

Internet-Zugang per xDSL

– Ergebnisse von Verkehrsmessungen und Konsequenzen

oder

„Was bringt xDSL dem Nutzer?“

Joachim Charzinski

Siemens AG, München, Information and Communication Networks

E-Mail: j.charzinski@ieee.org

Web: <http://www.jcho.de/jc/>

Kurzfassung

Dank des sehr guten Ausbaus des Telefonnetzes bietet es sich in den Industrieländern an, die Kupfer-Zweidrahtleitungen auch für den Zugang zum Internet einzusetzen. Hierfür stehen verschiedene DSL-Techniken zur Verfügung. Der Schwerpunkt dieses Beitrages liegt jedoch nicht auf der technischen Realisierung und den physikalischen Randbedingungen dieser Techniken, sondern vielmehr auf den Verkehrsanforderungen heutiger Internet-Anwendungen. Auf der Basis von Messungen an Modem-, ISDN- und ADSL-basierenden Internet-Zugängen wird gezeigt, wie sich Internet-Anwendungen verhalten und welchen Grad an Symmetrie oder Asymmetrie der entstehende Paketverkehr aufweist. Aus diesen Beobachtungen lassen sich Empfehlungen für den Einsatz verschiedener Techniken bei verschiedenen Nutzerprofilen ableiten.

Gliederung

1. Einleitung

1.1 Zugangsmedien und –techniken

1.2 Evolution der Bitraten

Eine kurze Diskussion der Zugangstechniken und der Entwicklung der Bandbreiten im Teilnehmeranschlussbereich, deren Extrapolation zur Abschätzung der in der Zukunft benötigten und bezahlbaren Bandbreiten dienen kann.

2. Technischer Hintergrund

2.1 Messungen

2.2 TCP-Eigenschaften

Der Ursprung der im folgenden verwendeten Messdaten und die Einflüsse des Internet-Transportprotokolls TCP auf den Anwendungsverkehr.

3. xDSL aus der Sicht der Nutzer

3.1 Bandbreite

3.2 Verzögerung

3.3 Symmetrie

Die verschiedenen Vorteile von xDSL-Zugängen für IP-Nutzer. Die wesentlichen Vorteile der hohen Bandbreite, der geringen Paketverzögerung sowie die Frage der Symmetrie oder Asymmetrie des Verkehrs werden anhand von Messergebnissen belegt und diskutiert.

4. xDSL aus der Sicht des Netzbetreibers

Die Vorteile von xDSL-Zugängen für Netzbetreiber.

5. Zusammenfassung

Literaturhinweise

Die Folienpräsentation und eine Farbversion dieses Artikels wird nach dem Vortrag im Internet unter <http://www.jcho.de/jc/Pubs/> zur Verfügung gestellt.

1. Einleitung

1.1 Zugangsmedien und -techniken

Beim Anschluss von Privathaushalten an Kommunikationsnetze entfallen erhebliche Investitionen auf die letzten Meter zwischen öffentlichem und privatem Bereich. Daher liegt es nahe, die bereits existierenden elektrischen Verbindungswege ins Haus auch für die Breitband-Kommunikation, z.B. den Internet-Zugang, zu nutzen. Abb. 1 zeigt die in den meisten Haushalten bereits vorhandenen Verbindungen zur Außenwelt: Stromversorgung, Telefonkabel und Breitband-Fernsehkabelanschluss. Jeder dieser drei Wege lässt sich im Prinzip auch zur Übertragung von IP-Daten nutzen. Der klassische Weg der Datenübertragung über die Telefonleitung im Telefonie-Sprachband mittels Modem hat mittlerweile mit dem Standard der 56kbit/s-Modems seine Grenzen gefunden. Wie mit der Modem-Technik, belegt auch bei ISDN eine Einwahlverbindung für Daten mindestens einen Nutzkanal (B-Kanal), solange sie aktiv ist. In beiden Fällen verbrauchen Einwahlverbindungen somit Ressourcen im Telefonnetz, auch wenn auf der Verbindung keine Nutzdaten (IP-Pakete) übertragen werden.

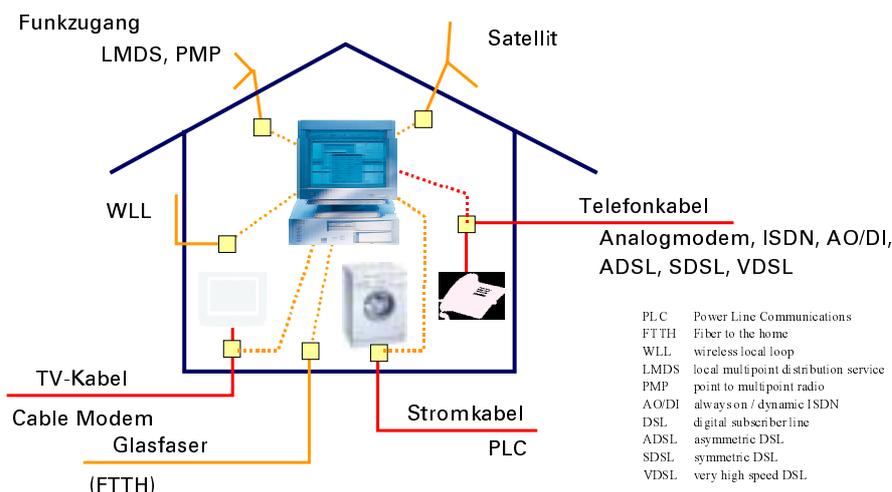


Abbildung 1: Zugangsmedien und -techniken

Ein erster Schritt hin zur dynamischeren Kanalzuweisung auf der Telefonleitung ist das AO/DI-Konzept („always on / dynamic ISDN“), bei dem zunächst nur eine paketorientierte Übertragung im ISDN-D-Kanal erfolgt. Nur zur Übertragung größerer Mengen von Nutzdaten werden dynamisch ein oder zwei B-Kanäle zugeschaltet. Dabei ist zu beachten, dass durch den schnellen Auf- und Abbau von B-Kanälen zwar die Verbindungslast in den Vermittlungseinrichtungen reduziert wird, die Signallerlast gleichzeitig aber erheblich steigen kann.

