

Anell, Patrick; Jay, Stephan; Plückebaum, Thomas

Working Paper

Nachfrage nach Internetdiensten: Dienstearnten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service

WIK Diskussionsbeitrag, No. 302

Provided in Cooperation with:

WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH, Bad Honnef

Suggested Citation: Anell, Patrick; Jay, Stephan; Plückebaum, Thomas (2007) : Nachfrage nach Internetdiensten: Dienstearnten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service, WIK Diskussionsbeitrag, No. 302, WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/10419/226916>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Nachfrage nach Internetdiensten – Dienstearten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service

**Patrick Anell
Stephan Jay
Thomas Plückebaum**

Nr. 302

Dezember 2007

**WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH**

Rhöndorfer Str. 68, 53604 Bad Honnef

Postfach 20 00, 53588 Bad Honnef

Tel 02224-9225-0

Fax 02224-9225-63

Internet: <http://www.wik.org>

eMail info@wik.org

[Impressum](#)

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.

ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
Zusammenfassung	VII
Summary	VIII
1 Einleitung	1
2 Internetnutzung in Deutschland	3
2.1 Entwicklung der Internetnutzung	3
2.1.1 Verkehrsvolumina	3
2.1.2 Endkundenseitige Internetnutzung	6
2.1.3 Nutzungsorte	8
2.2 Beschreibung und Quantifizierung wesentlicher Internetdienste	10
2.2.1 Nutzung von Internetdiensten im Privatkundensektor	10
2.2.1.1 „Etablierte“ Dienste	11
2.2.1.2 „Neue“ Dienste	14
2.2.2 Nutzung von Internetdiensten im Geschäftskundensektor	22
3 Qualitätsanforderungen von Internetdiensten	25
3.1 Heterogenität der Dienstelandschaft	25
3.2 Besondere Heterogenität von Online Gaming	26
3.3 Bildung von Verkehrsklassen	28
4 Realisierung von Qualität	32
4.1 Vorbemerkungen	32
4.2 Strategien zur Realisierung von Qualität	34
4.2.1 Realisierung der Übertragungsqualität auf ATM-Ebene	35
4.2.2 Realisierung der Übertragungsqualität auf Ethernet-Ebene	36
4.2.3 Realisierung der Übertragungsqualität auf IP-Ebene	36
5 Dimensionierung von Kommunikationsnetzen	38
5.1 Dimensionierungsaspekte eines PSTN/ISDN	38
5.2 Dimensionierungsaspekte eines IP-Netzes	39
5.2.1 Technische Quantifizierung des Nachfrageaufkommens	41

5.2.1.1	Ermittlung der Nachfrage durch Messungen der Netzbetreiber	42
5.2.1.2	Ermittlung der Nachfrage durch technische Simulation	43
5.2.2	Verkehrsverteilung	43
5.2.2.1	Punkt zu Punkt Client-Server-Dienste	44
5.2.2.2	Multicast- und Broadcastdienste	45
5.2.2.3	IP-Kommunikationsdienste und P2P-Anwendungen	46
5.3	Fazit	48
5.3.1	Netznutzung und Effizienz	48
5.3.2	QoS und Tarifierung	49
	Literaturverzeichnis	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Volumenentwicklung Breitbandinternet in Deutschland	4
Abbildung 2-2:	Schmalbandinternetverbindungsminuten in Mio. Minuten pro Tag	5
Abbildung 2-3:	Vergleich des Verkehrsvolumens von breit- und schmalbandigem Internetverkehr	6
Abbildung 2-4:	Nutzungsorte für den Internetzugriff in Deutschland	8
Abbildung 2-5:	Zu Hause genutzter Internetzugang in Deutschland in % (Stand: Juli 2007)	9
Abbildung 2-6:	Nutzungsintensität „etablierte“ Dienste	13
Abbildung 2-7:	Voice over IP-Durchdringung in Breitbandhaushalten	16
Abbildung 2-8:	Nutzungsintensität IPTV/Video on Demand	19
Abbildung 2-9:	Nutzungsintensität Internetradio	20
Abbildung 2-10:	Nutzungsintensität Voice over IP	21
Abbildung 2-11:	Nutzungsintensität Online Gaming	22
Abbildung 3-1:	Anforderungen an Bandbreite und Echtzeit ausgewählter Dienste	25
Abbildung 3-2:	Heterogenität der Qualitätsanforderung von Online Gaming	28
Abbildung 4-1:	Netzebenen des Breitbandnetzes	32
Abbildung 4-2:	Ebenen des ISO/OSI und TCP/IP Referenzmodells	34
Abbildung 4-3:	Klassifikation und Priorisierung mit DiffServ	37
Abbildung 5-1:	Gegenwärtige und zukünftige Nutzungsidentität im Tagesverlauf (schematisch)	40
Abbildung 5-2:	Schematische Darstellung eines Multicast Baumes	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Private Nutzung von Internetdiensten	10
Tabelle 3-1:	Verkehrscharakteristika von Internetdiensten	29
Tabelle 3-2:	Qualitätsanforderungen von Dienstklassen	29
Tabelle 4-1:	Bandbreiten ausgewählter Zugangstechnologien	33

Abkürzungsverzeichnis

AAL	ATM Adaption Layer
AGIREV	Arbeitsgemeinschaft Internet Research e.V.
ARPA	Advanced Research Projects Agency
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B2B	Business to Business
CAD	Computer Aided Design
CENTREX	Central Exchange
CTCP	Client to Client Protocol
DCC	Direct Client Connect
DNS	Domain Name Service
DQDB	Distributed Queue Dual Bus
DSL	Digital Subscriber Line
EIM	European Institute for Media
EITO	European Information Technology Observatory
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FSP	File Service Protocol
FTP	File Transfer Protocol
HDLC	High Level Data Link Control
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transport Protocol
IAB	Internet Architecture Board
IANA	Internet Assigned Number Authority
IMAP	Internet Message Access Protocol
IP	Internet Protocol
IRC	Internet Relay Chat
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO/OSI	International Standards Organization Reference Model for Open Systems Interconnection
ISP	Internet Service Provider
LAN	Local Area Network
LSP	Label Switched Path
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
MMS	Multimedia Messaging Service
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MTA	Message Transfer Agent

NNTP	Network News Transfer Protocol
PBX	Private Branch Exchange
POP	Post Office Protocol
PPTP	Point-to-Point Tunneling Protocol
PSTN	Public Switched Telephone Network
RFC	Requests for Comment
RTSP	realtime streaming protocol
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTP	Realtime Transport Protocol
SMTP	Simple Mail Transport Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TTL	Time to Live
UA	User Agents
UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URL	Uniform Resource Locator
VoIP	Voice over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
WAP	Wireless Application Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network
WML	WAP Wireless Markup Language
WWW	World Wide Web

Zusammenfassung

Das Verkehrsvolumen von Internetdiensten ist in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. Mit der zunehmenden Verbreitung von DSL-Zugangstechnologien verändern sich nicht nur Dienstearnten und Inanspruchnahme, auch angebotsseitig sind die Umstellung auf ein Next Generation Network (NGN) und die Realisierung effizienterer Netzstrukturen zu bewerkstelligen. Die Anforderungen breitbandiger Internetdienste unterscheiden sich dabei grundlegend von denen des Telefonverkehrs, weil sie heterogener Natur sind. Zentrale Unterschiede bestehen hinsichtlich Qualitätsanforderungen, des Bandbreitenbedarfs sowie der Verteilung des Tagesverkehrs und Spitzenlasten. Die Studie geht der Frage nach, welche Anforderungen an Qualitätsmerkmale gestellt werden und wie diese in heutigen und zukünftigen Netzarchitekturen sichergestellt werden können. Darauf aufbauend werden die Unterschiede der Netzdimensionierung von schmalbandigem PSTN und Breitband dargestellt und der Einfluss neuer Dienste erläutert.

Um sowohl die nachfrageseitige Entwicklung des Marktes als auch die kurz- bis mittelfristig bestehenden Anforderungen an die Netzinfrastruktur verstehen und bewerten zu können, werden in der Studie Eigenschaften der Internetaachfrage analysiert. Zunächst werden daher die wesentlichen Dienste identifiziert und anhand Ihrer aktuellen Nutzung quantifiziert. Zudem müssen dienstespezifischen Nutzerprofile erfasst werden, um eine Beurteilung der Auswirkungen auf die Netzdimensionierung vornehmen zu können.

Zusätzlich zu den Nutzungsprofilen werden anschließend die dienstespezifischen technischen Anforderungen an Quality of Service (QoS) dargestellt. Dazu werden die unterschiedlichen Anforderungen der Dienste hinsichtlich Bandbreitenbedarf, Echtzeitanforderungen und Symmetrie herausgearbeitet. Zusätzlich wird eine Einteilung in angemessene Verkehrsklassen vorgestellt, wobei gezeigt wird, dass einige Dienste einen solch heterogenen Charakter aufweisen, dass sie sich nur schwer in standardisierte Klassen einordnen lassen. Im Anschluss daran wird gezeigt, dass die Sicherstellung von hinreichender Qualität über verschiedene Instrumente realisiert werden kann und erheblich vom grundlegenden Netzaufbau im Konzentrationsnetz abhängig ist, in dem sich ein Wandel von ATM Technik zu Ethernet abzeichnet. Die Studie beschreibt daher die wesentlichen Unterschiede verschiedener Strategien zur Bereitstellung von QoS auf ATM-, Ethernet- und IP-Ebene. Es zeichnet sich ab, dass Qualität im NGN (mit Fokus auf Ethernet und IP) nur eingeschränkt garantiert werden kann.

Zuletzt beschreibt die Studie Dimensionierungsstrategien für das schmalbandige PSTN und vergleicht diese mit den Entscheidungskalkülen und Einflussfaktoren der Netzdimensionierung im IP Breitbandnetz. Es zeigt sich, dass die Erweiterung von Breitbandnetzen eine Herausforderung für Netzbetreiber darstellt, da die Architekturen einen sehr flexiblen Umgang mit unterschiedlichen Verkehrsarten erlauben müssen, der es dennoch gestattet, dienstespezifische Qualitäten zu unterscheiden und sicherzustellen.

Die Studie stellt fest, dass es weiteren Forschungsbedarf mit Blick auf die Identifizierung und Zuordnung der Kosten von differenzierter Qualität gibt, wodurch dann auch das Nutzerverhalten nach ökonomischen Prinzipien gesteuert werden kann.

Summary

The volume of Internet traffic has risen considerably in recent years. Services are changing with the increasing availability of broadband access and operators must address the migration to a Next Generation Network to realise efficient structures for current and future service provision. In this context the requirements of broadband services differ fundamentally from those of narrowband voice because of their heterogeneous nature. Primary differences are related to requirements for quality, bandwidth and the distribution of daily traffic and its peak. This study assesses the requirements posed by established and emerging services to quality of service and how quality of service can be realised in current and future network architectures. The report then deduces impact factors and strategies for network dimensioning and structures from the requirements of current and emerging services.

In order to comprehend the demand side orientated development of the market as well as the short-medium term requirements that are posed to planners of network infrastructures the characteristics of Internet services are analysed. Accordingly the study identifies most influential services and quantifies them according to their current usage. Furthermore application-specific user profiles are evaluated to enable an assessment of the impacts on network dimensioning.

In addition to demand-side usage patterns the analysis of network design must take the technical requirements for Quality of Service into account. Therefore the traffic characteristics are analysed and the different requirements of applications with respect to bandwidth, real-time character and symmetry are described. It is shown how applications may be allocated to appropriate classes of services and that some applications are heterogeneous by nature and cannot easily be allocated to a single class. Following this the study describes different instruments for realising Quality of Service on ATM, Ethernet and IP level, as it is expected that Ethernet will replace ATM technology in aggregation networks. The report underlines that standardized quality assurances in the NGN (through Ethernet/IP) are more limited than the options available through ATM.

Finally the study details strategies for planning the dimension of narrowband PSTN networks and compares them with those for broadband networks drawing on the preceding analysis of usage profiles, applications-specific technical requirements and strategies for implementing Quality of Service. It is shown that the extension of broadband infrastructures pose a challenge for operators considering that architectures must allow for a flexible facilitation of different traffic types whilst preserving application-specific Quality of Service.

It is concluded that there remains need for further research with regard to identifying and allocating the costs for differentiated qualities in order to direct network usage according to economical principles.

1 Einleitung

Das Verkehrsvolumen von Internetdiensten ist in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. Mit der zunehmenden Verbreitung von DSL-Zugangstechnologien verändern sich nicht nur Dienstarten und Inanspruchnahme, auch angebotsseitig sind die Umstellung auf ein Next Generation Network (NGN) und die Realisierung effizienterer Netzstrukturen zu bewerkstelligen. Die Anforderungen breitbandiger Internetdienste unterscheiden sich dabei grundlegend von denen des Telefonverkehrs, weil sie heterogener Natur sind. Zentrale Unterschiede bestehen hinsichtlich Qualitätsanforderungen, des Bandbreitenbedarfs sowie der Verteilung des Tagesverkehrs und Spitzenlasten. Die Studie geht der Frage nach, welche Anforderungen an Qualitätsmerkmale gestellt werden und wie diese in heutigen und zukünftigen Netzarchitekturen sichergestellt werden können. Das Ziel ist die darauf aufbauende Ableitung des Einflusses neuer Dienste im Internet auf die Netzstruktur und –dimensionierung.

Die Studie analysiert die Eigenschaften der Internetnachfrage auf Basis einer nachfrageorientierten Beschreibung der Nutzungsintensität unterschiedlicher Internetdienste. Dazu werden empirische Daten der Nutzung sowohl von etablierten als auch neuen Diensten wie IPTV oder Online Gaming herangezogen. Zum einen adressiert die Frage der Nutzungsintensität den Anteil an Internetnutzern, die den Dienst überhaupt regelmäßig nutzen. Zum anderen stellt sich die Frage nach der Verteilung der Nutzungsintensität im Tagesverlauf, um ergründen zu können, wo Nutzungsspitzen liegen. Auf Basis der dienstespezifischen Nutzerprofile kann eine Beurteilung der Auswirkungen auf die Netzdimensionierung vorgenommen werden.

Um zu einer Beurteilung der Anforderungen an Netzarchitektur und –dimensionierung zu gelangen, müssen die unterschiedlichen Verkehrseigenschaften der Dienste nachvollzogen werden. Die Quality of Service Anforderungen werden dabei durch die Grenzwerte für Datenrate, Echtzeitanforderung und Paketverlust quantifiziert. Um der Heterogenität der Anwendungen gerecht zu werden, aber die gleichartige Verkehre möglichst gebündelt zu führen, werden die Dienste in Verkehrsklassen eingeteilt. Diese Klassen können als Grundlage für die unterschiedliche Behandlung von Verkehr im Netz eingesetzt werden. Die Sicherstellung von hinreichender Qualität kann über verschiedene Instrumente realisiert werden und ist erheblich vom grundlegenden Netzaufbau im Konzentrationsnetz abhängig, in dem sich ein Wandel von ATM Technik zu Ethernet abzeichnet. Die Studie beschreibt daher die wesentlichen Unterschiede verschiedener Strategien zur Bereitstellung von QoS auf ATM-, Ethernet- und IP-Ebene. Die Wahl des Instrumenteneinsatz hat auch Auswirkungen auf die Netzdimensionierung. Offensichtlich ist dies bei der Strategie des Over-engineerings (Überdimensionierung), welche ohne Verkehrsklassen zu differenzieren so hohe Reservekapazitäten bereitstellt, dass sämtlichen Diensten auch bei Spitzenbelastung ausreichende Kapazität zur Verfügung steht. Abschließend werden daher die Einflussfaktoren und Entscheidungskalküle der Netzdimensionierung in Abhängigkeit der zuvor erarbeiteten dienstespezifischen Anforderungen dargestellt.

Der Aufbau der Studie orientiert sich an den folgenden Schlüsselfragen

- Kapitel 2: Welche Dienste werden im Internet nachgefragt, was für Nutzungsprofile sind mit ihnen verbunden?
- Kapitel 3: Welche Qualitätsanforderungen stellen diese Dienste, wie können sie in Klassen eingeteilt werden?
- Kapitel 4: Wie kann adäquate Qualität auf verschiedenen Netzebenen sichergestellt werden?
- Kapitel 5: Was für Einflussfaktoren lassen sich daraus auf die Dimensionierung von Netzen ableiten?

2 Internetnutzung in Deutschland

Die Internetnutzung in Deutschland hat in den vergangenen Jahren eine zunehmende Relevanz erlangt was z.B. am gestiegenen Verkehrsvolumen festgemacht werden kann. Dabei geht die Nutzung schon heute über das reine Abrufen von Internetseiten und den E-Mail-Versand hinaus und in der Zukunft ist zu erwarten, dass sich die Dienstvielfalt weiter vergrößert. Insbesondere die gestiegene Verfügbarkeit breitbandiger Internetanschlüsse erweitert das Nutzungsspektrum um Dienste mit hohem audiovisuellen Anteil. Mit dem Aufbau von NGN-Plattformen werden die Dienst- und Netzebenen des Internet stärker als bisher schon entkoppelt. Hieraus wird ein zusätzlicher Schub in der Entwicklung neuer Dienste erwartet.

Die Ausführungen in diesem Abschnitt sollen dazu beitragen diese Entwicklung näher zu quantifizieren. Zu Beginn wird anhand von Indikatorzahlen die aktuelle Dimension der Internetnutzung verdeutlicht. Hierbei soll zuerst vornehmlich auf die Reichweite des Mediums abgezielt werden. Im folgenden Abschnitt soll die Internetnutzung in Abhängigkeit von der jeweiligen Zugangsart quantifiziert werden. Abschließend sollen die vom Nutzeraufkommen her relevantesten internetbasierten Dienste näher erörtert werden. Hierbei sollen das jeweilige Nutzeraufkommen und die Anwendungsfelder der einzelnen Internetdienste im Vordergrund stehen.

