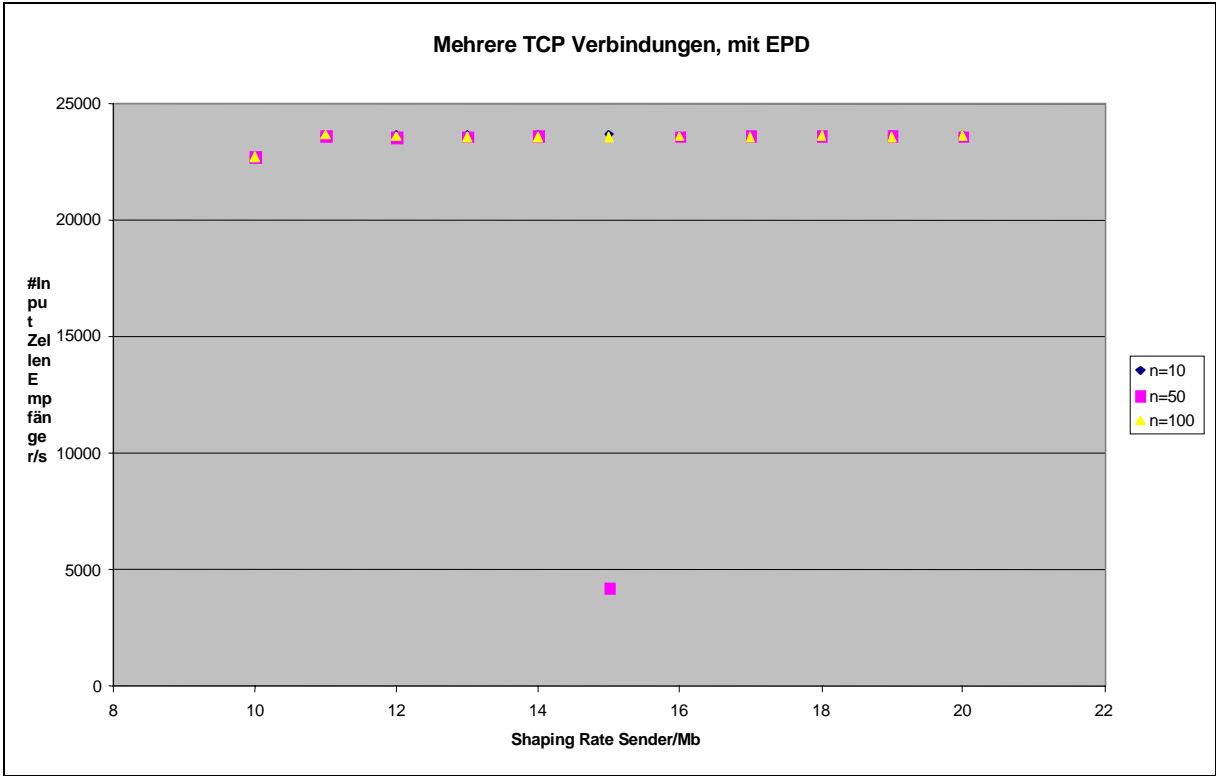


Abbildung 3-11: TCP n mit EPD

Ohne EPD ergibt sich eine Verschlechterung des Nutzungsgrades in Abhängigkeit von der Anzahl der Verbindungen (Abbildung 3-12). Bei einer festen Anzahl von TCP Verbindungen führt eine Erhöhung der Senderate allerdings zu einer leichten Verbesserung des Durchsatzes. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, daß im Falle eines Pufferüberlaufs bei höheren Senderaten mehr Zellen eines AAL5 Frames gelöscht werden als bei niedrigeren Senderaten. Das Löschen ist in diesem Falle effektiver.