Werden dagegen auch vermittlungsstellenseitig neue Leitungsabschlusseinheiten eingesetzt, dann kann die Telefonleitung – je nach Länge und Qualität der Leitung – auch mit Modulationsverfahren betrieben werden, die die Übertragung wesentlich höherer Datenraten erlauben. Bei ADSL (asymmetric digital subscriber line) außerhalb des normalen Telefon- oder ISDN-Frequenzbandes Daten mit Raten von bis zu 8Mbit/s zum Teilnehmer und bis zu 800kbit/s vom Teilnehmer übertragen. Der Fokus der SDSL-Technik [1] liegt auf einer symmetrischen Übertragung, die Raten von bis zu 2Mbit/s erreichen kann. Die VDSL-Technik (very high speed digital subscriber line) erreicht über relativ kurze Vierdrahtleitungen Raten bis 30Mbit/s.

Zur Nutzung des Breitband-Fernsehkabels stehen sogenannte „Cable Modems“ zur Verfügung, die paketorientiert Spitzen-Übertragungsgeschwindigkeiten von mehreren 10 Mbit/s ermöglichen. Durch die gemeinsame Nutzung des Kanals mit anderen Teilnehmern im Vielfachzugriff kann allerdings die tatsächlich verfügbare Übertragungsrate deutlich geringer ausfallen. Mit einer ähnlichen Technik, die unter „Power Line Communications“ (PLC) firmiert, ist es sogar möglich, auf der Stromversorgungsleitung, die hinter dem letzten Mittelspannungs-Transformator mehrere Haushalte erreicht, momentan einen Kanal mit bis zu 10Mbit/s zur Verfügung zu stellen. In all diesen Fällen kann es allerdings nötig sein, dass trotz Vorhandenseins der Leitung ins Haus zwischen dem Netzanschlusspunkt (Network Termination, NT) und dem Daten-Endgerät innerhalb einer Wohnung noch zusätzliche Kabel verlegt werden müssen, was auch nicht unerhebliche Kosten verursachen kann.

Neue Zugänge ins Haus können durch Funkübertragung oder durch das Verlegen neuer Kabel (hier bieten sich Fiber-to-the-Home-Lösungen (FTTH) mit Glasfaserkabeln an) ins Haus geschaffen werden. Beispiele für den Datentransport über Funk firmieren unter den Begriffen WLL (wireless local loop, eine Schmalbandtechnik), PMP (point to multipoint radio) und LMDS (local multipoint distribution system). Eine Sonderstellung nehmen satellitenbasierte Techniken ein, bei denen ein sehr großer Einzugsbereich gemeinsam mit hoher Bitrate (zumindest im „downstream“, also zu den Teilnehmern hin) versorgt werden kann. Die Gegenrichtung („upstream“, von den Teilnehmern zum Netz) wird dann über einen ISDN-B-Kanal oder über relativ komplizierte Kanalzugriffsverfahren über Satellit realisiert.

1.2 Evolution der Bitraten

Die Stützpunkte in Abb. 2 zeigen die Entwicklung der jeweils typischen Modemgeschwindigkeit für Telefonleitungen in der Zeit von 1985 (300bit/s) bis 1998 (56kbit/s). Dies sind nicht die jeweiligen Labor-Weltrekorde, sondern die (zumindest ab ca. 1990) von Privatanutzern im Massenhandel gekauften Geräte. Eine Extrapolation dieser Exponentialfunktion (im halblogarithmischen Diagramm als Gerade zu sehen) lässt ein weiteres Anwachsen der typischen Zugangs-Bitraten um einen Faktor 100 in den nächsten 10 Jahren vermuten.

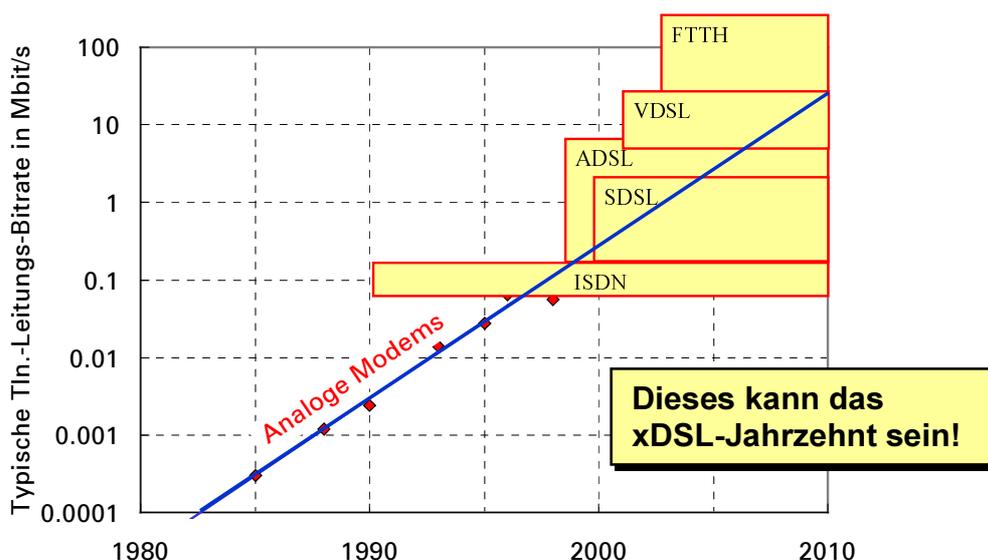


Abbildung 2: Evolution der Bitraten

Die eingezeichneten Kästen zeigen den jeweils möglichen Bitraten-Bereich verschiedener xDSL-Techniken und der FTTH-Technik, die allerdings potentiell weit in den Gbit/s-Bereich reichen kann. Das bisherige Wachstum der Bitraten im Anschlussbereich könnte also aufrechterhalten werden, wenn in den nächsten Jahren ADSL-, SDSL- und VDSL-Techniken zum Einsatz kommen.