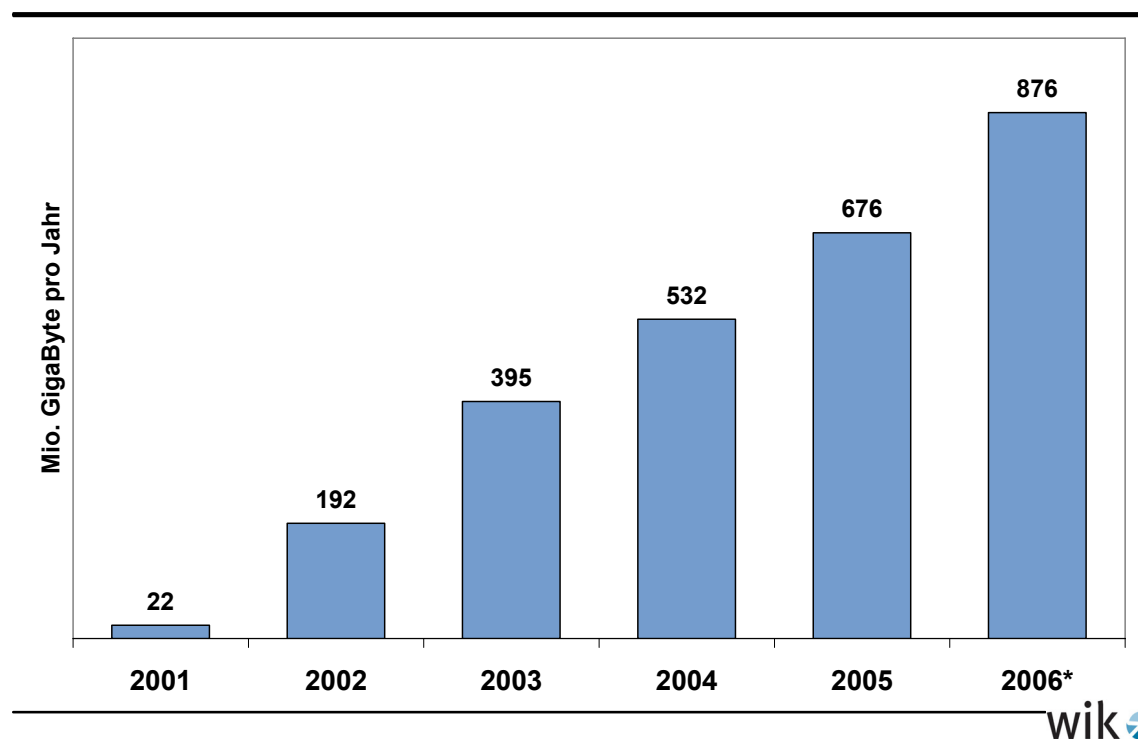
2.1 Entwicklung der Internetnutzung

2.1.1 Verkehrsvolumina

Im Rahmen einer genaueren Betrachtung der Entwicklung der Internetnutzung in Deutschland ist es sinnvoll, zwischen Schmalband und Breitband zu differenzieren. Ein aussagekräftiger Indikator für die gestiegene Internetnutzung ist die Entwicklung des Verkehrsvolumens Breitbandinternet in Deutschland (vgl. Abbildung 2-1). Dieses steigerte sich von 395 Mio. Gigabyte Datenvolumen im Jahr 2003 auf geschätzte 876 Mio. Gigabyte im Jahr 2006. Das entspricht einem Anstieg um ca. 221 % in diesem Zeitraum¹.

¹ Vgl. Dialog Consult / VATM (2006): S. 22.

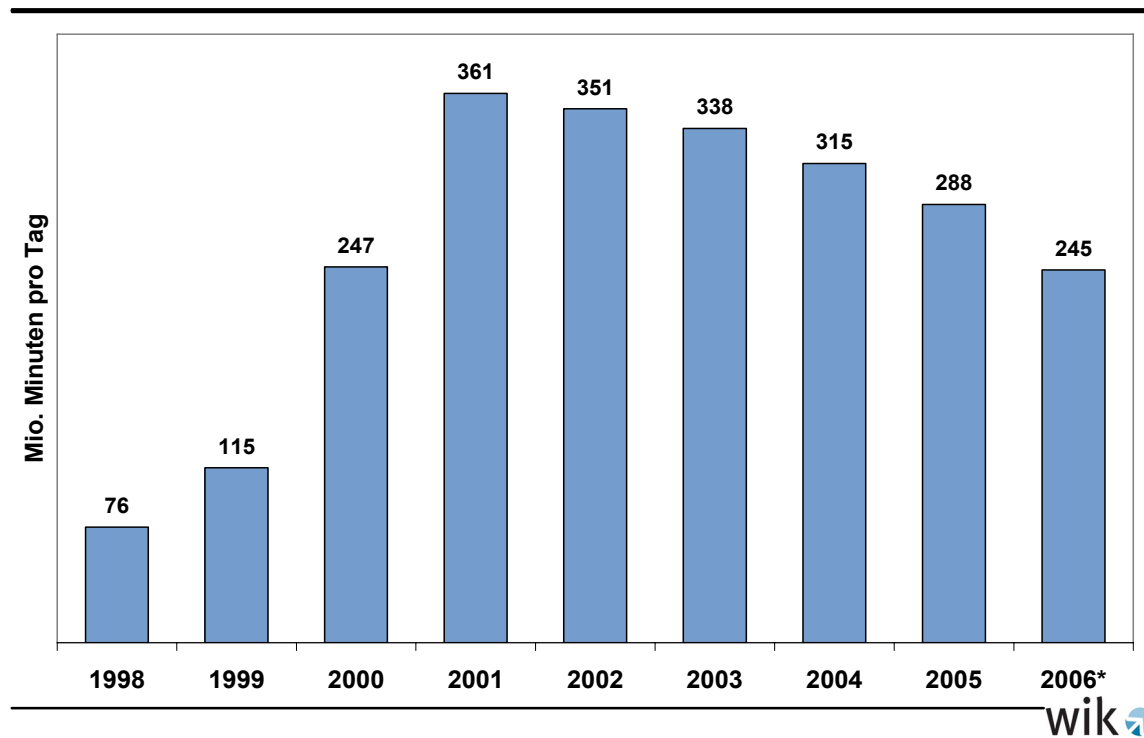
Abbildung 2-1: Volumenentwicklung Breitbandinternet in Deutschland



Quelle: Dialog Consult / VATM (2006).

Induziert durch das starke Wachstum im Marktsegment Breitbandinternet ist das Verkehrsaufkommen im Schmalband seit 2001 rückläufig (vgl. Abbildung 2-2). In Zeitraum 2001 bis 2006 sank das Aufkommen an Schmalband-Internetverbindungsminuten von 361 Millionen Minuten pro Jahr (2001) auf 245 Mio. Minuten pro Jahr. Dies entspricht einem prozentualen Rückgang um ca. 32 %. Die Schmalbandanschlüsse behalten insbesondere dort noch ihre Bedeutung, wo eine Versorgung mit DSL bisher nicht erfolgt ist.

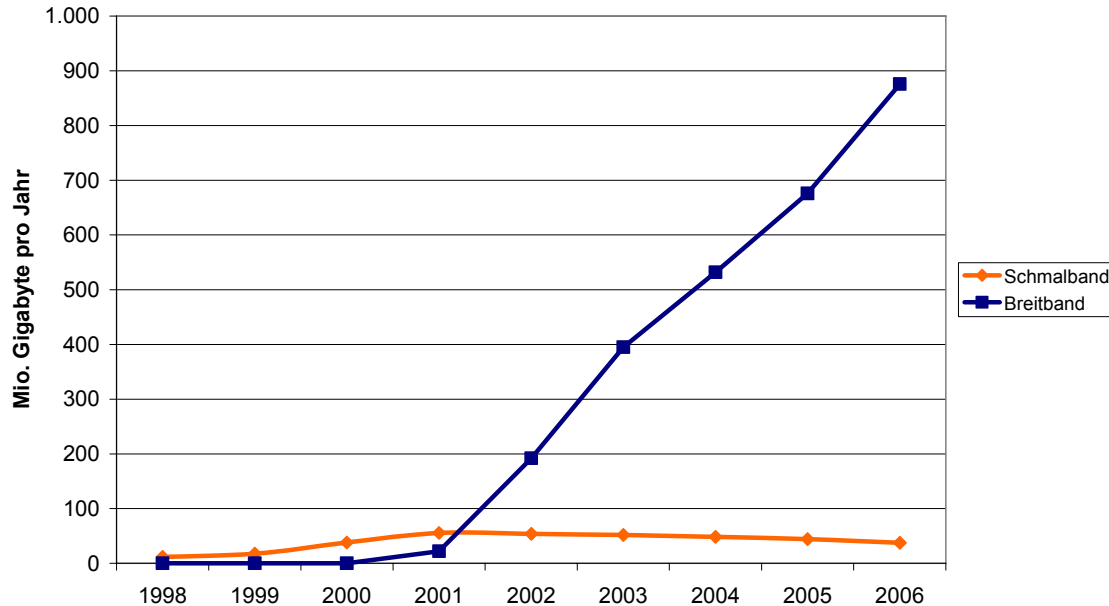
Abbildung 2-2: Schmalbandinternetverbindungsminuten in Mio. Minuten pro Tag



Quelle: Dialog Consult / VATM (2006). * Schätzung

Aufgrund der verschiedenen Dimensionen der Verkehrsmessung in Schmalband (Internetverbindungsminuten) und Breiband (Datenvolumen in Gigabyte) ist eine exakte Quantifizierung der Substitution zwischen diesen beiden Zugangsarten nicht möglich. Eine Annäherung wurde in der folgenden Abbildung durchgeführt. Erkennbar ist zum einen, dass bei Beginn starken Wachstums von Breitband das Schmalbandvolumen schrumpft und zum anderen, dass die Volumina sich wesentlich voneinander unterscheiden.

Abbildung 2-3: Vergleich des Verkehrsvolumens von breit- und schmalbandigem Internetverkehr



Quelle: WIK Annäherung auf Basis von Dialog Consult / VATM (2006).

2.1.2 Endkundenseitige Internetnutzung

Das Internet hat sich zum unverzichtbaren Informationsreservoir entwickelt, sei es auf privatem, beruflichem oder akademischem Sektor. Dank Internet ist es möglich auf Informationen aus aller Welt mit nur geringen Transaktionskosten, und insbesondere mit immenser Zeitersparnis, zurückzugreifen. Ein weiterer signifikanter Vorteil des Internets gegenüber anderen Medientypen, wie beispielsweise Printmedien, ist seine Multifunktionalität. Es gestattet die konventionelle Lese-Recherche, ist darüber hinaus aber auch in der Lage, multimediale Anwendungen in Bild und Ton wiederzugeben.

Im August 2007 nutzten 62,3 %² der deutschen Wohnbevölkerung das Internet mehr oder weniger häufig. In absoluten Zahlen ausgedrückt entspricht dieser Wert 52,2 Millionen Nutzern in Deutschland. Spitzenreiter im innereuropäischen Vergleich ist Schweden. Hier sind bereits heute 76,7 % aller Einwohner online, diese Marke erreichen weder die USA (69,7 %), noch Japan (68,0 %)³. Ergänzend muss erwähnt werden, dass diese Zahlen den „weitesten Online- Nutzerkreis“ abbilden, also all jene Personen die in irgendeiner Form das Internet bereits genutzt haben.

² Vgl. Nielsen Netrating (2007).

³ Vgl. Nielsen Netrating (2007).

In Deutschland steigen die Nutzerzahlen nach wie vor an, jedoch nicht mehr mit der Dynamik der letzten Jahre. In der Ausgabe von 2004 prognostizierte der „European Information Technology Observatory“ (EITO) auf Grund einer stetigen Wachstumsprognose für das Jahr 2007 59 Millionen Internetnutzer⁴, und lag somit letztlich deutlich über dem tatsächlich erreichten Wert von 52,2 Millionen Nutzern. In der Ausgabe des Jahres 2007 prognostiziert der EITO für 2010 einen Anstieg des Nutzeranteils auf 84,9 % in der Altersgruppe der deutschen 14- bis 69-Jährigen. Dies entspräche ca. 70 Mio. Nutzern⁵ in diesem Segment. Weitere Quellen untermauern die EITO Prognose, und sehen in der verbesserten Verfügbarkeit breitbandiger Internetzugänge, den weiterhin sinkenden Verbindungskosten und der Implementierung neuer Zugangstechnologien, wie beispielsweise TV-Breitbandkabel, die Gründe für eine weitere Zunahme der Internetnutzung. Inwieweit dieser neue „Internetboom“ in der Lage sein wird neue Nutzer für das Medium zu gewinnen, bleibt abzuwarten.

Auch wenn sich mit der wachsenden Verbreitung des Internets die demographischen Strukturen der Internetnutzer denen in der Gesamtbevölkerung in den letzten Jahren immer mehr angenähert haben, liegt ein weiterer Grund für einen zukünftigen tendenziellen Anstiegs der Internetnutzung in der „Nutzungsdemographie“ begründet. Denn lediglich 10,8 % aller Internetnutzer in Deutschland sind älter als 60 Jahre, während der Anteil dieser Altersgruppe an der deutschen Gesamtbevölkerung 29,3 % beträgt⁶. Die heranwachsende Generation hingegen hat diesem Medium gegenüber deutlich weniger Berührungspunkte. 13,0 % aller Internetnutzer in Deutschland sind der Altersklasse der 14- bis 19-Jährigen zuzuordnen, während diese Altersklasse lediglich 8,3 % der deutschen Gesamtbevölkerung beinhaltet⁷.

In Anbetracht der Dimension dieser Daten stellt sich die Frage, inwieweit auf Basis dieser Daten Aussagen über das tatsächliche Ausmaß der Internetfrequentierung getroffen werden können. Beziehungsweise im ersten Schritt, anhand welcher Indikatoren die Internetfrequentierung zu bestimmen ist? Da absolute Nutzerzahlen nicht zwischen „Einmalnutzer“ und „Internetprofi“ unterscheiden, stellen sie lediglich ein quantitatives Muster ohne qualitativen Wert für die Quantifizierung des, beispielsweise in Fragen der Netzdimensionierung, relevanten Internetnutzeraufkommens dar. Sinnvolle Indikatoren aus Sicht eines Netzbetreibers könnten beispielsweise die Nutzungsdauer, die Nutzungshäufigkeit und mit Hinblick auf unterschiedliche Datenübertragungsraten, der verwendete Internetzugang sein. Es darf dabei angenommen werden, dass die Nutzungsdauer und die Nutzungshäufigkeit des Internets in kausaler Beziehung zur jeweiligen Zugangsart stehen.

⁴ Vgl. European Information Technology Observatory (2004): S. 19.

⁵ Vgl. European Information Technology Observatory (2007): S. 22.

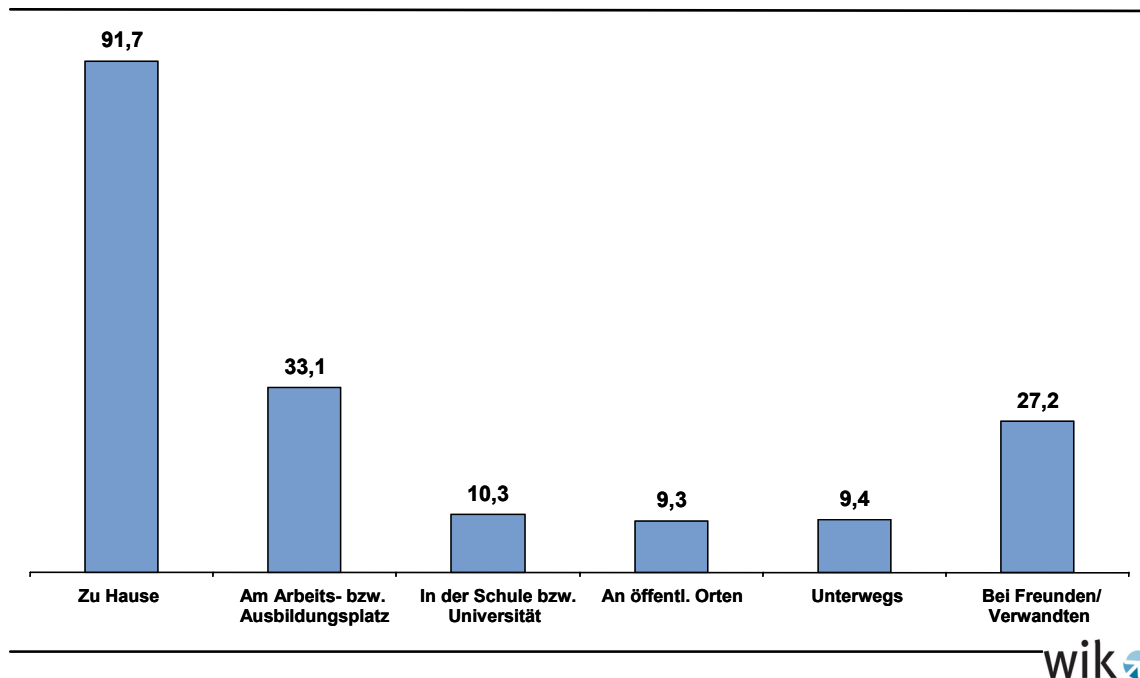
⁶ Vgl. AGOF (2007): S. 7.

⁷ Vgl. AGOF (2007): S. 7.

2.1.3 Nutzungsorte

Der Zugang zum Internet kann inzwischen auf unterschiedlichste Weise und an den verschiedensten Orten bewerkstelligt werden. Abbildung 2-4 zeigt die häufigsten Nutzungsorte für den Internetzugang in Deutschland.