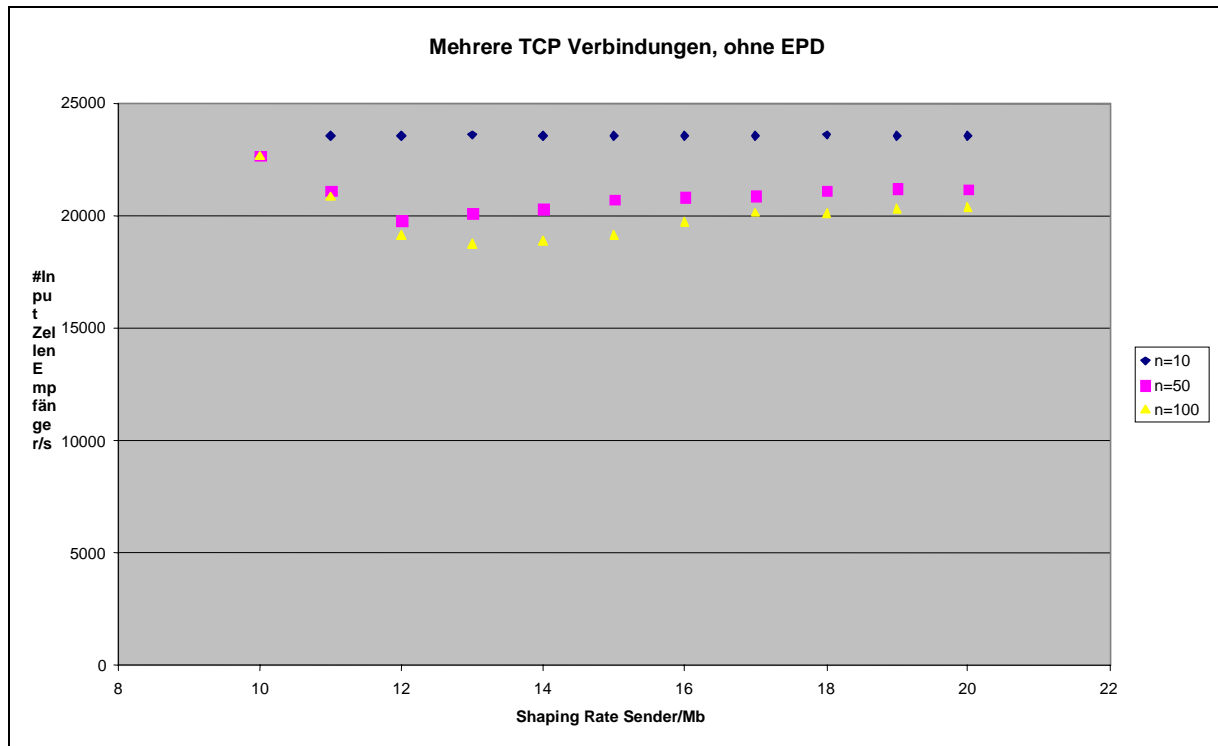


Abbildung 3-12: TCP n ohne EPD

Insgesamt ergeben die Messungen mit parallelen TCP Verbindungen, daß bei Verwendung von EPD der nutzbare Durchsatz unabhängig von der Anzahl der Verbindungen und der Last ist. Bei fehlendem Packet Discarding sinkt der Durchsatz in Abhängigkeit von der Anzahl der Verbindungen, wobei bei einer geringen Anzahl von TCP Verbindungen mit geringen Fenstergrößen es überhaupt nicht zum Verwerfen von Zellen/Paketen kommt. Anders als beim GDC kommt es beim Ascend aber nicht zu einem totalen Kollaps – hierfür sind wohl die größeren Puffer verantwortlich.

3.6 Meßfehler und Fallstricke

Die Versuchsaufbauten und die Messungen weisen eine Reihe von (möglichen) Fehlerquellen auf:

- Die Empfangsmaschine hatte auch andere Netze auf dem Interface definiert. Die mit ad-stat gemessenen empfangenen Zellen können daher auch von anderen ELANs stammen. Die Abweichung ist allerdings als minimal anzunehmen (<100 Zellen).
- Die Sendemaschine (Sparc 20) verfügte über nicht genug Leistung. Bei den UDP Tests hat sie daher bei Paketen mit 100 – 200 Byte keine 20 Mbit/s erreichen können.
- Es wurden zwei unterschiedliche Einkapsulierungen (LANE und Classical IP) verwendet. Je nach Paketgröße kann es zu Abweichungen von einer Zelle je Paket kommen.

- Die Granularität der Shapingrate der Maschine in Berlin ist relativ grob (SBA-200E ohne Real Time Mode). Die Shapingrate ist nur in Schritten von ca. 400 Kbit/s einstellbar; die genauen Werte sind der Fore Dokumentation zu entnehmen.
- Die Anzahl der Zellen, die wegen CRC-Fehlern verworfen wurden – der „Müll“, welcher wegen fehlendem Packet Discarding unnötig durchs Netz transportiert wird – konnte nicht exakt erfaßt werden. Bei den UDP Tests ist davon auszugehen, daß er exakt der Differenz zwischen den gemessenen Werten und der verfügbaren Bandbreite (10 Mbit/s bzw. ca. 23500 Zellen) entspricht. Die UDP Senderate war konstant durchs Shaping beim Sender bestimmt. Bei TCP Messungen kann es auch dazu kommen, daß das TCP die Senderate unter 10 Mbit/s herunter regelt. Wie Stichproben ergaben, ist dies bei einer größeren Anzahl von TCP Verbindungen nicht der Fall.
- Alle TCP Verbindungen gehen von einem Sender zu einem Empfänger über einen VC. Die TCP/IP Pakete werden daher in der IP-Queue des Senders hintereinander gestellt, zur ATM-Karte übertragen und dort in die Shaping Queue gestellt und auf einen VC gesendet. Die Folge ist, daß alle Zellen eines Paketes an einem Stück hintereinander versendet werden; es findet also kein Durchmischen von Zellen statt.
- Es wurde der nutzbare VC Durchsatz gemessen – nicht der TCP Durchsatz, der aus Sicht der Anwendung letztlich entscheidend ist. Die Durchsatzwerte für die einzelnen TCP Verbindungen wurden zwar erfaßt; in der Praxis kommt es aber zu Verschiebungen der Anfangs- und Endzeiten der netperf Verbindungen, so daß die Summe der Durchsätze nicht dem tatsächlichen Durchsatz entsprechen muß.