2. Technischer Hintergrund

2.1 Messungen

In den folgenden Abschnitten werden Ergebnisse aus zwei Verkehrsmessungen zur Argumentation und zur Quantifizierung der Argumente herangezogen. Die erste Messung, im folgenden als „Trace A“ bezeichnet, wurde in einem ADSL-Feldversuch [2] in Münster durchgeführt. Dabei wurde der Paketverkehr von etwa 100 Teilnehmern zyklisch in 15 Gruppen von je 6–7 Teilnehmern beobachtet. Die Teilnehmerleitungen waren auf 2.5Mbit/s (upstream) und 384kbit/s (downstream) konfiguriert.

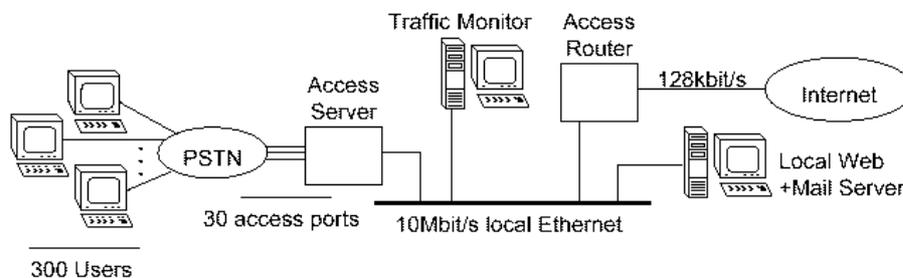


Abbildung 3: Messaufbau und Netzstruktur für die Aufzeichnung von Trace B

Die zweite Messung („Trace B“) wurde im Bürgernetz Fünfseenland, einem privaten ISP (Internet Service Provider) in der Nähe von München, aufgezeichnet. In Abb. 3 ist exemplarisch die entsprechende Netzstruktur dargestellt. Ca. 300 Teilnehmer konnten sich über 30 Zugangspoints mit Modem- oder ISDN-Verbindungen ins IP-Netz einwählen, wobei ISDN-Kanalbündelung und Datenkompression zugelassen waren. Über ein lokales Ethernet-Segment kommunizierten die Teilnehmer mit einem lokalen Web- und Mail-Server und mit dem Internet. An diesem Segment zeichnete ein auf dem Programm tcpdump basierender Verkehrsmonitor die Paketköpfe des gesamten Verkehrs auf. Durch diese Anordnung war es möglich, wie bei Trace A auch, den gesamten Teilnehmerverkehr der Nutzer zu erfassen. Die Auswertung erfolgte nachträglich („offline“), wobei in Trace B 1.5 Mio. und in Trace A 0.5 Mio. HTTP/TCP-Verbindungen analysiert wurden.

2.2 TCP-Eigenschaften

Das Transportprotokoll TCP (transmission control protocol) wird im Internet eingesetzt, um auf dem verbindungslosen und ungesicherten Paketvermittlungsdienst des IP-Netzes gesicherte Ende-zu-Ende-Verbindungen zu realisieren. Entsprechend erzeugt TCP auch eigenen IP-Paketverkehr, um seine Verbindungsverwaltung und die Sicherung der Übertragung zu realisieren. Eine weitere, insbesondere bei Planungsfragen wichtige Eigenschaft von TCP ist die Fluss-Steuerung, die die Übertragungsraten an die jeweils im Netz verfügbare Kapazität anpasst und den Datenverkehr somit „elastisch“ macht. Diese Eigenschaft soll aber im vorliegenden Beitrag nicht diskutiert werden.

3.1 Bandbreite

Wie bereits in Abb. 2 gezeigt, hat sich die Daten-Übertragungsgeschwindigkeit auf den Teilnehmeranschlussleitungen in den vergangenen 15 Jahren alle fünf Jahre verzehnfacht. Dabei stand für die Nutzer bei der Anschaffung eines neuen Modems jeweils die komfortablere Nutzung der bereits vorher genutzten Dienste mit höherer Übertragungsgeschwindigkeit im Vordergrund. Neue Dienste wurden entweder vorher schon (mit entsprechend schlechter Qualität) genutzt, oder sie wurden erst nach der Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit akzeptiert. Als Beleg für diese Behauptung soll die Aufstellung der relativen Nutzung des Zugangs durch verschiedene IP-Anwendungen in Abb. 5 dienen [3].

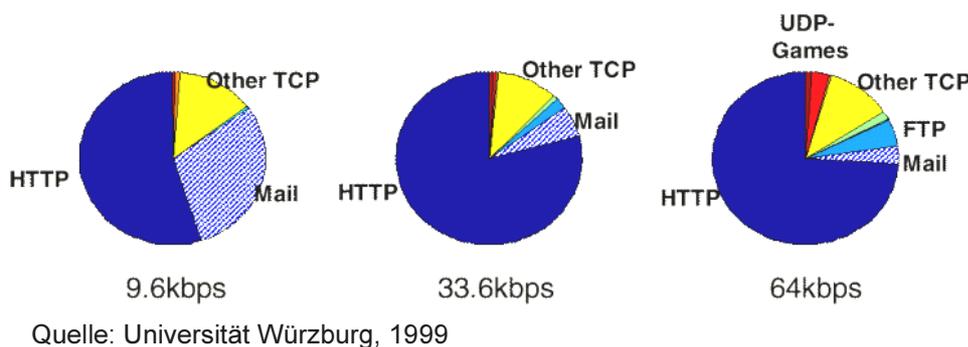


Abbildung 5: Einsatz von Anwendungen in Abhängigkeit der Zugangs-Bitrate

Die beobachtete relative Nutzung der Anwendungen durch ISDN-Nutzer ist der von 33.6kbit/s-Modem-Nutzern sehr ähnlich. Der Großteil des Verkehrs und der Nutzungszeit entfällt auf Web-Zugriff (HTTP), E-Mail und andere (nicht klassifizierbare) TCP-basierte Protokolle. Lediglich der größere Anteil von UDP-basierten Spielen beim ISDN-Zugang zeigt, dass die Nutzer auch in den Bereich neuer Anwendungen vordringen.