Abbildung 2-4: Nutzungsorte für den Internetzugang in Deutschland



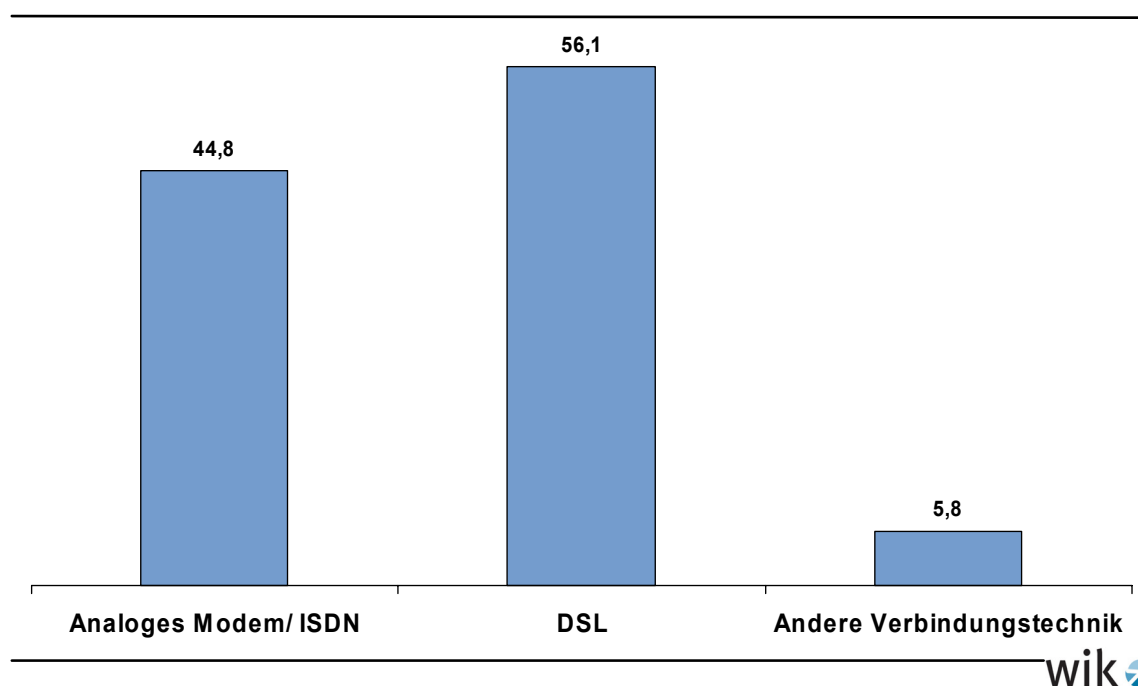
Quelle: AGOF (2007).

An erster Stelle steht für 91,7 % der Nutzer der Internet-Zugang von zu Hause aus. Am Arbeitsplatz- bzw. Ausbildungsplatz haben 33,1 % der Internetnutzer Zugang zum Internet. Die wachsende Integration des Internets in das Bildungssystem zeigt sich an der steigenden Bedeutung der Nutzungsorte Schule und Universität. Mittlerweile greifen 10,3 % der deutschen Internetnutzer von Bildungseinrichtungen auf das Internet zu⁸.

Um eine Bewertung der Internetnutzung hinsichtlich ihrer Intensität durchzuführen, ist jedoch weniger der Ort, sondern die Art des Internetzugangs von Relevanz. Zugangsarten wie Schmalband-ISDN oder Breitband-DSL, sind für verschiedene Nutzertypen von unterschiedlicher Relevanz und lassen prinzipiell Rückschlüsse auf das spezifische Nutzerprofil zu. Im Folgenden sollen die dem Nutzeraufkommen nach relevantesten Internet-Zugangsoptionen näher beleuchtet werden (vgl. Abbildung 2-5).

⁸ Vgl. AGOF (2007): S. 12.

Abbildung 2-5: Zu Hause genutzter Internetzugang in Deutschland in %
(Stand: Juli 2007)



Quelle: AGOF (2007).

Der breitbandige Internetzugang via DSL ist mittlerweile die in Deutschland vorherrschende Zugangstechnologie (vgl. Abbildung 2-5). 56,1 % der deutschen Internetnutzer nutzen zu Hause diese Zugangsoption. Die Bundesnetzagentur schätzte Ende 2006 die Anzahl der in Deutschland geschalteten DSL-Anschlüsse auf 14,1 Mio.⁹. Dies entspricht im Vergleich zum Vorjahr einem Anstieg um 35,6 %, bzw. einem Zuwachs an 3,7 Mio.¹⁰ neuen DSL-Anschlüssen in diesem Zeitraum in Deutschland.

Die beiden schmalbandigen Zugangsoptionen „Analoges Modem“ und „ISDN“ nutzen 44,8 % der deutschen Onliner. Allerdings ist die Zahl der schmalbandigen Internetnutzer aufgrund der starken Substitutionsbeziehung zwischen schmalbandigen und breitbandigen Zugangstechnologien tendenziell rückläufig.

Die restlichen 5,8 % der deutschen Internetnutzer realisiert den Internetzugangs mittels alternativer Zugangstechnologien wie beispielsweise TV-Kabelmodem, Satellit, Powerline Communications (PLC) oder anderen. Im Jahr 2006 entfielen ca. 490.000 Anschlüsse auf Kabelmodem, 9.500 auf Powerline und etwa 56.000 Anschlüsse erfolgten über Satellit¹¹.

⁹ Vgl. Bundesnetzagentur (2007): S. 62.

¹⁰ Vgl. Bundesnetzagentur (2006): S. 6.

¹¹ Vgl. Bundesnetzagentur (2007): S. 62.

2.2 Beschreibung und Quantifizierung wesentlicher Internetdienste

2.2.1 Nutzung von Internetdiensten im Privatkundensektor

Empirische Untersuchungen zur Nutzung von Internetdiensten verwenden als Indikator der Quantifizierung in der Regel das Kriterium „Nutzung mindestens einmal wöchentlich“ bzw. „Nutzung einmal monatlich“. Anhand dieser Indikatoren lassen sich nur bedingt Rückschlüsse auf die tatsächliche tägliche Nutzungsdauer der jeweiligen Internetdienste ableiten. Dennoch ist die auf diese Weise gewonnene Datenbasis als erster Indikator für die Frequentierung einzelner Internetdienste geeignet. Im Folgenden wird das Nutzeraufkommen der wesentlichen Privatkundendienste, soweit es anhand der verfügbaren Datenbasis möglich ist, erläutert, wobei Tabelle 2-1 einen ersten Überblick über die Nutzungsintensität von Internetdiensten im Privatkundensektor ermöglicht. Hierbei kann zwischen „etablierten“ und „neuen“ Internetdiensten unterschieden werden. Mit „etablierten Diensten“ werden hier jene Dienste bezeichnet, die bereits im Schmalbandinternet elementarer Bestandteil des Internetdienste-Portfolios waren. Die hier zu den „neuen“ Diensten gezählten Anwendungen wurden erst mit der fortschreitenden Implementierung Breitbandiger Internetzugänge möglich.

Tabelle 2-1: Private Nutzung von Internetdiensten

Dienst	AGOF (Juni 2007) n = 104.154	ARD/ZDF (Juli 2006) n = ca. 1000	Forsa (Juli 2005) n = 869
„Etablierte“ Internetdienste			
Suchmaschinennutzung	86%	75%	90%
E-Mail	86%	78%	92%
Online Shopping	58%	12%	55%
Online Banking	52%	35%	47%
Instantmessaging	34%	-	19%
Chat	34%	20%	35%
Daten-Download	-	21%	48%*
Blogs	-	-	3%
„Neue“ Internetdienste			
Online Gaming	-	12%	24%
Internetradio	-	11%	21%
VoIP	-	-	10%
VoD/Videos aus dem Netz ansehen	-	7%	13%**
IPTV	-	2%	-

Quellen: Media Perspektiven (2007), AGOF (2007), Forsa (2005).

* Software-Download, ** Video Streams.

2.2.1.1 „Etablierte“ Dienste

Die vom Nutzeraufkommen her am Häufigsten genutzten Internetdienste sind zum einen die E-Mail und zum anderen die Recherche in Suchmaschinen. Beide Dienste werden in Deutschland von jeweils ca. 86 %¹² der Online-User zumindest einmal wöchentlich genutzt. Neben der relativ einfachen Handhabung liegt die Attraktivität dieses Dienstes auch in der Möglichkeit des Versendens von Attachments begründet. Neben der privaten Nutzung findet die E-Mail auch in beruflichen Umfeld immer breitere Anwendung. Etwa jeder zweite Erwerbstätige in Deutschland (ca. 48 %¹³) verfügt inzwischen über eine berufliche E-Mail-Adresse.

Wie eingangs erwähnt geben ebenfalls ca. 86%¹⁴ der deutschen Internetnutzer an, mindestens einmal in der Woche eine Internetsuchmaschine zu nutzen. Hierbei nutzt das Gros der deutschen Onliner die Suchmaschine des Anbieters Google, der in diesem Segment über einen Marktanteil von 90,6 %¹⁵ verfügt. Der an Marktanteilen gemessene zweitgrößte Anbieter Yahoo verfügt über einen Marktanteil von 3,0 %¹⁶. Der Suchmaschinendienst von T-Online wird bei 1,9 %¹⁷ der Suchanfragen in Deutschland genutzt und ist somit die an Marktanteilen gemessen dritt-häufigst genutzte Suchmaschine.

Online Shopping, d.h. das Einkaufen bzw. bestellen von Gütern in Online Waren- bzw. Versandhäusern hat sich inzwischen etabliert. Laut AGOF nutzen ca. 58 % der deutschen Onliner diese Applikationen¹⁸.

„Online-Banking“ bezeichnet den direkten Zugriff auf Bankrechner per Datenfernübermittlung unter Verwendung des Internets als Übertragungsmedium. Ca. 52% der deutschen Onliner sind Nutzer des Dienstes Online-Banking¹⁹.

Das „Instant Messaging“ ist der wohl am weitesten verbreitete Internetdienst, der auf dem Peer-to-Peer-Prinzip basiert. Instant Messaging ermöglicht es in Echtzeit zu chatten und darüber hinaus Bilder, Audio- und Videodateien auszutauschen. Die meisten Instant Messenger ermöglichen es, so genannte Buddy-Listen zu erstellen. Dabei werden die Adressen von anderen Teilnehmern gespeichert und es wird gemeldet, sobald diese „online“ sind. 2007 waren ca. 34 %²⁰ der Internetnutzer in Deutschland Instant Messenger-Nutzer. Hierbei ist auffällig, dass unter den Instant Messenger-Nutzern über-

¹² Vgl. AGOF (2007): S. 15.

¹³ Vgl. General-Anzeiger (2007).

¹⁴ Vgl. AGOF (2007): S. 15.

¹⁵ Vgl. Webhits.de (2007).

¹⁶ Vgl. Webhits.de (2007).

¹⁷ Vgl. Webhits.de (2007).

¹⁸ Vgl. AGOF (2007), S. 15.

¹⁹ Vgl. AGOF (2007), S. 15.

²⁰ Vgl. AGOF (2007), S. 15.

durchschnittlich viele relativ junge Nutzer vorhanden sind: Ca. 52 % sind zwischen 19-29 Jahre alt²¹.

Die Möglichkeit zur Kommunikation via Chatforen, wird von ca. 34 %²² der Internetuser wahrgenommen. Chatforen sind in der Regel themenbezogen. Dies erleichtert Nutzern die Auswahl Gemäß ihrer Interessen. Hier reicht die Bandbreite der Angebote von Flirt-, Fan-, bis hin zu Schachchatforen. Auch Chatforen mit wissenschaftlicher Thematik sind inzwischen keine Seltenheit mehr.

Der Download von Dateien ist ebenfalls ein populärer Internetdienst. Insbesondere das so genannte „Filesharing“ ist eine häufig genutzte Variante des Datendownloads. Filesharing bezeichnet das „Verteilen“ von Dateien über ein Peer-to-Peer-Netzwerk. Der Zugriff auf ein solches Netzwerk erfolgt mittels spezieller Software. Die Prominenten Internettausbörsen Napster und Kazaa basieren beispielsweise auf dem Peer-to-Peer-Prinzip. Die tatsächliche Nutzung des Dienstes Datendownload ist anhand der verfügbaren Datenbasis nur sehr unscharf zu quantifizieren. Dies liegt zum einen an der mangelnden Verfügbarkeit repräsentativer Erhebungen zur Nutzung dieses Dienstes, und zum anderen an der weitestgehend unklaren Abgrenzung der Charakteristika dieses Dienstes. In einer Reihe weiterer Dienste ist die Funktionalität des Downloads als Teil der Dienstespezifik enthalten. So geht beispielsweise mit einem Medienkonsum in Internet in der Regel ein Download einher. Somit ist zu vermuten, dass der in der ARD/ZDF Online-Studie angegebene Wert von 22 % geringer ist als die tatsächliche Nutzung dieses Dienstes.

Ein „Weblog“ oder abgekürzt „Blog“ bezeichnet ein auf einer Webseite geführtes und damit öffentlich einsehbares Tagebuch oder Journal. Inzwischen existieren Blogs zu den unterschiedlichsten Themenbereichen wie beispielsweise so genannte „Edublogs“ (Blogs mit Bildungsinhalten), „Krimiblogs“ (Blogs mit Kriminalgeschichten) oder „Corporate Blogs“ (offizielle Firmenblogs). Rund 8 % der deutschen Internet-Nutzer schreiben mindestens einmal pro Monat Beiträge in eigene oder fremde Blogs. Weitere 12 % „bloggen“ gelegentlich. Fast jeder zweite Internetnutzer liest Online Tagebücher²³.

Die Nutzungsintensität dieser vorab erläuterten Internetdienste variiert tageszeitabhängig und unterscheidet sich darüber hinaus zwischen der Nutzung an Werktagen und am Wochenende²⁴. Abbildung 2-8 enthält insgesamt drei Kurven, welche die Intensität der Internetnutzung im Tagesverlauf visualisieren. Abgebildet ist im Einzelnen die Intensität der Nutzung durch Privatkunden, die Intensität der Nutzung durch Geschäftskunden und eine Kurve die die Gesamtnutzung aggregiert wiedergibt. Betrachtet man bereits an dieser Stelle einmal Privatkunden- und Geschäftskundennutzung zeigt sich, dass die Spitzenlastzeiten dieser beiden Nutzertypen erheblich variieren. Während die

²¹ Vgl: AGOF (2007), S. 18.

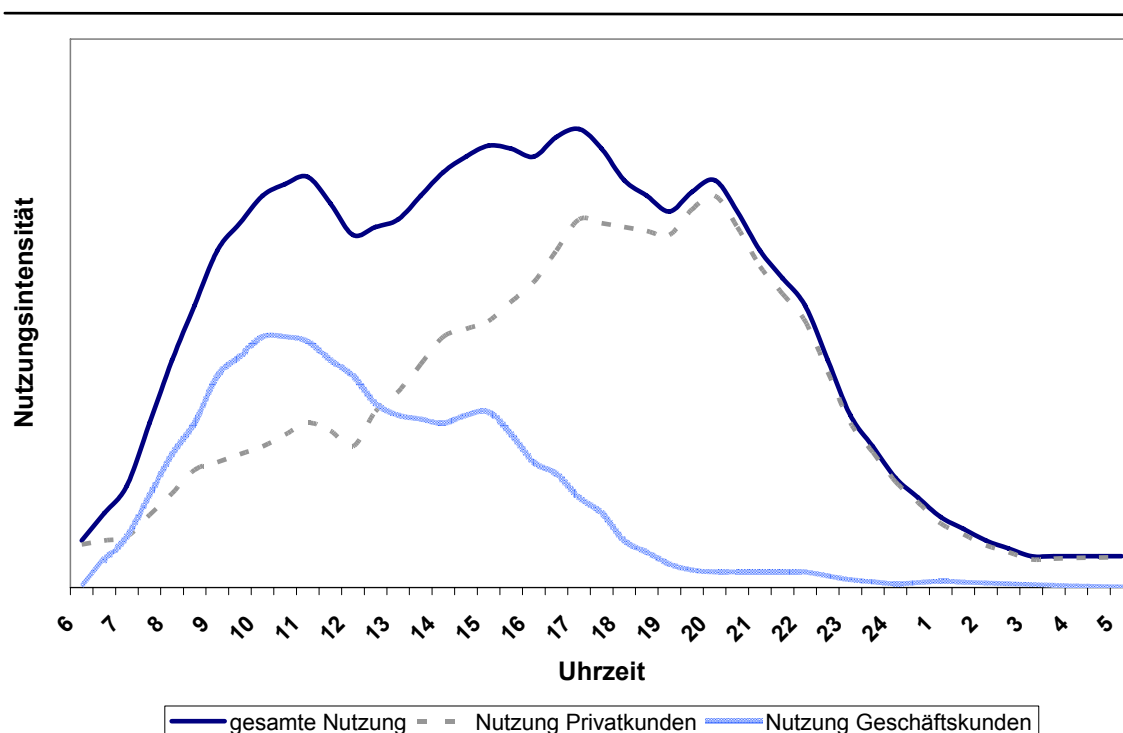
²² Vgl. AGOF (2007), S.15.

²³ Vgl. Bitkom (2007).

²⁴ Die unterschiedliche Wochenendnutzung wird hier vereinfachenderweise ausgeblendet.

von Geschäftskunden induzierte Internetnutzung im Zeitraum zwischen 9 und 12 Uhr ihre größte Intensität aufweist, ist die intensivste Nutzung durch Privatkunden zwischen 18 und 23 Uhr zu beobachten. Fernerhin ist ein diametraler Verlauf der Nutzungsintensität von Privat- und Geschäftskunden im Zeitverlauf zu beobachten, was zur Folge hat, dass die aggregierte Netzauslastung zwischen 9 und 21 Uhr bleibt relativ konstant bleibt.

Abbildung 2-6: Nutzungsintensität „etablierte“ Dienste



Quelle: WIK-Schätzung (2007). In Anlehnung an Media Perspektiven (2006).