3.7 Fazit Packet Discarding

Early Packet Discard (EPD) bewies in den UDP Tests klar seine Leistungsfähigkeit in Überlastsituationen gegenüber dem beliebigen Löschen von ATM Zellen. EPD führt zu einer deutlichen Erhöhung der nutzbaren Bandbreite. Der Einsatz von EPD wird daher empfohlen.

Schwieriger zu beantworten ist die Frage, ob generell ein Betrieb ohne EPD (oder auch Partial Packet Discarding PPD) möglich ist. Für Extremfälle ist die Antwort klar:

- Gehen nur wenige TCP Verbindungen über den VC, so kann auf EPD verzichtet werden – da es zu wenigen/keinen Lastsituationen kommt.
- Gehen extrem viele TCP Verbindungen und/oder unkontrollierter UDP Verkehr über die ATM Verbindung und kommt es häufig zu Lastsituationen, so sollte auf EPD nicht verzichtet werden.

4 Fazit

Durch den Einsatz der Ascend Switches kam es zu einer deutlichen Verbesserung für den SVC-Piloten; insbesondere die Geschwindigkeit der Signalisierung und die Behandlung von UBR-Verkehr wurden wesentlich verbessert. Probleme traten auf bei Punkt-zu-Mehrpunkt Verbindungen, sowie im Zusammenhang mit dem Senden von UBR-Verkehr vom Anschlußnehmer zum Netz.

Im Endgerätebereich kam es bei den verwendeten Fore ATM Adapterkarten zu zwei Verbesserungen. Zum einen wurde auch bei der älteren Hardware (200E Serie) durch neue Software Verbesserungen bei der Granularität des Shapings sowie bei der Behandlung mehrerer paralleler Datenströme erzielt. Zum anderen ist mit neuer Hardware (HE Serie) erstmals die Nutzung aller vom ATM Forum definierter Verkehrsklassen möglich.

5 Berichte, Vorträge und Veranstaltungen

Die folgenden Berichte, Vorträge und Veranstaltungen wurden im Rahmen des Projektes INTERCON erzeugt bzw. durchgeführt.

- [ZJ97a] Lothar Zier, Monika Jäger, Iouri Pakhomenko: LAN-LAN Connections over ATM Broadband Networks, Project INTERCON, Technical Report No. 1, March 1997.
- [ZJ97b] Lothar Zier, Monika Jäger: Lokale Signalisierungstests am B-WiN Kunden-Service-Switch, Bericht, Oktober 1997.
- [ZJ97c] Lothar Zier, Monika Jäger: Lokale LAN/LAN-Kopplungen mit Classical IP und LAN-Emulation, Erfahrungsbericht, Oktober 1997.
- [Jae97] Monika Jäger: Test Report For UNI 3.1 Network Side - GDC Apex MAC and Fore ASX-200, October 1997.
- [Pie97] Stephan Pietsch: Protocol Conformance Test Report For UNI 3.1 Network Side - GDC Apex Mac, October 1997.
- [ZJ98a] Lothar Zier, Monika Jäger: ATM SVC-Pilot, DFN-Symposium Fortgeschrittene Kommunikationstechnik, ATM-Arbeitskreis, Berlin, 10/11 Februar 1998.
- [ZJ98b] Lothar Zier, Monika Jäger: INTERCON Abschlußdemo, 26 März 1998. (Programm und Folien zur Abschlußdemonstration)
- [JZ98] Monika Jäger, Lothar Zier, Wilfried Maas, Marius Koziol, Ursula Hilgers, Iris Heller: SVC-Pilot Abschlußbericht, Mai 1998.
- [ZJ98c] Lothar Zier, Monika Jäger: Analyse und Erprobung von Strategien zur LAN/LAN-Kopplung über ATM Breitbandnetze, Projekt INTERCON, Abschlußbericht, Juni 1998.
- [ZJ98c] Lothar Zier, Monika Jäger: LAN-Kopplung über ATM, Projekt INTERCON, INTERCON Workshop Darmstadt, 3. September 1998.
- [VG99a] Theofanis Vassiliou-Gioles: Protocol Conformance Test Report for SSCOP – Ascend CBX-500, Februar 1999.
- [VG99b] Theofanis Vassiliou-Gioles: Protocol Conformance Test Report for UNI 3.1 – Network Side - Ascend CBX-500, Februar 1999.
- [Z99a] Lothar Zier: ATM SVC-Pilot - Anwendersicht, DFN-Symposium Fortgeschrittene Kommunikationstechnik, ATM-Arbeitskreis, Berlin, 10. März 1999.
- [Z99b] Lothar Zier: Projekt INTERCON - Workshop, Sankt Augustin, 23. August 1999. Demonstration von Anwendungen im Video und Audio Bereich; Folien zu den Demonstrationen, zu Anwendungsmöglichkeiten und zu Packet Discarding.