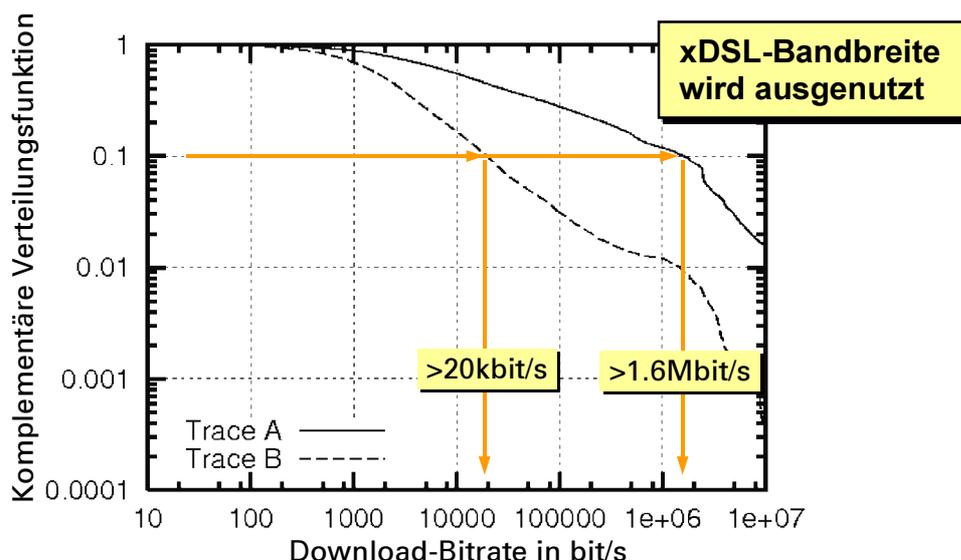


Abbildung 6: Verteilung der Download-Geschwindigkeiten

Dass eine erhöhte Übertragungsgeschwindigkeit auf der Teilnehmeranschlussleitung im heutigen Internet bereits ausgenutzt werden kann, zeigt Abb. 6. Hier ist für einzelne Web-Elemente die Verteilung der Download-Geschwindigkeit angegeben, die aus

den Traces A und B extrahiert wurde. Dabei wurden nur die ca. 70% der Ladevorgänge berücksichtigt, in denen das geladene Element in mindestens zwei IP-Paketen übertragen wurde, so dass die Berechnung einer solchen Rate überhaupt sinnvoll war. Die dargestellten komplementären Verteilungsfunktionen lassen sich folgendermaßen ablesen: Zu einem Wert x_0 auf der x-Achse gehört eine auf der y-Achse angegebene Wahrscheinlichkeit p_0 , mit der dieser Wert überschritten wird. Man sieht leicht, dass, während in Trace B mit Modems und ISDN in 10% aller Ladevorgänge eine Rate von 20kbit/s überschritten wurde, in Trace A mit ADSL derselbe Anteil der Ladevorgänge eine Bitrate von mindestens 1.6Mbit/s erreichte. Diese Raten wurden bereits im Jahr 1998 in den Internet-Backbones erreicht und sollten angesichts des allgemeinen Bitraten-Wachstums heute eher noch höher liegen.

3.2 Verzögerung

Eine detaillierte Analyse der Traces und der in ihnen aufgezeichneten Übertragungsvorgänge und der jeweils vorliegenden Zustände der TCP- und HTTP-Verbindungen sowie der teilweise nötigen DNS (Nameserver) Abfragen führt zu dem in Abb. 7 grafisch dargestellten Vergleich der beobachteten Verzögerungen.

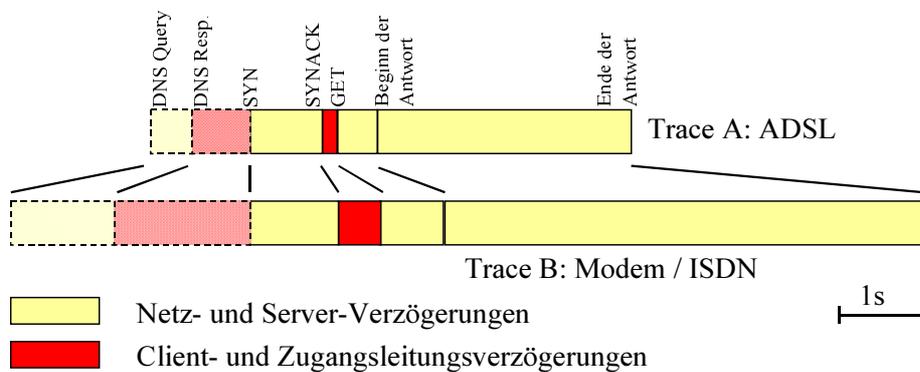


Abbildung 7: Mittlere Verzögerungen in den verschiedenen Phasen einer HTTP/TCP-Verbindung

Falls nötig, wird zunächst für den Namen des angewählten HTTP-Servers eine IP-Adresse nachgeschlagen (Absenden eines DNS Query-Paketes). Nach Empfang der Antwort (DNS Response) kann der Client-Rechner eine Verbindung zum angewählten HTTP-Server aufbauen. In Abb. 7 sind nur die Zeitpunkte der Beobachtung der ersten beiden Verbindungsaufbaupakete (SYN und SYN+ACK) eingetragen. In der aufgebauten TCP-Verbindung findet nun das gewünschte Element mit Hilfe eines HTTP-GET-Request-Paketes angefordert. Der Vorgang ist in Abb. 8 für den einfachen Fall eines Elementes dargestellt, das in einem Paket vollständig übertragen werden kann. Das GET-Request-Paket wird vom Server mit einer Empfangsbestätigung, einer Statusmeldung oder dem ersten Paket der Antwort beantwortet. Der abschließende Verbindungsabbau ist in Abb. 7 nicht dargestellt, da er auf die vom Nutzer beobachteten Verzögerungen nur einen sehr geringen Einfluss hat.