Die beiden am intensivsten genutzten Internetdienste „E-Mail“ und „Suchmaschinennutzung“ (vgl. Tabelle 2-1) zeichnen sich neben der intensiven privaten Nutzung zusätzlich durch eine ausgeprägte Nutzung im beruflichen Umfeld aus. Die täglichen Spitzennutzungszeiten der E-Mail liegen in der Mittagszeit und am Ende des Arbeitstages²⁵. Es ist davon auszugehen, dass die Spitzenzeiten der Nutzung des Dienstes „Suchmaschinennutzung“ eng an die Spitzenzeiten der generellen Internetnutzung gekoppelt sind. Diese liegen in der Regel zwischen 15 und 18 Uhr²⁶. Die Dienste „Chat“ und „Online Shopping“ werden hingegen vornehmlich privat genutzt, so dass die Nutzungsintensität dieser Dienste im Zeitraum zwischen 8 und 18 Uhr als eher gering anzusehen ist. Der Dienst „Datendownload“ findet analog zu der „E-Mail“ und der „Suchmaschinennutzung“

²⁵ Vgl. Hüber (2006).

²⁶ Vgl. Media Perspektiven (2006b): S. 232.

ebenso im privaten, als auch im beruflichen Umfeld Verwendung. Ein weiteres Charakteristikum des Dienstes „Datendownload“ ist seine Nutzungsdauer. In Abhängigkeit von der im Download zu übertragene Datenmenge kann diese im Extremfall mehrere Stunden betragen. Die Nutzungsdauer der Dienste „E-Mail“ oder „Online-Banking“ hingegen ist hingegen meist auf jeweils wenige Minuten beschränkt. Die vorhandene Datenbasis lässt vermuten, dass die Dienste „Weblog“ und „Datendownload“ ihr Maximum an Nutzungsintensität („Peak“) ca. gegen 22 Uhr erreichen, während der die weiteren Dienste ihr Nutzungsmaximum bereits gegen etwa 21 Uhr erreichen²⁷.

2.2.1.2 „Neue“ Dienste

Analog zu der gestiegenen Verfügbarkeit breitbandiger Internetzugänge hat sich auch das Dienstangebot im Internet verändert. Mediale Dienste wie beispielsweise Video on Demand oder IPTV haben das Internetdienste-Portfolio erweitert. Mit der Einführung dieser Dienste entwickelt sich das Internet zur medialen Plattform, die Mehr und Mehr die Funktionen traditioneller Medien wie beispielsweise die des Fernsehens oder die der Radios übernehmen. Ein Indiz hierfür mag auch sein, dass seit Beginn des Jahres 2007 jedes internetfähige Endgerät rundfunkgebührenpflichtig ist. Diese Dienste nehmen am aktuellen Nutzereinkommen gemessen bislang eine noch eine untergeordnete Rolle ein, allerdings ist bereits heute zu beobachten, dass sich die Mediennutzung von traditionellen Plattformen verstärkt auf das Internet verlagert. Besonders ausgeprägt ist dieses Substitutionsphänomen in der Altersklasse der 15- bis 24-Jährigen zu beobachten, auch wenn in der Praxis auch häufig eine Parallelnutzung verschiedener medialer Plattformen zu beobachten ist.²⁸ Die hier als „neue“ Internetdienste aufgeführten Anwendungen fungieren als Treiber dieses Substitutionsprozesses. Demzufolge erfahren diese Dienste im Rahmen dieser Untersuchung eine dezidierte Betrachtung. Diese „neuen“ Dienste sind:

- Online Gaming
- Audio streaming
- Voice over IP
- Video on Demand/ Audiovisuelle Inhalte mit On Demand-Charakter
- IPTV

Online-Gaming bezeichnet das Spielen eines Computerspiels im Internet oder in einem lokalen Netzwerk. Das Spielangebot im Internet ist vielfältig und spricht verschiedene Zielgruppen an. Es wird in der Regel unterschieden zwischen so genannten „Casual

²⁷ Diese Einschätzung wird u.a. gestützt durch eine Vielzahl von Zeitangaben, an welchen der Zeitpunkt der Aktualisierung eines Weblogs ersichtlich wird.

²⁸ Vgl. Media Perspektiven (2006d): S. 538.

Gamer“, „Core Gamer“ und „Hardcore Gamer“²⁹. Casual Gamer spielen lediglich unregelmäßig und spiele mit geringer Komplexität. Als Beispiele hierfür sind Spiele des Mainstreams wie Online-Poker oder Casinospiele zu nennen. Core Gamer spielen Regelmäßig und vornehmlich Spiele mit mittlerer Komplexität. Favorisierte Onlinespiele dieser Zielgruppe sind z.B. Lernspiele oder Rennspiele. Die Gruppe der Hardcore-Gamer spielt täglich mindestens eine Stunde Onlinespiele von hoher Komplexität wie beispielsweise Rollenspiele³⁰. Die überwiegende Mehrzahl dieser Rollenspiele sind so genannte Multiplayer-Spiele. Diese Spiele können im Extremfall von bis zu mehreren Hundert Spielern gleichzeitig gespielt werden. Die ARD/ZDF Studie zur Online-Studie 2006 quantifiziert das Nutzeraufkommen an Online Gamern auf ca. 12 %³¹ der deutschen Internetnutzer, wobei das Kriterium „Nutzung mindestens einmal wöchentlich“ Verwendung fand und somit die beiden Nutzergruppen Core und Hardcore Gamer erfassen dürfte. Forsa quantifizierte das Nutzeraufkommen im Jahr 2005 auf 24 %, allerdings ohne Einschränkung der Nutzungsintensität³². Die vorhandene Datenbasis lässt vermuten, dass „Onliner“ unter 30 Jahren überproportional Nutzer dieses Dienstes sind. In Kapitel 3 wird auf die Heterogenität des Dienstes Online Gaming verwiesen. An dieser Stelle sei ebenfalls bemerkt, dass die gängige Einordnung der Spielerprofile in Casual, Core und Hardcore ebenfalls nur eingeschränkt die tatsächliche Nutzungsintensität widerspiegelt.³³

Ein inzwischen ebenfalls populärer Internetdienst ist das so genannte „Internetradio“ oder auch Audio-Streaming. Audio Streaming bezeichnet das Empfangen und gleichzeitige Wiedergabe von Audiodaten aus einem Computernetzwerk wie beispielsweise dem Internet, wobei „streaming“ die Übertragung selbst bezeichnet. Im Gegensatz zum klassischen terrestrischen Radio, das für Rundfunksendungen nur bestimmte Frequenzspektren nutzen kann, besteht für das Internetradio prinzipiell keine Begrenzung der potenziell realisierbaren Kanäle. Streaming Audio ermöglicht somit prinzipiell eine Vielzahl personalisierter Radiokanäle. So bieten einige Privatradiostationen wie Antenne Bayern, Hit Radio FFH, FFN und Radio Hamburg Spartenprogramme an, die ausschließlich im Internet verbreitet werden³⁴. Im Gegensatz zur terrestrischen Ausstrahlung des Radios besteht zudem im Internet keine Begrenzung der Reichweite. Analog zum Nutzeraufkommen des Dienstes „Datendownload“ lässt sich die Nutzungsintensität dieses Dienstes anhand der vorhandenen Datenbasis nicht abschließend quantifizieren. Während die ARD/ZDF Online Studie (Stichprobenumfang n = 1000 Personen) 11 % der deutschen Internutzer als regelmäßige Nutzer ausweist, kommt die Studie „Time Budget 12“ von Forsa auf einen Wert von 21 % (Stichprobenumfang n = 869), allerdings ohne eine zeitliche Präzisierung der Nutzung in der Fragestellung vorzunehmen.

²⁹ Vgl. AT Kearney (2006): S. 15.

³⁰ Vgl. AT Kearney (2006), S. 15 ff.

³¹ Vgl. Media Perspektiven (2006a): S. 86.

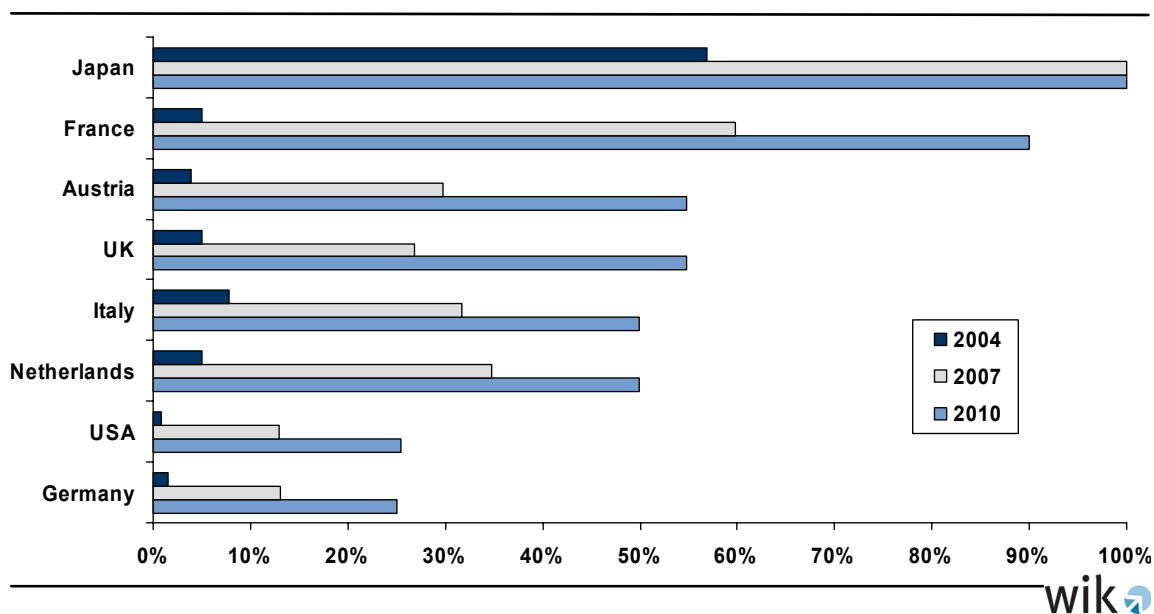
³² Vgl. Forsa (2005): S. 25.

³³ An anderer Stelle wird z.B. der Gelegenheitsprofi als bedeutende Nutzergruppe angeführt, bei dem Komplexität und Intensität nicht miteinander korrelieren. Vgl. Langer (2007).

³⁴ Vgl. Weidener (2007).

Voice over IP oder kurz VoIP, d. h. die paketvermittelte Telefonie über das Internet, ist einer der Internetdienste, die in den letzten Jahren am vordringlichsten an Relevanz gewonnen haben. Während im Jahr 2003 lediglich ca. 6 %³⁵ der deutschen Internetnutzer angaben Nutzer dieses Dienstes zu sein, hat diese Zahl seither deutlich zugenommen. Im Frühjahr 2007 nutzen bereits ca. 13 % der Breitbandhaushalte die Internet-Telefonie (vgl. Abbildung 2-7). In Frankreich und Japan hat die Internet-Telefonie bereits die traditionelle leitungsvermittelte Sprachkommunikation als vorherrschenden Übertragungsweg abgelöst.

Abbildung 2-7: Voice over IP-Durchdringung in Breitbandhaushalten



Quelle: Arthur D. Little (2007).

Die Bundesnetzagentur schätzt das gesamte Verkehrsaufkommen der Internet-Telefonie im Jahr 2006 auf 9 Mrd. Verkehrsminuten³⁶. Die geringe Nutzerzahl 2003 ließ sich nicht zuletzt mit dem erforderlichen Know-how begründen, das zur Installation der erforderlichen Hard- und Software unerlässlich war. Fernerhin waren einheitliche Standards bei der Sprachübertragung über IP bisher kaum implementiert. Setzte man auf die Produkte mehrerer Hersteller, ergaben sich Kompatibilitätsprobleme. Neben den technischen Problemen senkte auch die Tatsache, dass 2003 nur ein Bruchteil der konventionellen Telefonierteilnehmer auch über Voice over IP erreichbar sind, die Attraktivität dieses Dienstes beträchtlich³⁷. Inzwischen ermöglicht das reichhaltige Angebot an Voice over IP-fähiger Hardware eine komfortable Nutzung auch in Kombination mit einem herkömmlichen Festnetzanschluss. Allerdings nutzt ein Großteil der VoIP-Kunden

³⁵ Vgl. AGIREV (2003).

³⁶ Vgl. Bundesnetzagentur (2007): S. 66.

³⁷ Vgl. Cap Gemini/ Ernst & Young (2002).

Bündelprodukte, die Voice over IP, DSL-Anschluss und breitbandigen Internetzugang anbieten³⁸.

Video on Demand (VoD) beziehungsweise generell audiovisuelle Mediale mit On Demand-Charakter bezeichnet Applikationen, die es Teilnehmern ermöglichen, unabhängig von starren Sendezeiten auf Medieninhalte aus Online-Medienbibliotheken zurückzugreifen. Zu differenzieren ist in diesem Kontext zwischen Videoportalen, die in der Regel primär User Generated Content für den Endkunden kostenlos offerieren (z.B. YouTube oder My Video), und „echten“ Video on Demand-Plattformen die in Form einer „Online-Videothek“ Filme oder Reportagen gegen ein Entgelt und in der Regel auf Pay per View-Basis anbieten (Video on Demand-Plattformen bieten in Deutschland u.a. die Deutsche Telekom, der Internet Service Provider 1&1³⁹ und Arcor an). Die medialen Inhalte von Portalen wie YouTube können in der Regel entweder direkt online als Stream im Webbrowser betrachtet werden oder zunächst heruntergeladen werden. Auf Grund des User Generated-Charakters dieser medialen Inhalte variiert die Bildqualität des auf solchen Portalen angebotenen Materials teils beträchtlich. „Echte“ Video on Demand-Portale nutzen in der Regel die Technik des progressiven Downloads, bei welcher das Video vor dem Betrachten heruntergeladen werden muss, es jedoch möglich ist, mit dem Betrachten zu beginnen, bevor die ganze Datei heruntergeladen wurde. Die generellen Marktchancen von „echten“ Video on Demand-Diensten werden inzwischen weitestgehend positiv beurteilt. Die Eigenschaften von Video on Demand-Diensten kommen dem von Endkundenseite stärker werdendem Bedürfnis nach zeitlicher Flexibilität und inhaltlicher Selektivität entgegen⁴⁰. Die Studie Deutschland Online 3 prognostiziert auf der Grundlage einer Expertenbefragung, dass im Jahr 2010 rund 11 % aller deutschen Haushalte Video on Demand-Angebote nutzen werden. Im Zeitraum bis 2015 prognostiziert die selbe Studie ein Anwachsen dieser Zahl auf ca. 25 %. Die Analysten von Ovum schätzen das Marktvolumen von Video on Demand-Diensten in Deutschland für das Jahr 2007 auf ca. 135 Mio. Euro⁴¹. Wesentlich für eine weitere Intensivierung der Nutzung von VoD dürfte aber auch die Attraktivität der angebotenen Inhalte (A-Movies) und deren Aktualität sein. Bisher klagen die Anbieter noch über fehlende Filmrechte dieser Art.

Internet Protocol Television oder kurz IPTV bezeichnet die Übertragung von traditionellen Fernsehinhalten über ein digitales Datennetz unter Verwendung des dem Internet zugrunde liegenden Internet Protocol (IP). Diese Art der Fernsehkonsums gewinnt in der Praxis zunehmend an Bedeutung. Frankreich und Spanien sind bislang, anhand des Nutzeraufkommens gemessen, die europaweit führenden Märkte für IPTV. In Frankreich verfügen die drei vom Nutzeraufkommen größten IPTV-Anbieter France

³⁸ Vgl. Bundesnetzagentur (2007): S. 70.

³⁹ Der Internet Service Provider betreibt in Kooperation mit ProSiebenSat1Media das Video on Demand-Portal „Maxdome“.

⁴⁰ Vgl. Media Perspektiven (2006c), S. 628.

⁴¹ Vgl. Media Perspektiven (2006c), S. 628.

Telecom, Free Telecom und Neuf Cegetel zusammen über ca. 1,0 Mio⁴² (Stand März 2007) IPTV-Kunden. In Spanien verfügt der Incumbent Telefonica über ca. 300.000 IPTV-Nutzer (Stand März 2007). Am deutschen Markt mit IPTV-Angeboten aktiv sind z.B. Hansenet/Alice (Start im Juni 2006) und Deutsche Telekom (Start im Oktober 2006). Diese beiden Angebote beinhalten je nach Angebotsausgestaltung ein Programmportfolio mit bis zu 130 (Deutsche Telekom) oder bis zu 60 (Hansenet) verschiedenen Kanälen. Hansenet verfügte im Juli 2007 über 12.000 IPTV-Kunden⁴³. Das Nutzeraufkommen des IPTV-Dienstes „T-Home“ der Deutschen Telekom ist ungleich schwerer zu quantifizieren, da von Anbieterseite keine offiziellen Nutzerzahlen publiziert werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Nutzerzahlen dieses Angebotes im August 2007 nicht mehr als 30.000 Kunden aufweist, und somit in Bezug auf die Kundenzahl deutlich hinter den Angeboten der Incumbents in Frankreich und Spanien zurückbleiben.

Analog zu den „etablierten“ Diensten weisen die betrachteten „neuen“ Dienste ebenfalls tageszeit-abhängige Nutzungsunterschiede auf. Diese sind im Folgenden Gegenstand der Betrachtung.

Es ist davon auszugehen, dass das Nutzungsprofil des Dienstes „IPTV“ relativ ähnlich dem Nutzungsprofil des traditionellen Fernsehens ist (vgl. Abbildung 2-8). Zwar spricht der Dienst „IPTV“ ein in der Regel technik-affineres Publikum an als das traditionelle Fernsehen, trotzdem gibt es in der Empirie bislang keine Hinweise dafür, dass sich durch die Einführung von IPTV die Fernsehgewohnheiten signifikant verändert haben. Demzufolge dürfte die Intensivste IPTV-Nutzung analog zu der des traditionellen Fernsehens im Zeitraum zwischen 20:30 Uhr und 21:30 Uhr erfolgen⁴⁴.

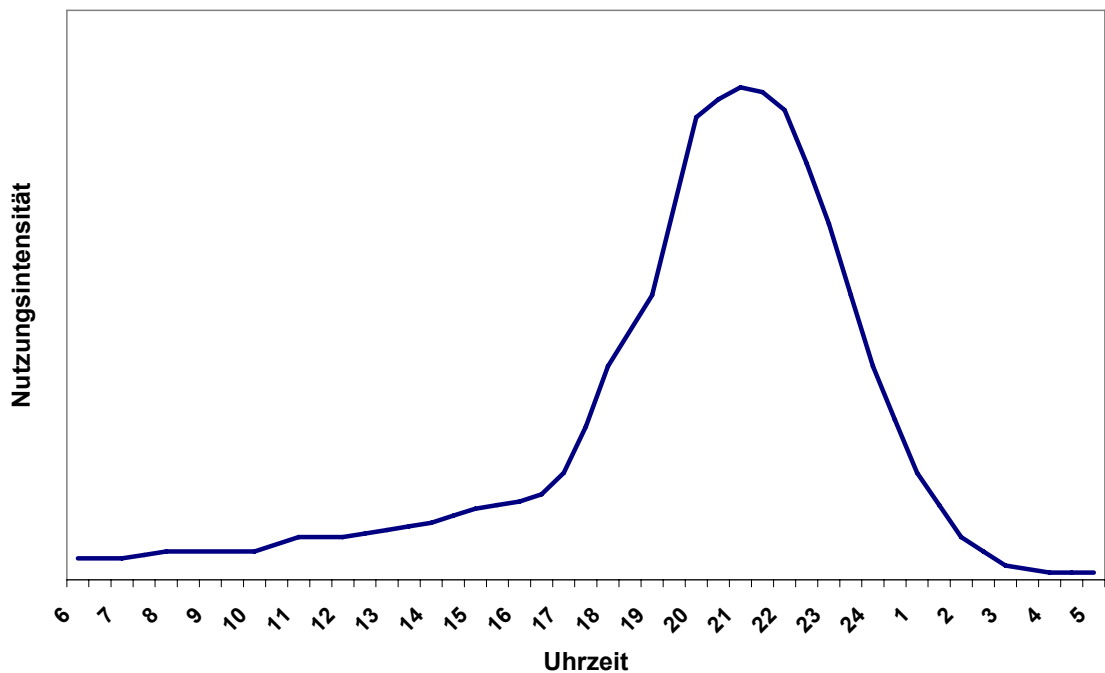
Ähnliches gilt für den Dienst „Video on Demand“. Die Auswertung von Konsumentenbefragungen legen die Vermutung nahe, dass Video on Demand vornehmlich als Substitut zum traditionellen Fernsehen angesehen wird und somit zu vergleichbaren Zeiten genutzt wird wie das traditionelle Fernsehen.

⁴² WIK-Schätzung.

⁴³ Vgl. Digitalfernsehen (2007).

⁴⁴ Vgl. Media Perspektiven (2006b): S. 230.

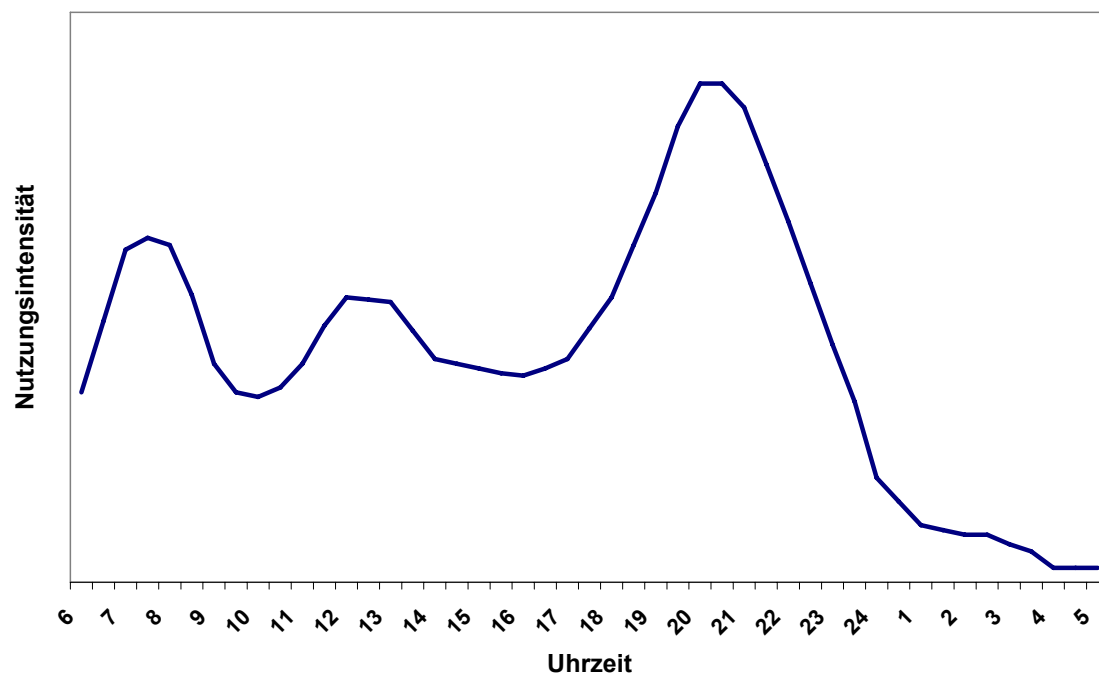
Abbildung 2-8: Nutzungsintensität IPTV/Video on Demand



Quelle: WIK-Schätzung (2007). In Anlehnung an Media Perspektiven (2006).

Der Dienst „Internetradio“ weist hingegen deutliche Nutzungsunterschiede im Vergleich zur der traditionellen Radionutzung auf. Ein elementarer Unterschied ist die mobile Nutzung des traditionellen Radios, zum Beispiel während der Autofahrt. Es ist davon auszugehen, dass der Dienst „Internetradio“ oftmals parallel zur Suchmaschinennutzung und allgemeinen Webrowsing genutzt wird. Daher lassen sich zumindest gewisse Analogien zwischen den Nutzungsprofilen dieser beiden Dienste vermuten lassen (vgl. Abbildung 2-9). In der Zukunft mag sich dies mit der breiteren Verfügbarkeit anderer Endgeräte (HiFi Anlagen / Radios mit Internetanbindung) der traditionellen Radionutzung angleichen.

Abbildung 2-9: Nutzungsintensität Internetradio



Quelle: WIK-Schätzung (2007). In Anlehnung an Media Perspektiven (2006), Forsa (2005).

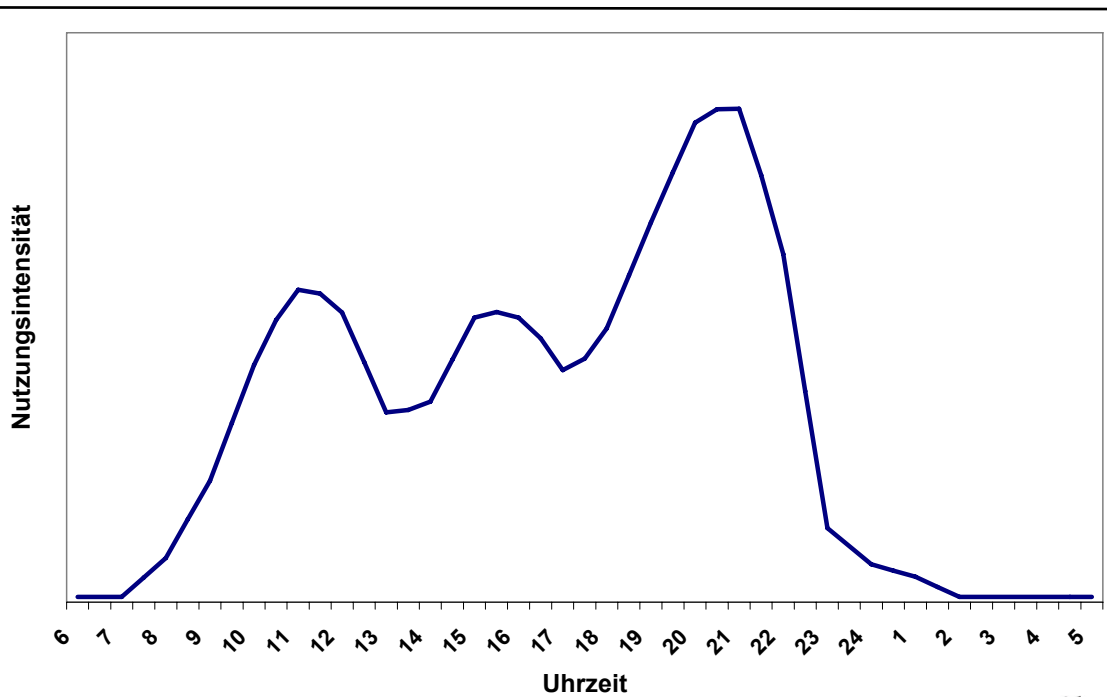
Die Telefonie via Voice over IP wird sowohl beruflich als auch privat genutzt, wobei jedoch bislang tendenziell die private Nutzung weiter verbreitet ist⁴⁵. Das Nutzungsprofil des Dienstes „Voice over IP“ ähnelt dem Nutzungsprofil der traditionellen leitungsvermittelten Telefonie. Auch die durchschnittliche Gesprächsdauer von Voice over IP-Nutzern deckt sich weitgehend mit der von Telefonierern im traditionellen leitungsvermittelten Netz⁴⁶. Die größte Nutzungsintensität der Voice over IP-Telefonie ist zwischen 20 und 21 Uhr zu verzeichnen. Weitere Nutzungsschwerpunkte sind gegen ca. 11 Uhr und zwischen 14 und 15 Uhr zu verzeichnen⁴⁷ (vgl. Abbildung 2-10).

⁴⁵ Vgl. Bitkom (2006).

⁴⁶ Vgl. Ostler (2006).

⁴⁷ Vgl. Ostler (2006).

Abbildung 2-10: Nutzungsintensität Voice over IP

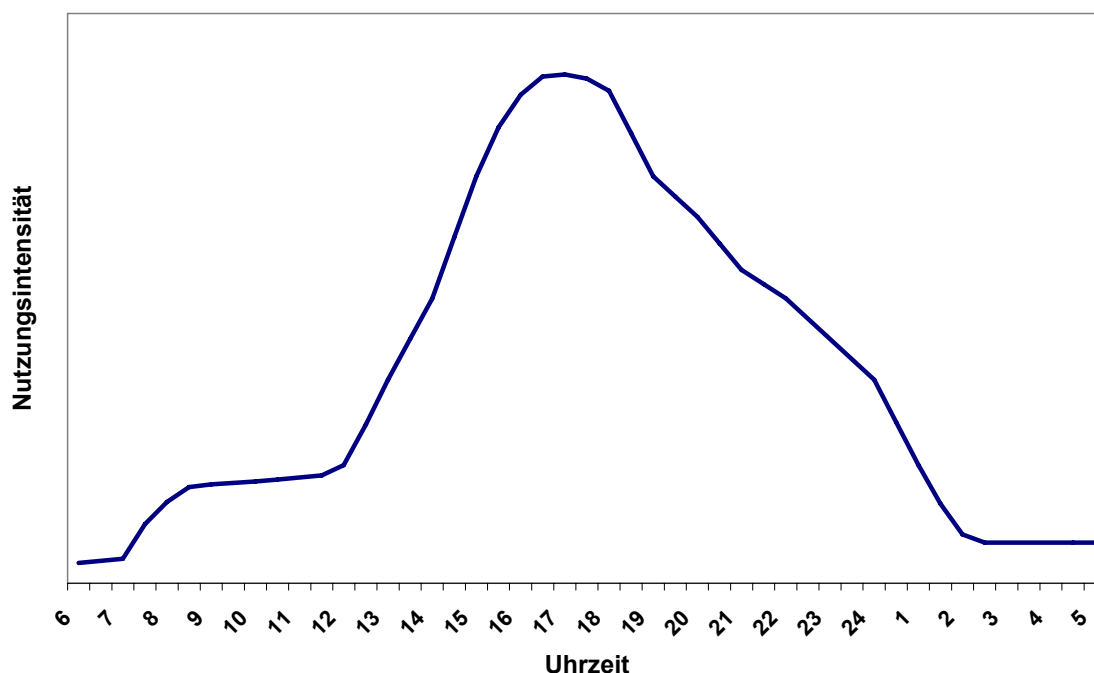


Quelle: WIK-Schätzung (2007). In Anlehnung an Carpo (2006).

Es ist davon auszugehen, dass das Nutzungsprofil des Dienstes „Online Gaming“ (vgl. Abbildung 2-11) stark dem Nutzungsprofil von Computer- und Videospiele ähnelt, deren Teilmenge „Online Gaming“ bildet. In dem Segment der Computer- und Videospiele weist das ausgewertete Datenmaterial darauf hin, dass der zeitliche Schwerpunkt der Nutzung von Computerspielen im Zeitraum zwischen 12 Uhr und 18 Uhr, also am Nachmittag, liegt⁴⁸.

⁴⁸ Vgl. GfK, AdEse (2006): S. 35 ff.

Abbildung 2-11: Nutzungsintensität Online Gaming



Quelle: WIK-Schätzung (2007). In Anlehnung an GfK/AdEse (2006).

2.2.2 Nutzung von Internetdiensten im Geschäftskundensektor

Neben Privatkunden treten auch Geschäftskunden als Nachfrager von Internetdienstleistungen auf. Allerdings unterscheiden sich die durch diese beiden Kundengruppen genutzten Internetdienste zum Teil deutlich. Neben der Nutzung „normaler“ Internetdienste (Mail, Suchen, Einkaufen, ...) gibt es zusätzliche spezifischere Nutzungen.

In der Vergangenheit erfolgte die Unternehmenskommunikation großer Geschäftskunden für die regionale, nationale oder auch internationale Vernetzung der Unternehmensstandorte über gesonderte Netze, die in der Regel auf angemieteten Festverbindungen oder gar eigenen Kabeln aufgebaut waren. Über diese wurden die PBX-Systeme und die Bürokommunikationsnetze (LANs) miteinander und zu Call Centers und Rechenzentren verbunden. Unter Umständen wurden auch wichtige Kunden und Zulieferer in diesen Verbund aufgenommen. Diese Netze werden auch als Corporate Networks bezeichnet. Sie werden vermehrt durch Virtuelle Private Netze (VPN) als logisch separate Teilnetze im Internet abgelöst.

Virtual Private Networks (VPN) werden weltweit eingesetzt, um Firmendaten über einen separaten, sicheren und zuverlässigen Netzbereich zu senden, etwa wenn es um den Zugriff auf eine Firmennetzwerk von Außendienst- oder Heimarbeitsplätzen (Intranet)

oder von Kunden oder Zulieferern (Extranet) geht. Aber auch Aufgaben wie die der zentralen Datensicherung, der unternehmensweiten Verfügbarkeit von zentral und/ oder dezentral vorgehaltenen Daten sowie die eines „papierlosen Büros“ an verteilten Standorten werden über diese Netze realisiert. Ebenso ist per Virtual Private Network die Vernetzung verschiedener Unternehmensstandorte, oder eine Verbindung zu den Kunden und Lieferanten des Unternehmens, möglich. Dabei garantiert ein VPN auf Grund der verschlüsselten Datenübertragung den Unternehmen einen hohen Grad der Informations- und Kommunikationssicherheit.

Wenn ein Unternehmen ein Virtual Private Network nicht selbst administrieren kann oder will, besteht die Möglichkeit die Administration einem VPN-Application Service Provider zu übertragen. Inzwischen existiert eine Vielzahl solcher Angebote, und am weltweiten Businesskundenmarkt sind unter anderem auch solche Genregrößen wie Hewlett-Packard und IBM aktiv. In Deutschland sind neben einer Vielzahl an kleinen und Mittelständigen Unternehmen vor allem auch die Netzbetreiber selbst wie T-Systems, Arcor, Colt Telecom, BT und QSC in diesem Marktsegment vertreten.

Im Jahr 2004 nutzen in Deutschland etwa 20% der Unternehmen mit mehr als 50 Mitarbeitern Virtuelle Private Netze⁴⁹, wobei dieser Wert auch VPNs beinhaltet, die nicht über Internet realisiert wurden, sondern über andere Netzwerke wie beispielsweise firmeneigene Infrastruktur oder angemietete Non-Public-Netze. Die Nutzung von IP-Centrex Lösungen ist noch sehr in den Anfängen, wie auch insgesamt die alten, auf PSTN basierenden Centrex-Lösungen in Deutschland keine hohe Akzeptanz im Markt gefunden haben. Sie erhalten eine neue Chance durch die Komplexität der IP-basierenden Kommunikationslösungen und den generellen Trend zu VPN, d.h. den Betrieb der gesamten Netze durch Dienstleister. Dies mag dann auch die Inhouse- und Campusnetze umfassen.

Das Kommunikationsverhalten in VPNs ist nur schwer generell zu beschreiben, weil es stark von der Art der Anwendungen, der Ansiedlung von Anwendungen und Rechenstandorten und der Verteilung der Nutzer in der Fläche abhängt. Bei den Anwendungen gibt es ein breites Spektrum, von SAP über unternehmensspezifische Lösungen bis zu CAD. Gehört ein VPN zu einem international operierenden Unternehmen, so sind durch die Zeitverschiebungen u.U. ganz andere Lastprofile zu erwarten, als in einem national tätigen Unternehmen. Wenn die Datenhaltung zumindest zum Teil dezentral erfolgt werden diese i.d.R. in den verkehrsschwachen Zeiten gesichert und/ oder abgeglichen. Dies führt dazu, dass man i.d.R. davon ausgehen kann, dass sich die Lastprofile über die Zeit glätten und nicht so sehr differieren wie die Nutzungsprofile der Privatkunden.