Der optische Vergleich der mittleren Verzögerungen bei den Messungen A und B zeigt zunächst die mit Modem- oder ISDN-Zugang offensichtlich wesentlich längere Dauer der Übertragungsphase. Auch die Server-Reaktionszeiten zwischen TCP SYN und SYN+ACK sowie die Reaktion auf das GET-Request-Paket war beim ADSL-Zugang kürzer. Auffallend ist allerdings auch der größere Anteil der Client-Reaktionszeiten in Messung B. Hierzu muss beachtet werden, dass die Erfassung von Trace B am netzseitigen Ende der Modem- bzw. ISDN-Strecken erfolgte. Verzögerungen durch die Modem- oder ISDN-Protokolle auf der Teilnehmeranschlussleitung wurden

daher messtechnisch als Teil der Client-Reaktionszeiten erfasst. Bis zum Start der Übertragung läuft, wie auch in Abb. 8 zu sehen ist, die Kommunikation zwischen Client und Server rein seriell ab. Daher kann in dieser kritischen Phase des Wartens die geringere Verzögerung von xDSL-Techniken erheblich zur Verbesserung der vom Teilnehmer beobachteten Dienstgüte beitragen. Dies ist auch ein Vorteil von xDSL gegenüber Shared-Media-Techniken wie Cable Modems. Dieser Vorteil wird umso relevanter, als Web-Seiten oft eine große Anzahl kleiner Elemente enthalten, die zwar teilweise in parallelen Verbindungen und teilweise nacheinander in derselben Verbindung abgerufen werden, die aber jeweils einzeln vom Server angefordert werden müssen.

3.3 Symmetrie

Neben der bereits besprochenen Paketfolge sind in Abb. 8 die Anteile der jeweiligen Paket-Typen an den insgesamt beobachteten HTTP-bezogenen Paketen und Verkehrsvolumina in beiden Messungen [4]. In den ca. 2 Millionen Verbindungen entfielen 12% der Pakete auf den TCP-Verbindungsaufbau und 8% auf den TCP-Verbindungsabbau, wobei nur ca. 75% aller Verbindungen geregelt abgebaut wurden. Im Mittel wurden 1.5 GET-Requests, 10 Nutzdatenpakete und 7.5 Bestätigungspakete in einer Verbindung übertragen. Das Verhältnis der Anzahl von Upstream- zu Downstream-Paketen betrug im Mittel 1:1.05. Durch die geringe Größe der Verbindungsmanagement- und Bestätigungspakete (60 Bytes incl. Ethernet-Overhead) ergibt sich für das Verkehrsvolumen eine mittlere Asymmetrie von 1:7.9, wobei der größte Teil des Upstream-Verkehrs auf die GET-Request-Pakete entfällt, die neben der zu ladenden Adresse (URL, z.B. „http://www.siemens.de/ic/networks/“) auch eine Reihe von HTTP-Steuerinformationen enthalten.

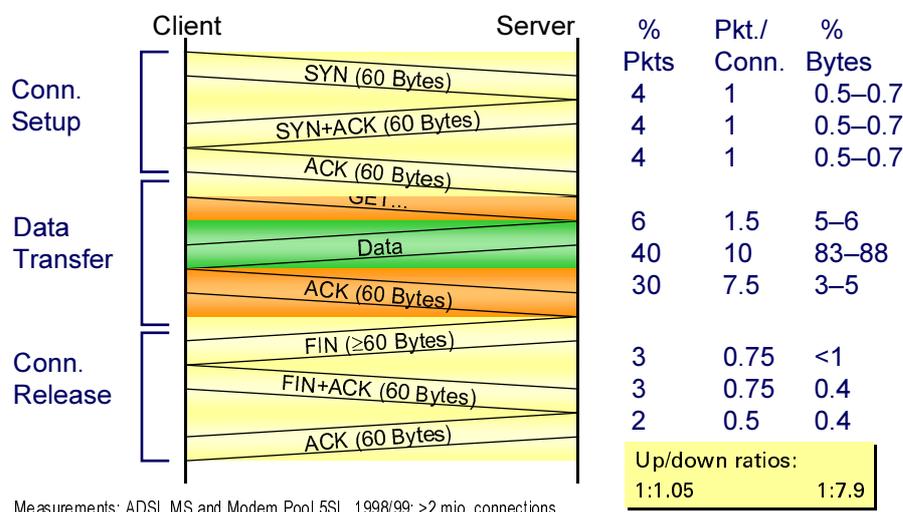


Abbildung 8: Nachrichtenfolge beim Abruf eines WWW-Elementes (HTTP und TCP)

Ausgehend von den Mittelwerten aus Abb. 8 läge es nahe, in einem Zugangssystem eine entsprechende Asymmetrie der zur Verfügung gestellten Bitraten von ca. 1:8 vorzugeben. Detailliertere Betrachtungen, die in den Abbildungen 9 und 10 dargestellt sind, zeigen allerdings, dass dieses Verhältnis keineswegs für alle Verbindungen gleich ist.

In Abb. 9 ist für jede beobachtete Verbindung ein Punkt mit den Koordinaten ihrer mittleren Upstream- und Downstream-Bitraten eingetragen. Wo mehrere Verbindun-

gen dieselbe Kombination der Raten haben, wird die Farbe auf einem logarithmischen Maßstab von grün nach rot (in Graustufendarstellung: dunkel nach hell) verändert. Zusätzlich sind zwei Randlinien eingezeichnet die Verhältnisse von 3:1 und 1:30 andeuten (im doppelt logarithmischen Diagramm als Geraden sichtbar). Über einen großen Bereich (5 Größenordnungen) von Bitraten liegt die Asymmetrie im wesentlichen innerhalb dieses Bandes, wobei ein großer Anteil der Verbindungen relativ symmetrisch ist, also ein Ratenverhältnis von etwa 1:1 hat.