In vielen Fällen wurden die Rechenzentren konsolidiert oder die Aufgaben an große Outsourcing Dienstleister (z.B. T-Systems, IBM, EDS, SBS, ...) ausgegliedert. D.h. die

⁴⁹ Vgl. Meta Group: Market Overview (2004).

Anzahl der Rechenzentren und zentralen Server Standorte hat sich deutlich verringert und die Nutzer müssen über größere Distanzen mit diesen Rechenzentren verbunden werden. Die eingesetzten Netze werden damit immer mehr zum zentralen Nervensystem der Unternehmen und Unternehmensverbände, ohne die nichts mehr geht. Umso wichtiger werden die Fragen zur Sicherheit, Verfügbarkeit und Qualität dieser Netze.

Die firmeninterne Telefonie migriert von der klassischen PBX-Technik hin zu VoIP basierten Lösungen, die entweder mit eigenen Servern über das VPN abgewickelt wird, oder aber als separates VoIP-VPN als IP-Centrex eingekauft werden kann. Einschlägige Lösungen bieten heute z.B. T-Systems oder Arcor, aber auch viele andere Anbieter an.

Die Globalisierung und Dezentralisierung von Wertschöpfungsketten sorgt auch im B2B-Bereich dafür, dass multimediale Daten über das Breitbandnetz ausgetauscht werden müssen⁵⁰. Die Umsetzung dieser Anwendungen wird vor allem dadurch erleichtert, dass jeder PC zu einem multimedialen Endgerät geworden ist und über das IP-Protokoll ein weltweiter Kommunikationsstandard zur Verfügung steht, der die direkte Kommunikation untereinander ohne Medienbruch und Protokollkonversionen und ohne Leistungseinbußen erlaubt. Anwendungsfelder sind beispielsweise Telearbeit, Videoconferencing, E-Health und E-Learning.

Bei kleinen und mittleren Geschäftskunden wird In besonderem Masse wird voraussichtlich der Bereich gehosteter Applikationen, wie ihn beispielsweise Google mit seinem Office-Mietsoftwareangebot „Google Apps“ erobern will, eine starke Nachfrage nach einem zuverlässigen Qualitäts-Datentransfer auslösen.

⁵⁰ Vgl. Brenner et al. (2006): S. 16.

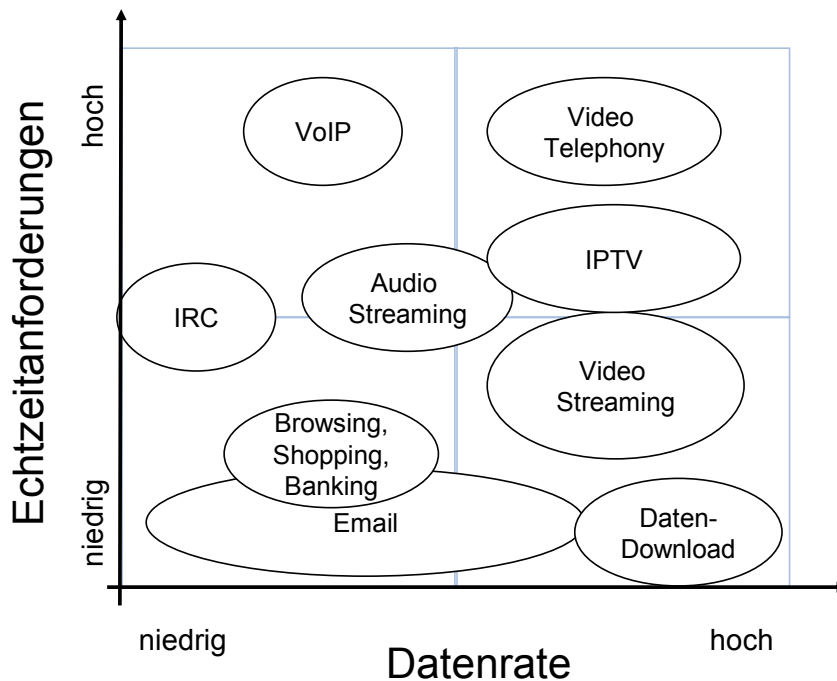
3 Qualitätsanforderungen von Internetdiensten

3.1 Heterogenität der Dienstelandschaft

Die im vorherigen Kapitel skizzierten Dienste weisen unterschiedliche Verkehrscharakteristika auf und unterscheiden sich vor allem hinsichtlich des Bandbreitenbedarfs sowie der Anforderungen an Delay (Paketlaufzeit), Jitter (Laufzeitschwankung) und Paketverlustrate. Des Weiteren kann auch die Anforderung an symmetrische Übertragung als Unterscheidungsmerkmal angeführt werden.

Bei der Überprüfung der Verkehrscharakteristika der verschiedenen Dienste ist festzustellen, dass eine Reihe von Diensten keine ausgeprägten Anforderungen beispielsweise an garantierte Kapazität oder Echtzeitübertragung stellen. Andere Dienste sind jedoch durch unterschiedliche starke Abhängigkeit von garantierten QoS Parametern gekennzeichnet. Dabei zeigt sich am Beispiel des Dienstes VoIP auch, dass Anforderungen an QoS und Echtzeit nicht unbedingt mit gleichzeitigem Bedarf hoher Bandbreite für die einzelne Verbindung einhergehen müssen. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Unterschiedlichkeit der Anforderungen an Echtzeit und Bandbreite für ausgewählte Dienste.

Abbildung 3-1: Anforderungen an Bandbreite und Echtzeit ausgewählter Dienste



Auffallend ist in dieser Darstellung, dass die Dienste durchaus heterogene Anforderungsmuster aufweisen, so gibt es Beispiele für jeden der vier Sektoren in der Matrix. Beispielhaft sei der Echtzeitdienst „Voice over IP“ genannt, der auf Basis geringer Bandbreiten (128 kbps) bereits nutzbar ist, dessen Übertragungsqualität jedoch durch Verzögerungen empfindlich beeinträchtigt wird.

3.2 Besondere Heterogenität von Online Gaming

Vor dem Hintergrund der Qualitätsanforderungen erfordert der Dienst Online Gaming noch eine differenzierte Betrachtung, denn die einfache Einordnung in Abbildung 3-1 wird durch die Heterogenität der Anwendung verhindert.⁵¹ Es ist zunächst klarzustellen, dass heutzutage das Spielprogramm auf dem Rechner/der Konsole des Nutzers läuft und zwischen den Spielern bzw. dem Spieleserver vorrangig nur Informationen z.B. über Positionskordinaten der Objekte im Spiel ausgetauscht werden.⁵² Der Bandbreitenbedarf nimmt zwar aufgrund verschiedener Faktoren tendenziell zu, es sind jedoch eher die Echtzeitanforderungen, deren Einhaltung für eine zufrieden stellende Quality of Entertainment gewährleistet werden muss.

Treiber für Bandbreite ist zum einen Audio- und Videokommunikation zwischen den Spielern während des Spiels. Einige Spiele bieten weiterhin nur die Möglichkeit des Textaustauschs. Der Austausch mit Mitspielern über Sprachkommunikation (VoIP) ist in anderen aktuellen Titeln bereits fest implementiert oder wird parallel zum Spiel über Software wie Skype abgewickelt. Dies gilt insbesondere für mannschaftsorientierte Spiele, bei denen die zeitnahe Absprache über Sprache statt Text Wettbewerbsvorteile bringt. Die Qualität dieses Voice-Chats steht heute mit Blick auf die Verzögerung der Übertragung regelmäßig dem eines herkömmlichen Telefonats nach. Der Einsatz von Kameras zum Austausch von (Bewegt-) Bildern während des Spiels spielt heute dagegen noch keine Rolle und steht in den gängigen Genres offenbar auch nicht bevor, sondern wird erst mit innovativen Spielkonzepten Einzug halten (z.B. virtual reality).

Zum anderen wird der Bandbreitenbedarf durch den Umfang des spielbezogenen Datenaustauschs (z.B. Übertragung von Positionsdaten der Spieler) bestimmt, sodass davon auszugehen ist, dass grundsätzlich das gleiche Spiel bei einer höheren Mitspielerzahl einen höheren Bandbreitenbedarf hat. Dies ist insofern relevant, als dass die

⁵¹ Eine gängige, nachfrageorientierte Unterteilung von Spielertypen ist die bereits in Kapitel 2 beschriebene Unterscheidung zwischen Casual und Core (ggf. auch noch eine dritte Segmentierung in Hardcore, um eine größere Unschärfe zwischen den beiden Extremen erfassen zu können; siehe AT Kearney (2006): S. 15f.). Diese Differenzierung zielt auf die investierte Zeit der Spieler und die Komplexität der genutzten Spiele ab. Sie ist jedoch vor dem hier zugrunde liegende Erkenntnisziel der Qualitätsanforderung und Netzdimensionierung nur bedingt hilfreich, da dafür Bandbreitenbedarf und Echtzeitcharakter der Spiele analysiert werden müssen.

⁵² Es werden also keine Bildschirminhalte übertragen. Die Qualität der Spielgrafik oder der Spielmusik ist daher nicht von Qualität der Breitbandanbindung, sondern allein von der Leistungsfähigkeit des PCs/ der Konsole abhängig.

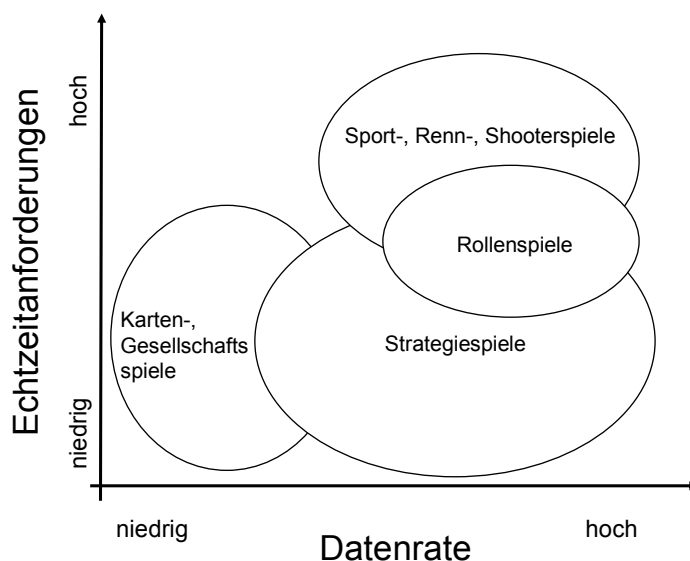
Anzahl der gleichzeitigen Spieler bspw. im Genre der First Person Shooter, bei denen es besonders auf reaktionsschnelles Handeln ankommt, in den vergangenen Jahren auf 64 und mehr angestiegen ist. Ein noch höheres Parallelaufkommen von Spielern ist bei den so genannten *Massively Multiplayer* Spielen vorzufinden.⁵³ Der Bandbreitenbedarf wird auch dann zunehmen, je umfangreicher die Möglichkeit für Nutzer ist, ihren virtuellen Charakter zu individualisieren (möglich ist teilweise nicht nur die Auswahl unterschiedlicher Kleidungsstücke, sondern auch das Versehen des virtuellen Charakters mit einem eigenen Portraitfoto, Anstrich des Autos, etc...). Dadurch müssen beim Aufeinandertreffen der Spieler mehr Informationen ausgetauscht werden, als wenn jeder Spieler nur standardisierte Ebenbilder benutzen kann. Bei einfachen Spielen, die mitunter direkt im Webbrowser lauffähig sind (Browsergames) ist der Bandbreitenbedarf hingegen gering.

Treiber für die Echtzeitanforderungen sind zum einen ebenfalls mit der direkten Audio/Videokommunikation der Spieler untereinander verknüpft und entsprechen an dieser Stelle weitgehend den Anforderung von VoIP (oder gar Videokonferenzen). Zum anderen bestimmt der Reaktionsgrad der Interaktion, faktisch der Echtzeitcharakter des Spiels selbst, die Echtzeitanforderungen an die Breitbandanbindung. Diese sind umso größer, je mehr ein Spiel auf schnelle und direkte Interaktion zwischen den Teilnehmer abstellt (z.B. Tennis, Autorennen, gängige First Person Shooter). Spiele mit hohen Echtzeitanforderungen umfassen somit eine Vielzahl von Sport und Actionspielen. sowie die Online Rollenspiele, die den Online Gaming Markt in den vergangenen Jahren belebten. Gängige Online-Rollenspiele haben einen nicht ganz so hohen Echtzeitanpruch, da auch die Interaktion zwischen den Spielern nicht in dem Maß vom individuellen Reaktionsvermögen jedes einzelnen abhängt, sondern eher von der taktischen Wahl der Abfolge unterschiedlicher Aktionen (welche jedoch keinen rundenbasierten Charakter haben, sondern in Echtzeit ablaufen). Demgegenüber stellen Spiele mit geringem Echtzeitcharakter (alle rundenbasierten Spiele wie Schach und Poker auf der weniger komplexen Seite oder gängige rundenbasierte Strategiespiele für das Segment der Core Gamer) entsprechend geringere Anforderungen an die Qualität der Breitbandanbindung.

53 Sowohl bei den Online Rollenspielen dieses Charakters (z.B. World of Warcraft) oder auch rein browserbasierten Spielen wird oft der Wert der „Peak Concurrent Player“, also die gleichzeitig agierenden Spieler, als Vergleichsmaßstab genutzt. Jedoch dürften auf die Bandbreitenerfordernisse des einzelnen Nutzers nur diejenigen Mitspieler eingehen, die auch tatsächlich seine aktuelle Umgebung beeinflussen.

World of Warcraft als bekanntester Vertreter dieses Genres ermöglicht es prinzipiell mehreren tausend Spieler in der gleichen virtuellen Welt gleichzeitig präsent zu sein. Jedoch beschränkt sich der Rahmen für Interaktion mit diesen tausenden anderen Spielern in der Regel auf Chat oder Handeln mit Gegenständen. Das tatsächliche Aufeinandertreffen der virtuellen Spielercharaktere findet gewöhnlich in kleinerem Rahmen von bis zu wenigen hundert Spielern statt. Dort zeigt sich, dass die Spieleleistung deutlich abnimmt, wenn sehr viele Spieler den gleichen virtuellen Ort aufsuchen. Es steht zu vermuten, dass sowohl die Rechenleistung der Server und Klienten als auch die Breitbandanbindung eine Rolle spielen.

Abbildung 3-2: Heterogenität der Qualitätsanforderung von Online Gaming



Quelle: WIK.

wik

Die Ausführungen verdeutlichen, dass Online Gaming bezogen auf Abbildung 3-1 keinem Sektor eindeutig zugeordnet werden kann. Vielmehr gibt es viele verschiedene Ausprägungen, die jeweils unterschiedlich hohe Anforderungen an die Breitbandanbindung stellen (siehe Abbildung 3-2). Sollte sich in der Zukunft videobasierte Kommunikation zwischen den Spielern etablieren, dann dürfte ein aktionsreiches Mehrspielerspiel mit HD-Video Kommunikation Spielern wohl zu den anspruchsvollsten Diensten hinsichtlich Echtzeitcharakter und Bandbreite zählen.

3.3 Bildung von Verkehrsklassen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Verkehrscharakteristika der zuvor behandelten Dienste und teilt die Dienste in vier Klassen mit ähnlichen Qualitätsanforderungen ein.

Tabelle 3-1: Verkehrsscharakteristika von Internetdiensten

Dienstklasse	Dienst	Bandbreitenbedarf	Garantierte Bandbreite nötig	Delay- & Jittertoleranz	Paketverlusttoleranz
„Best Effort“	E-Mail	gering	nein	irrelevant	irrelevant
	Online Banking				
	Online Shopping				
	Chat				
	Suchmaschinen-nutzung				
	Instantmessaging				
	Blogs				
	Daten-Download	gering-hoch			
„Daten“	Datendienste	mittel	ja	hoch	hoch
„Streaming“	VoD	hoch	ja	mittel	mittel
	Internetradio	mittel			
	IPTV	hoch		gering	gering
„Echtzeit“	VoIP	gering	ja	sehr gering	sehr gering
	Online Gaming*	gering-mittel			

* unter Berücksichtigung der vorherigen Anmerkungen zur Heterogenität des Dienstes

Quelle: WIK Consult.

Die vier Klassen Best Effort, Daten, Streaming und Echtzeit werden im folgenden beschrieben.⁵⁴ Tabelle 3-2 fasst ihre Charakteristika zusammen.

Tabelle 3-2: Qualitätsanforderungen von Dienstklassen

Dienstklassen	Bandbreitenbedarf	Garantierte Bandbreite definiert	Delay- & Jittergrenzwerte	Paketverlustgrenzwerte
Echtzeitdienste	mittel	ja	sehr niedrig	sehr niedrig
Streamingdienste	hoch	ja	niedrig	niedrig
Datendienste mit garantierter Bitrate	mittel	ja	mittel	mittel
Best Effort Dienste	gering-hoch	nein	nein	nein

Quelle: in Anlehnung an WIK.

⁵⁴ Vgl. Hackbarth/Kulenkampff (2005): S. 37-39.

Als **Best Effort Dienste** lassen sich Dienste klassifizieren, die lediglich geringe Anforderungen an die Übertragungsqualität stellen. Ein Großteil der auf IP-Basis realisierten Dienste zählt zu diesen „zeitunkritischen“ Anwendungen. Hierzu gehören beispielsweise das „surfen“ im WWW oder der Download. Zeitunkritisch bedeutet in diesem Kontext, dass Verzögerungen (so genannte Delayzeiten) in der Datenübertragung bei der Nutzung des Dienstes nicht weiter ins Gewicht fallen. So sind beispielsweise Delayzeiten von 800 und mehr Millisekunden bei dem Aufbau einer aufgerufenen Website durchaus tolerabel. Dem entsprechend stellen Best Effort-Dienste relativ geringe Anforderungen bezüglich der Verzögerungszeiten und der übertragenen Bitraten/Sekunde. Unabhängig von den übertragenen Bitraten können bei der Nutzung eines Best Effort-Dienstes durchaus hohe Datenmengen übertragen werden, die große Bandbreiten erfordern. Hier sei beispielsweise der Download von Dateien angebracht, der je nach Größe der Datei ein Vielfaches der Bandbreite des Echtzeitdienstes Voice over IP benötigt. Für die zufrieden stellende Übertragung im Sinne des Dienstes *Dateidownload* ist jedoch nicht zwingend erforderlich, dass die Bandbreite dabei konstant zur Verfügung gestellt wird und nicht schwankt.

Datendienste stellen zwar gehobeneren Anforderungen an Laufzeitverzögerung und die Laufzeitschwankung als Best Effort Dienste, jedoch ist die Echtzeitanforderung nicht der kritische Parameter von Datendiensten. So kann die Paketlaufzeit durchaus im Sekundenbereich liegen. Im Gegensatz zu Best Effort Diensten müssen jedoch Paketverluste eingegrenzt und Minimalgrenzen für die Bandbreite garantiert werden.

Streaming-Dienste wie Video on Demand oder auch Internetradio erfordern die Übertragung verhältnismäßig großer Datenmengen und benötigen daher regelmäßig eine hohe Bandbreite. Die Videoübertragung stellt hier höhere Anforderungen an die Übertragungskapazität als das Streamen reiner Audiodaten. Wie in Tabelle 3-1 dargestellt haben die zur Streamingklasse zählenden Dienste geringfügig abweichende Charakteristika. Der wesentliche Unterschied zwischen VoD und IPTV besteht darin, dass die Möglichkeit zum Aufbau eines Pufferspeichers, der dem Ausgleich von Laufzeitschwankungen (dem Jitter) dient, bei IPTV begrenzt ist. Bedingt durch das Nutzungsverhalten kann dies bei Video on Demand leichter realisiert werden, da der Nutzer prinzipiell eher bereit ist, einen Moment vor dem Beginn des Abspielens zu warten. Unabhängig davon unterscheidet sich IPTV durch das Erfordernis des zeitnahen Umschaltens zwischen verschiedenen IPTV Kanälen, was im Idealfall durch ein paralleles Streamen der wichtigsten Kanäle bis zum Endkunden ermöglicht wird. Da dies den Bandbreitenbedarf auf der Teilnehmeranschlussleitung drastisch erhöht, sind einer solchen Parallelausstrahlung Grenzen gesetzt (4 Programme mit je 5Mbps Bandbreitenbedarf übersteigen bereits die Kapazität der gängigen ADSL2+ Anschlüsse in Deutschland). Auf die Besonderheiten von Multicast wird in Kapitel 5 eingegangen.

Angesichts der übertragenen Datenmengen, die bei Media-Anwendungen in der Regel relativ groß sind, ergibt sich aus einer verstärkten Nutzung solcher Anwendungen ein gesteigerter Kapazitätsbedarf in der Netzinfrastruktur. Andererseits wird der Anstieg im

Bandbreitenbedarf, insbesondere beim Einsatz von qualitativ hochwertigeren Formaten wie High Definition TV, jedoch durch die fortschreitende Weiterentwicklung von Komprimierungsformaten (z.B. mpeg2 auf mpeg4 für die Videokomprimierung) zumindest abgeschwächt. Dennoch mehren sich sogar Stimmen, die - bedingt durch diese Dienste - einen Zusammenbruch des Internet prognostizieren.⁵⁵

Kann die Qualität und Bandbreite nicht sichergestellt werden, so führt Paketverlust bei Videoübertragung z.B. zu Klötzchenbildung und eingefrorenen Bildschirminhalten. Dabei kommt es entscheidend auf das jeweilige verlorene Paket an, ob der Ausfall kaum auffällt oder sogar zu mehrsekündigen Ausfällen führt.

Echtzeitdienste gehören zu der Dienstekategorie, die die höchsten Anforderungen an die QoS stellen. Zu diesen Diensten sind z.B. VoIP, Videokonferenzen und manche Formen des Online Gaming zu zählen. Es müssen sowohl Paketlaufzeit und Laufzeit-schwankung als auch Paketverlust in garantierten Grenzen gehalten werden. Delayzeiten von über 150 Millisekunden z.B. bei VoIP (eine Richtung, Sender bis Empfänger) sind nicht mehr akzeptabel, da sie zu Echos oder gleichzeitigem Reden der Gesprächspartner führen. Außerdem muss auch die Übertragung konstanter bzw. konstant adäquater Bitraten gewährleistet sein. Die Höhe der Bitraten hängt dabei wieder von der Verkehrscharakteristik der einzelnen Anwendung ab, so kann VoIP mit deutlich geringeren Bandbreiten realisiert werden, als beispielsweise Videokonferenzen. Aufgrund der Heterogenität von Online Gaming zählen sicher nicht alle Titel zur Kategorie von Echtzeitdiensten.

Einige Echtzeitanwendungen zeichnen sich bezüglich der Bandbreitenanforderungen durch die Besonderheit der Symmetrie aus. Internet-Telefonie oder Videokonferenzen erfordern eine symmetrische Datenübertragung, denn es findet eine bidirektionale, gleichwertige Kommunikation statt. Anwendungen der anderen Kategorien sind vorwiegend durch asymmetrischen Datenverkehr gekennzeichnet, d.h. der Downstream ist im Regelfall deutlich höher, und muss folglich deutlich größere Datenmengen transportieren als der Upstream.

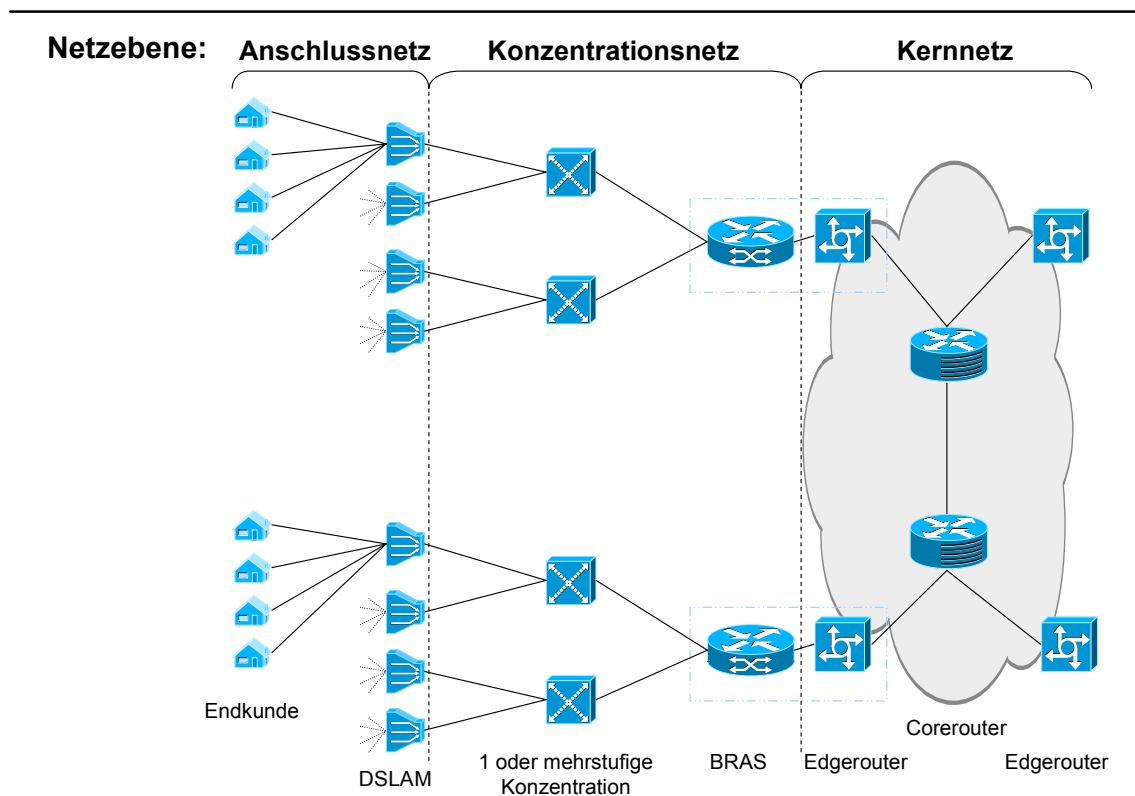
55 www.silicon.de/enid/telecom_und_ip/31362 vom 21.11.2007

4 Realisierung von Qualität

4.1 Vorbemerkungen

Bislang wurden nur die Anforderungen unterschiedlicher Dienste an die Netzinfrastruktur dargestellt. Die Bereitstellung der nötigen Kapazität in ausreichender Güte muss prinzipiell auf der gesamten Strecke zwischen Sender und Empfänger gewährleistet werden. Dabei werden unterschiedliche Netzhierarchieebenen berührt, die teils andere Fragestellungen zur Qualitätssicherung in den Vordergrund stellen. In Abbildung 4-1 sind die relevanten Ebenen Anschlussnetz, Konzentrationsnetz und Kernnetz dargestellt.

Abbildung 4-1: Netzebenen des Breitbandnetzes



Quelle: WIK

Das Kernnetz stellt den Hochgeschwindigkeitsbackbone dar, welcher auf Glasfaserverbindungen der Corerouter untereinander und zu den Edgeroutern aufbaut. Das Anschlussnetz stellt die Anbindung der Endkunden auf der letzten Meile dar. Das Konzent-

rationsnetz führt den Verkehr vom Anschlussnetz zum Kernnetz.⁵⁶ Während im Konzentrations- und Kernnetz Verkehre gebündelt geführt werden, ist die Beziehung zwischen Endkunde und erstem Knotenpunkt heute vorwiegend eine dedizierte 1-zu-1 Verbindung, wo die Kapazität ausschließlich dem einzelnen Kunden zur Verfügung steht. Ob dies der Fall ist, hängt von der Anschlusstechnologie ab, die entweder einen dedizierten (DSL, FTTH als Active Optical Networks oder als Point-to-Point Passive Optical Network, ...) oder einen geteilten Charakter (Breitbandkabel, WiMAX, FTTH als Passive Optical Networks (z.B. GPON), ...) hat. Wie in 2.1 beschrieben, verfügt die Mehrzahl der Internetnutzer über einen breitbandigen Anschluss. 95 % der breitbandigen Anschlüsse wurden zum Ende des ersten Quartals 2007 über DSL realisiert⁵⁷, so dass die Verbindungen auf der letzten Meile vorwiegend einen dedizierten Charakter haben und das wesentliche Qualitätsmerkmal der Anschlussleitung die Bandbreite selbst darstellt.

Tabelle 4-1: Bandbreiten ausgewählter Zugangstechnologien

Anschlussart	Breitbandmarktanteil in Deutschland	Downstreambandbreite heute	Downstreambandbreite künftig
Auf Basis der Teilnehmeranschlussleitung			
PSTN (dediziert)	/	56 kbit/s analog 64 kbit/s ISDN (128 kbit/s bei Kanalbündelung)	
DSL (dediziert)	~95%	384 kbit/s – 50 Mbit/s	100 Mbit/s
Auf Basis alternativer Anschlussnetze			
Breitbandkabelnetz (shared)	~4%	512 kbit/s – 26 Mbit/s	200 Mbit/s
FTTH (shared im Falle von PON)	<1%*	10 Mbit/s – 1 Gbit/s	10 bis 100 Gbit/s
Broadband Wireless Access (shared)		384 kbit/s – 4 Mbit/s	200 Mbit/s

* und andere

Quelle: WIK Consult. Breitbandmarktanteil auf Basis von ECTA Daten, Stand März 2007.

Auf den anderen beiden Netzebenen spielen jedoch bedingt durch die Verkehrsaggregation Strategien zur gezielten Verkehrspriorisierung oder -separierung eine größere Rolle. Am Beispiel des Konzentrationsnetzes werden nun die zur Verfügung stehenden Mechanismen und Strategien zur Realisierung von Qualität beschrieben. Diese Überlegungen lassen sich auf das Breitband-Kernnetz übertragen, in welchem der Einsatz von IP Technologie dominant ist. Der skizzierte Instrumentensatz gilt gleichermaßen für die Fragestellung nach IP-Zusammenschaltung und dem Austausch weltweiten IP-Verkehrs.

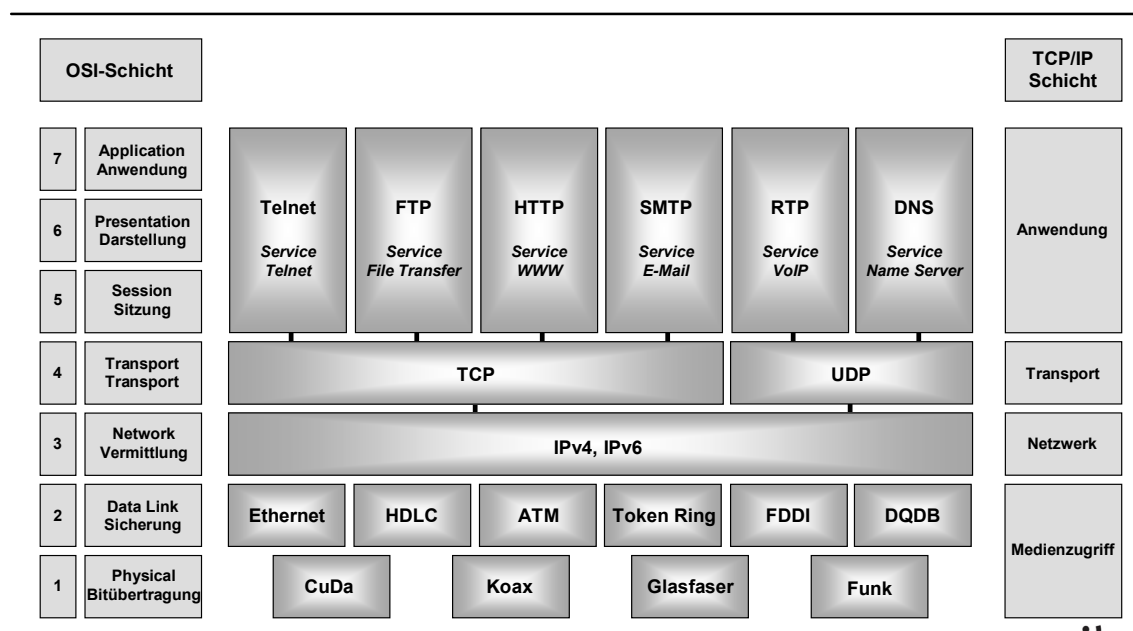
⁵⁶ Für eine detailliertere Darstellung vgl. WIK Consult (2005): Ein analytisches Kostemodell für das Breitbandnetz.

⁵⁷ Laut ECTA Broadband Scorecard Quartal 1 2007.

4.2 Strategien zur Realisierung von Qualität

Im Kapitel 3 wurden die Anforderungen der Dienste an die operationalisierten Qualitätsparameter Bandbreite, Paketlaufzeit (Delay), Laufzeitschwankung (Jitter) und Paketverlust beschrieben. Jetzt muss die technische Abwicklung von Datenübertragungen unter dem Gesichtspunkt der Qualitätsrealisierung betrachtet werden. Hilfreich ist dabei das Heranziehen des ISO/OSI Schichtenmodells⁵⁸, um diejenigen Ebenen zu identifizieren, die für die Qualitätsrealisierung relevant sind.

Abbildung 4-2: Ebenen des ISO/OSI und TCP/IP Referenzmodells



Quelle: in Anlehnung an Jung/Warnecke (2002), S. 1-80, Siegmund (2002), S. 107.



Zur Abwicklung der Dienste als solche werden verschiedene Protokolle auf der Anwendungsschicht eingesetzt. Die Realisierung der nötigen Qualität im Netz erfolgt auf tieferen Schichten des OSI Modells. Dabei hat die Wahl der Realisierungsform Auswirkungen auf die Netzdimensionierung und die Möglichkeit, Qualitätsparameter tatsächlich zu garantieren. Im Wesentlichen sind dabei zunächst die alternative Realisierung über ATM oder Ethernet Netze (OSI Schicht 2) zu unterscheiden. ATM verfügt über standardisierte Mechanismen zur differenzierten Behandlung von verschiedenen Qualitätsklas-

⁵⁸ Das ISO/OSI Referenzmodell ist ein abstraktes Modell und dient der Beschreibung des Kommunikationsverbundes offener, d.h. nicht proprietärer, sowie verteilter, d.h. physisch dislozierter, Systeme. Das ISO/OSI Referenzmodell unterteilt die Kommunikation in sieben arbeitsteilige Aufgaben, denen jeweils eine Schicht zugeteilt ist. Jede Schicht bietet ihren Dienst der jeweils darüber liegenden Schicht an und nutzt für ihre Aufgaben die Dienste der darunter liegenden Schichten. Protokolle können hierbei entweder einer konkreten Schicht zugeteilt werden oder sie üben Aufgaben mehrerer Schichten aus. Vgl. Baldi (1999): S. 186ff.

sen und kann die Einhaltung der Qualitätsparameter auch grundsätzlich garantieren. Ethernet hingegen verfügt nur über sehr eingeschränkte standardisierte Qualitätsmechanismen. Die Qualitätssicherung kann auch durch IP-basierte Verfahren auf der nächsthöheren OSI Schicht 3 erfolgen. Hier können jedoch in der Regel ebenfalls keine Garantien realisiert werden.⁵⁹

Alternativ zum Einsatz von Mechanismen zur entsprechenden Verkehrsdifferenzierung (gleich welches Verfahren) kann die Sicherstellung hinreichender Kapazitäten auch schlicht über die Bereitstellung von so großen Kapazitätsreserven realisiert werden, dass Engpässe vermieden und die Qualitätsanforderungen unterschiedlicher Dienste nicht gefährdet werden. Diese Strategie wird als Overengineering bezeichnet und erfordert eine Überdimensionierung der Netze. In diesem Falle erhalten alle Dienste vergleichbar QoS Parameter, unabhängig davon, um welche Dienstklasse es sich handelt, sodass Kapazitäten im Netz nicht bedarfsgerecht genutzt werden können.⁶⁰

Im folgenden werden die Charakteristika von ATM, Ethernet und IP Netzen zur Qualitätsrealisierung beschrieben.