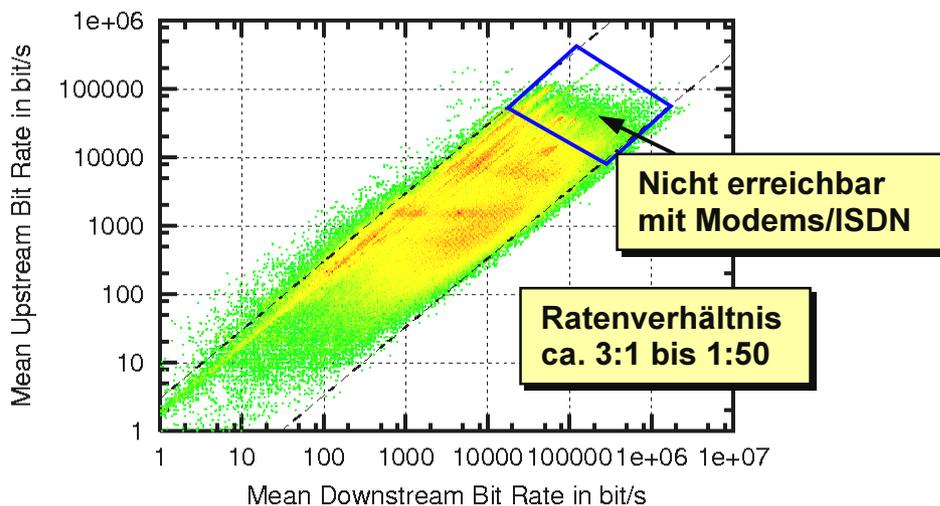


Abbildung 9: Bitratensymmetrie in Verbindungen

Um den in Abb. 9 beschriebenen Effekt zu verstehen, wurde in Abb. 10 die Unsymmetrie (das Verhältnis der Upstream- zur Downstreamrate einer HTTP/TCP-Verbindung) in gleicher Weise über der in der Downstreamrichtung übertragenen Datenmenge aufgetragen. Dabei wird deutlich, dass im wesentlichen die Verbindungen relativ symmetrisch sind, die ein Datenvolumen von bis zu etwa 10kByte aus dem Netz übertragen.

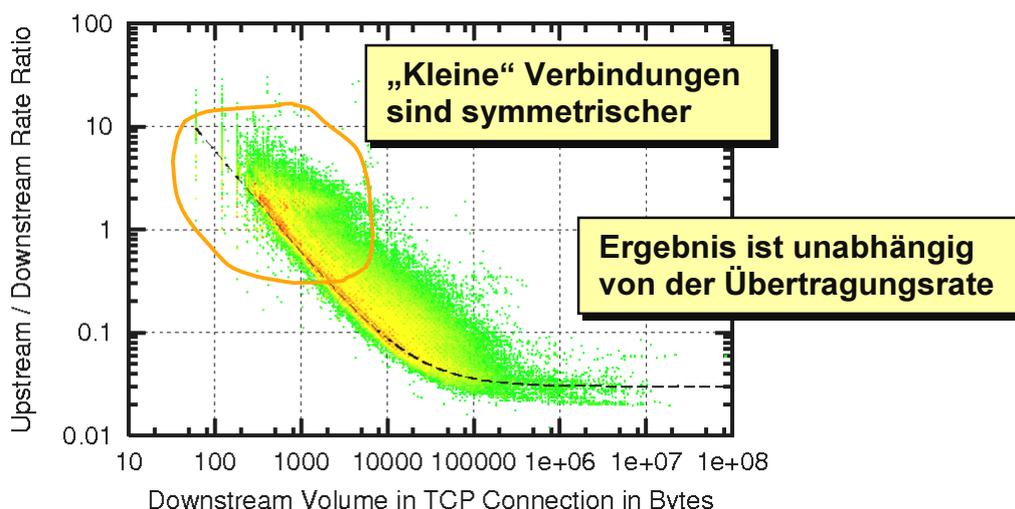


Abbildung 10: Korrelation zwischen Bitratensymmetrie und übertragener Datenmenge in HTTP/TCP-Verbindungen

Die genaue Grenz-Asymmetrie bei der Übertragung sehr großer Datenmengen hängt von der verwendeten maximalen Paketgröße ab (bei Ethernet ist zwar die „maximum transmission unit“ etwa 1500 Bytes, aber einige Teilnehmer konfigurieren ihre Endgeräte auch auf Größen zwischen 500 und 600 Bytes, so dass mehr Bestätigungs-

pakete versendet werden müssen. Desweiteren spielt hier auch die Bestätigungsstrategie eine Rolle, d.h. die Frage, ob ein Empfänger zur Maximierung der Geschwindigkeit jedes Paket oder zur Minimierung des Datenvolumens nur jedes zweite Paket bestätigt. Eine gewisse Tendenz zu größeren Upstream-Bitraten in den Verbindungen ist Folge der teilweise sehr großen GET-Request-Pakete.

In jedem Fall gibt es eine Reihe von Situationen, in denen auch für den Zugriff auf WWW-Objekte ein symmetrischerer Zugang Vorteile bringen kann, da sich die Verhältnisse, wie in Abb. 9 zu sehen, selbst bis hin zu recht hohen Bitraten nicht wesentlich ändern.

Zusätzlich zu den Symmetrieanforderungen der einzelnen Verbindungen gibt es auf der Anwendungsebene eine weitere Forderung nach einer gewissen Symmetrie. In Abb. 11 ist die Verteilung des Upstream- und Downstream-Volumens von E-Mail-Verbindungen als komplementäre Verteilungsfunktion aufgetragen. Die Verteilungen für beide Richtungen sind sehr ähnlich. Sie unterscheiden sich im wesentlichen nur durch einen Versatz in vertikaler Richtung, der einer Multiplikation etwa mit dem Faktor 2 entspricht und ausdrückt, dass letztlich etwa doppelt so viele E-Mails empfangen werden wie abgesendet werden.

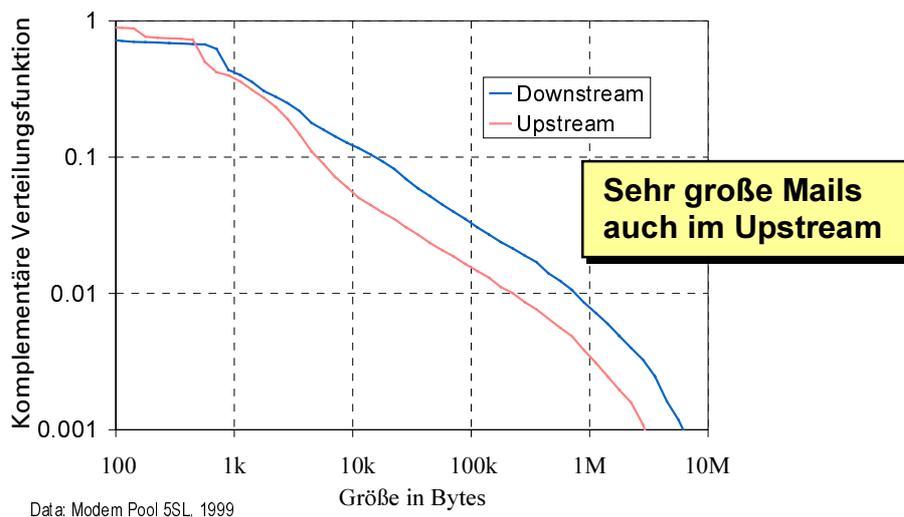


Abbildung 11: Größenverteilung empfangener und gesendeter E-Mails

Theoretisch ist das Absenden von E-Mails zwar ein nicht-interaktiver Prozess. In der Praxis ist es allerdings so, dass die Nutzer oft bei der Übertragung zuschauen, um sicherzugehen, dass eine Nachricht erfolgreich abgesendet wird. Einzelne E-Mail-Programme sind sogar einfach nicht anderweitig verwendbar, solange eine Nachricht übertragen wird. Dass auch sehr große Nachrichten von Privatanwendern versendet werden, wird durch die Statistiken aus der Bürgernetz-Messung in Abb. 11 belegt. Zusätzlich zu dieser Beobachtung ist anzumerken, dass die Größe der versendeten Dateien in Zukunft weiter wachsen wird, weil auch Privatleute die Möglichkeiten computergestützter Ton-, Bild- und Videofilmaufzeichnungen nutzen und die aufgezeichneten oder am Computer bearbeiteten Dateien anschließend per E-Mail verschicken oder auf einem Webserver ablegen. Diese Pflege von Inhalten auf einem vom ISP betriebenen Webserver ist ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden muss, wenn die von Privatleuten benötigte Upstream-Bitrate abgeschätzt wird.

Schließlich zeigt Abb. 12 die Verteilung des Upstream/Downstream-Ratenverhältnisses, das in Messung B jeweils für gesamte Einwahlverbindungen beobachtet wurde, als komplementäre Verteilungsfunktion. Es zeigt sich, dass auch hier ein

Anteil von 15–20% der Verbindungen ein Verhältnis größer als Eins hat, d.h. es wurden mehr Daten ins Netz übertragen als aus dem Netz empfangen.

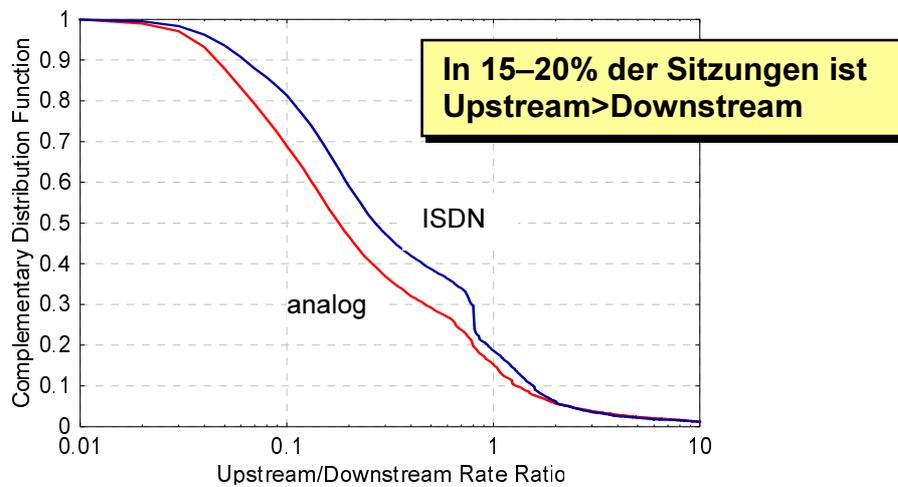


Abbildung 12: Asymmetrie im gesamten Zugangsverkehr bei ISDN- (obere Kurve) und Modem-Verbindungen (untere Kurve)

4. xDSL aus der Sicht des Netzbetreibers

Nicht nur die Nutzer profitieren, wie in Abschnitt 3 gezeigt, von einem Internet-Zugang über xDSL. Auch die Netzbetreiber haben Vorteile von diesen Technologien. Bei Einwahlverbindungen über Modem oder ISDN ist jeweils ein Kanal im Telefonnetz auf der Strecke zwischen Teilnehmer und ISP-Zugangsserver für die gesamte Dauer der Einwahlverbindung belegt. Aus der Sicht des Telefonnetzbetreibers stellt dies eine Ressourcennutzung dar, für die er ein entsprechendes Entgelt verlangt. Die Belegung der Ressource ist unabhängig davon, ob in der Einwahlverbindung auch tatsächlich IP-Datenpakete übertragen werden. Im Gegensatz dazu werden bei paketorientierten Zugängen, wie sie über xDSL realisierbar sind, Ressourcen im Netz nur bei der tatsächlichen Übertragung von IP-Paketen belegt. Entsprechend ergeben sich hier für die Netzbetreiber neue Möglichkeiten zur Tarifierung, wie z.B. die Einführung von „Flat Rates“ (nutzungsunabhängigen Pauschaltarifen), die Vergebüherung der tatsächlich übertragenen Verkehrsmenge oder eine Kombination von beiden (Flat Rate mit Mengenbegrenzung).

In Abb. 13 ist der Anteil verschiedener Anwendungen an der gesamten Nutzung des IP-Zugangs getrennt nach Volumen- und Nutzungsdauer-Anteil dargestellt, wie er in Messung B beobachtet wurde. Die Balkengruppe am linken Rand („Access“) zeigt an, dass sowohl Gesamtvolumen als auch Gesamtnutzungsdauer im Zugang jeweils auf 100% normiert wurden. Die Anteile der einzelnen Anwendungen (im wesentlichen Web / E-Mail / nicht klassifizierbar / Dateiübertragung) am Gesamtvolumen addieren sich auf 100%. Durch die teilweise parallele Aktivität mehrerer Anwendungen beträgt die Summe der Anteile an der Nutzungszeit etwas mehr als 100%.

Es bestehen deutliche Unterschiede zwischen dem Anteil an der Nutzungsdauer und dem Anteil einer Anwendung am Nutzungsvolumen, entsprechend den unterschiedlichen mittleren Datenraten der Anwendungen. Extrem deutlich wird ein solcher Unterschied, wenn zusätzlich hochbitratige Audio- oder Videoverteiltdienste genutzt werden. In diesem Fall kann bereits ein relativ kleiner zeitlicher Anteil der entsprechenden Anwendungen zu einem sehr hohen Anteil am Gesamtverkehr führen.

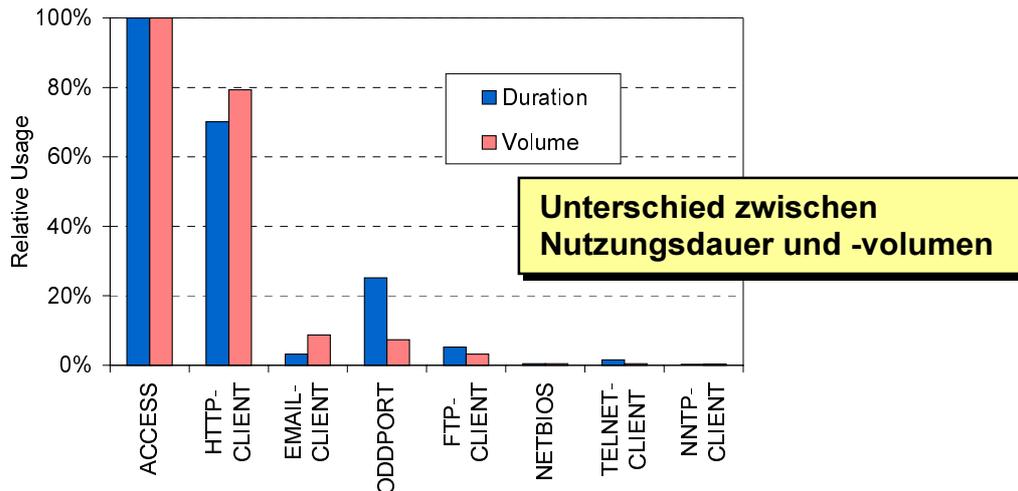


Abbildung 13: Vergleich zwischen Nutzungsdauer (linker Balken) und Verkehrsvolumen (rechter Balken der Balkengruppen) verschiedener Anwendungen

5. Zusammenfassung

Das in den letzten 15 Jahren stetige Wachstum der Bitraten im Teilnehmerzugangsbereich kann weiter aufrechterhalten werden, wenn neue Techniken auf der Telefonleitung (xDSL) oder auf anderen Medien zum Einsatz kommen, um den Teilnehmern einen kostengünstigen Hochgeschwindigkeitszugang zum Internet zu geben. Die Vorteile für die Teilnehmer

- große Übertragungsgeschwindigkeit
- geringe Paketverzögerung

können nachweislich heute bereits im Internet genutzt werden. Desweiteren erlaubt die Paketorientierung des Zugangs den Betreibern, in Abkehr von den bisher üblichen zeitbasierten Tarifen ein dem IP-Verkehrsaufkommen und damit der Belastung des Datennetzes entsprechendes Entgelt bis hin zur „flat rate“ zu erheben.

Abhängig von den Anforderungen der Nutzer kann die dem Verkehr innewohnende Asymmetrie bei der Konfiguration von ADSL-Zugängen berücksichtigt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Übertragungsraten in Upstream-Richtung mindestens ein Achtel der vom Netz zum Teilnehmer zur Verfügung gestellten Rate beträgt, da jene sonst nicht ausgeschöpft werden kann. Falls Teilnehmer große E-Mail-Nachrichten absenden, Inhalte auf Webservern im Netz pflegen oder sonstige symmetrische Anwendungen wie Videokonferenzen nutzen, empfiehlt sich eher eine symmetrische Auslegung der Übertragungsraten in den beiden Richtungen.

Literaturhinweise

- [1] M.N. Huber, J. Köpp, *Novel Applications for SDSL in Today's Networks*, ISSLS 2000, Stockholm, Juni 2000, Paper 1-1.
- [2] D. Bauer, J. Charzinski, V. Held: *Virtuelle Universität durch ADSL-Technologie: Studenten im Geschwindigkeitsrausch durch breitbandigen Internet-Zugang*, ITG-Fachtagung "Internet – Frischer Wind in der Telekommunikation" im VDE-Kongress 1998, Stuttgart, Oktober 1998.
- [3] N. Vicari, S. Köhler, J. Charzinski, *The Dependence of Internet User Traffic Characteristics on Access Speed*, IEEE LCN 2000, Tampa, FL, USA, Nov. 2000, S. 670–677.
- [4] J. Charzinski, *HTTP/TCP Connection and Flow Characteristics*, Performance Evaluation **42** (2-3), Sep. 2000, S. 149-162.