4.2.1 Realisierung der Übertragungsqualität auf ATM-Ebene

ATM-Netze (Asynchronus Transfer Mode) arbeiten in der Regel verbindungsorientiert, analog zu klassischen Telefonnetzen. Während einer Verbindung werden Nachrichten in Form von Paketen konstanter Länge übermittelt, den so genannten „Zellen“⁶¹. Bei der Kommunikation über ATM werden dedizierte virtuelle Kanäle aufgebaut, deren Qualität im vorhinein sichergestellt wird. Ist keine Kapazität hinreichender Qualität mehr vorhanden, können keine weiteren Verbindungen mehr aufgebaut werden. Das hindert nicht daran, Kanäle unspezifizierter Kapazität zu überbuchen.

Eine der zentralen Eigenschaften des ATM ist, dass unterschiedlichste Verkehrscharakteristiken übermittelt werden können. Die standardisierten Verkehrsklassen des ATM Forums beinhalten Spezifikationen hinsichtlich Maximal-, Durchschnitts-, Minimal- und Burstbandbreite, Verzögerung und Verzögerungsschwankung sowie Verlustrate. Aus den unterschiedlichen Spezifikationen dieser Parameter bzw. deren Nichtspezifikation ergeben sich die folgenden Verkehrsklassen (in abnehmender Güte):

- Constant Bit Rate (CBR)
- Variable Bit Rate real-time oder non real-time (VBRrt, VBRnrt)
- Available Bit Rate (ABR)
- Unspecified Bit Rate (UBR)

⁵⁹ Über das Resource Reseveration Protocol (RSVP) können Kapazitäten mit bedeutendem Aufwand garantiert werden.

⁶⁰ Vgl. Projektgruppe "Rahmenbedingungen der Zusammenschaltung IP-basierter Netze" (2006): S. 66.

⁶¹ Vgl. Jung/Warnecke (2002): S. 1-112.

Auf der Grundlage dieser standardisierten Klassen lassen sich dann die nötigen Merkmalsausprägungen definieren, die für den Transport der Diensteverkehre notwendig ist. So wird Best Effort Verkehr regelmässig in der UBR Klasse geführt, in der nur die maximale Bandbreite festgelegt ist, alle anderen Parameter jedoch schwanken können. Für einen anspruchsvollen Echtzeitdienst kann stattdessen eine entsprechend konfektionierte CBR oder VBR Klasse herangezogen werden, welche entweder eine konstante Bandbreite garantiert (CBR) oder neben Maximal- und Minimalgrenzen auch ein durchschnittliche Bandbreite festlegt (VBR) und dabei entsprechende Grenzwerte für Delay, Jitter und Packet Loss festlegt. Durch die standardisierte Protokollstruktur können Qualitäten daher innerhalb eines Netzes und auch netzübergreifend definiert und eingehalten werden.

4.2.2 Realisierung der Übertragungsqualität auf Ethernet-Ebene

Vielfach wird mit dem Wandel heutiger, vornehmlich auf ATM basierender, (Aggregations-)Netze zu Next Generation Networks die Migration zu Ethernet als Grundlage der OSI Schicht 2 verbunden. In diesem Fall würde beispielsweise der Verkehr einer FTTx Anschlussleitung nicht mehr über herkömmliche ATM Technik konzentriert und ins Kernnetz transportiert, sondern über Ethernet.

Ethernet ermöglicht kostengünstigere Netzstrukturen und bessere Skalierbarkeit, hat jedoch im Vergleich zu ATM den Nachteil, dass es kaum standardisierte Formen der Qualitätssicherung gibt. Das spielt insbesondere dann eine Rolle, wenn Qualität über Netzgrenzen hinweg gewährleistet werden soll, was bei ATM Dank etablierter Standards problemlos möglich ist. Zwar gibt es proprietäre Lösungen, die Verkehrsmanagement über das Vergabe von VLAN Identifikatoren hinaus ermöglichen. Diese können jedoch nur schwerer bei der Interconnection zwischen zwei Netzbetreibern ausgenutzt werden.

Somit müssen im Zusammenhang mit ethernetbasierten Netzen vor allem Mechanismen auf der darüber liegenden Vermittlungsschicht, also IP-bezogene Instrumente, eingesetzt werden.

4.2.3 Realisierung der Übertragungsqualität auf IP-Ebene

In IP-Netzen dienen spezifische Instrumente zur Bereitstellung ausreichender Qualität für verschiedene Verkehrsklassen. Dies erfolgt über Priorisierung, Kapazitätsreservierung oder Wegbestimmung. Vor allem die folgenden Instrumente sind in diesem Zusammenhang zu nennen:

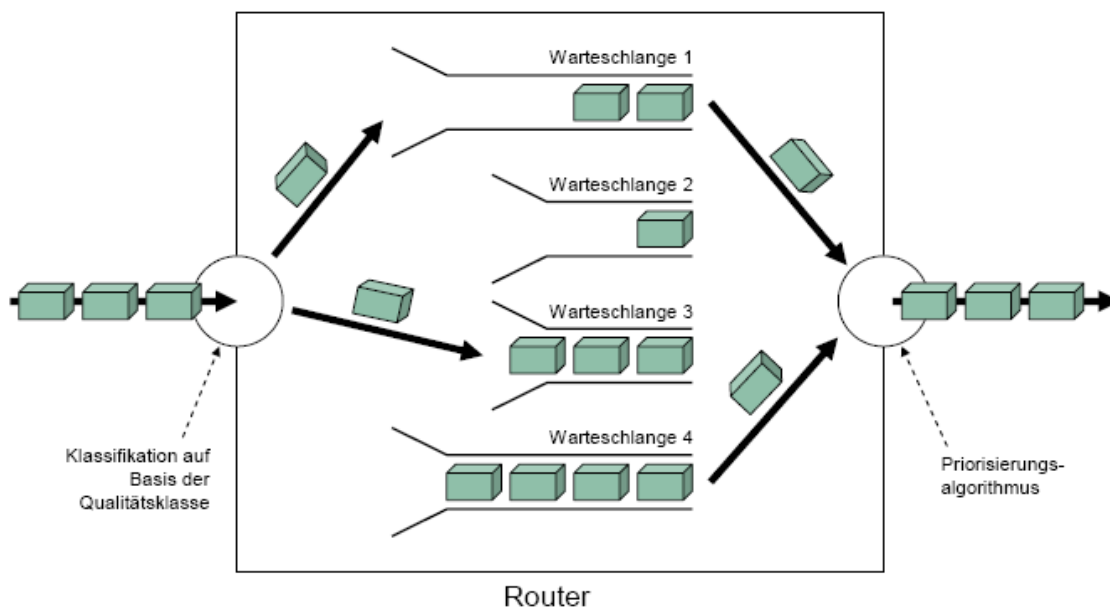
- DiffServ (Differentiated Services) nutzt Warteschlangen mit unterschiedlichen Prioritäten. Es findet keine entsprechende Ende-zu-Ende Signalisierung statt, die im vorhinein ausreichende Kapazitäten fest- bzw. bereitstellen könnte.

- IntServ (Integrated Services), oder genauer das Ressource Reservation Protocol (RSVP), reserviert Kapazitäten entlang eines Pfades über das Netz und dient insbesondere der Abwicklung von Echtzeitanwendungen. Das Verfahren ist jedoch schlecht skalierbar und führt zu hoher Rechenlast auf den Routern. Es findet praktisch kaum Anwendung.
- Multi Protocol Label Switching (MPLS) erlaubt es, dedizierte Pfade im IP-Netz zu definieren, auf denen die Pakete dann anhand von Labels geroutet werden. Dabei können Verbindungen aggregiert und Engpässe umgangen werden. Der Einsatz von MPLS ist eigenständig oder komplementär zu dem von DiffServ oder IntServ zu betrachten. Ein wesentlicher Vorteil von MPLS ist, dass die IP-Pakete nicht mehr im Store-and-Forward in jedem Zwischenrouter behandelt werden, sondern sehr viel schneller nahezu ohne Verzögerung entlang der Pfade entsprechend der Label geschwitched werden.

Die Verfahren können keine Verbindung mit dedizierten QoS Parametern garantieren wie dies bei ATM möglich ist. Jedoch erlauben sie es, eine annehmbare, wahrscheinlichkeitbasierende Zusicherung für die Einhaltung der Qualität abzugeben.

Im letzten Kapitel werden nun die Einflussfaktoren auf die Netzdimensionierung genauer betrachtet.

Abbildung 4-3: Klassifikation und Priorisierung mit DiffServ



Quelle: Cisco (2006)

5 Dimensionierung von Kommunikationsnetzen

Die Dimensionierung der Zuführungs- und Backbonenetze – sofern nicht leicht skalierbar – sollte/muss anhand der heutigen und der zukünftigen Nachfrage erfolgen. Die Nachfrage nach Internetdiensten (insbesondere breitbandige Dienste) weist jedoch wie bereits erläutert einige Besonderheiten auf und unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht vom klassischen Telefonverkehr. Zentrale Besonderheiten und Unterschiede bestehen hinsichtlich:

- Art der Vermittlung (Paket- vs. Leitungsvermittlung)
- Art der Kommunikation (keine end-to-end Kommunikation; Ausnahme VoIP und allgemeiner Peer-to-Peer Kommunikation)
- Anzahl und Art der Dienste (viele Dienste mit unterschiedlichem Bandbreitenbedarf)
- Dynamik der Dienste und technischer Fortschritt (Zunahme der Dienstanzahl, wechselnde Bedeutung einzelner Dienste [auch durch rechtliche Vorschriften], Veränderungen hinsichtlich des Bandbreitenbedarfs)
- Dauer der Kommunikation, variabler Datenstrom während der Session
- Unterschiede der QoS (dienste- und kundenspezifisch)
- Verteilung des Tagesverkehrs und der Spitzenlasten
- Allg. wachsende Anzahl an Internetnutzern

Diesen Besonderheiten muss bei der Dimensionierung der Infrastruktur Rechnung getragen werden.

5.1 Dimensionierungsaspekte eines PSTN/ISDN

Die Dimensionierung eines Sprachnetzes erfolgt auf der Basis eines umfangreichen Erfahrungsschatzes über das Telefonieverhalten der Nutzer im Allgemeinen sowie spezifischer unterschiedlicher Nutzergruppen (wie z.B. Privat- und Geschäftskunden, bestimmte ethnische Gruppen, ...). Auch für die Regionalität der Kommunikationsbeziehungen (Ort, Nahbereich, Fernzone, Ausland (länderspezifisch)) und für die durchschnittlichen Gesprächsdauern gibt es Erfahrungswerte. Das Kommunikationsverhalten der Nutzer wird beschrieben in den sogenannten Tagesprofilen (vgl. Kap 2.2), die sich über die Woche und insbesondere über das Wochenende, aber auch über die Monate hinweg (z.B. Ferienmonate) unterscheiden.

Aus diesen Werten wird der Zeitraum der Spitzenlast (Busy Hour) und die durchschnittliche und maximale Kanalbelegung (Anzahl gleichzeitiger Gespräche auf einer Verbindung, gemessen in Erlang) ermittelt. Zudem ermittelt sich daraus die Spitzenbelastung der Vermittlungssysteme für den Verbindungsaufbau (Busy Hour Call Attempt, BHCA).

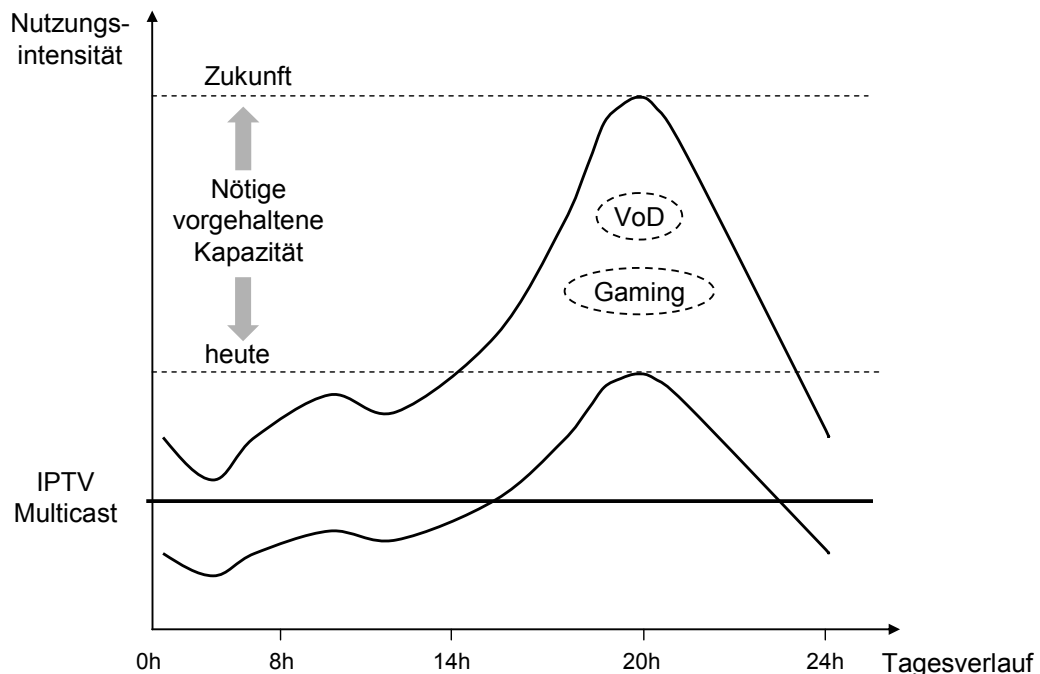
Mit diesen Werten und dem Wissen über die Verkehrsbeziehungen lässt sich nun ein Netz dimensionieren, indem die Maximalwerte des Verkehrs auf einzelne Vermittlungssysteme und Verbindungen zwischen Ihnen und zu den Anschlusskonzentratoren abgebildet werden. Hierbei einbezogen werden müssen die Verkehrsströme über die Netzgrenzen hinweg (z.B. ins Ausland, zum Mobilfunk, zu anderen Sprachnetzbetreibern über POI).

Die Qualität des einzelnen Kommunikationskanals ist dabei fest vorgegeben. Bzgl. der Parameter Verbindungsaufbauzeit und Blockierungswahrscheinlichkeit („Besetzt“) ist eine entsprechende Kapazitätsdimensionierung vorzunehmen. Das dies nicht immer trivial ist zeigen die Probleme, die es beim aufkommenden Wettbewerb im Telefonnetz Anfang 1998 gab, als sich die Verkehrsströme deutlich verlagerten und sich insbesondere die Netzübergänge der alternativen Netzbetreiber zur Deutschen Telekom zeitweilig als Engpässe erwiesen. Wer zu welchem Verbindungsnetzbetreiber wechseln würde und ob sich die unterschiedlichen Tarifmodelle auch auf das Gesprächsverhalten und das Tagesprofil auswirken würden war nicht vorherzusehen.

5.2 Dimensionierungsaspekte eines IP-Netzes

Grundsätzlich lässt sich die oben skizzierte Vorgehensweise auch für die IP-Netzdimensionierung anwenden, indem die Tagesprofile der einzelnen Dienste mit ihrem jeweils typischen Kapazitätsbedarf übereinander gelegt werden. Dabei werden die jeweils durchschnittlich benötigte Bandbreite sowie die Menge gleichzeitig aufgerufener Verbindungen als wesentlicher Bestimmungsfaktor angenommen und aus der Summe der einzelnen Dienste die Hauptverkehrszeit (Busy Hour) bestimmt.

Abbildung 5-1: Gegenwärtige und zukünftige Nutzungsidentität im Tagesverlauf (schematisch)



Quelle: in Anlehnung an Brenner et al (2006).

Für die Bestimmung der transportierten Volumina sind nicht nur die Mengen der Nutzerdaten der einzelnen Dienste von Bedeutung, sondern auch die Protokolloverheads der Protokolle, die zur Kommunikation verwendet werden (RTP, PPOE, L2TP, Multicast, ...), die Rate und die Menge der Protokoll-Daten-Einheiten der Anwendungsprotokolle sowie die daraus abgeleiteten Raten und Mengen der IP-Protokoll-Daten-Einheiten.

Zur Dimensionierung der ATM oder Ethernet Zugangnetze lassen sich diese Daten dann auf die benötigten ATM-Zellen oder Ethernet-Frames umsetzen.

Unterschieden wird zumindest in die folgenden Protokollgruppen:

Dienst	Beschreibung
www	Surfen
SMTP	Mail
P2P	Peer-to-Peer, Kommunikation unter Endnutzern
VoIP	Voice over IP, Telefonie
VoD	Video on Demand
IPTV	Fernsehen
FTP	File Transfer
VPN/ LAN	Virtuelle Geschäftskundennetze zur Vernetzung verschiedener Standorte

Man kann die Nutzer bzgl. ihres Nutzerverhaltens in Gruppen unterscheiden, die die Dienste unterschiedlich häufig/ intensiv nutzen. Dies sind z.B.:

- Standard Privatkunden
- Premium Privatkunden
- Standard Geschäftskunden
- Premium Geschäftskunden.

Aber auch andere, noch feinere Gruppen können gebildet werden. Für diese Gruppen muss nun angegeben werden, wie häufig sie in der Hauptverkehrsstunde die einzelnen Dienste im Durchschnitt nutzen. Für eine Verkehrsplanung muss man darüber hinaus noch wissen, wo welche Dienste auf Servern angeboten werden, welche nur in anderen Netzen zur Verfügung stehen und welche Kommunikation darüber hinaus das Netz an welchen Netzübergängen verlassen wird. Weiß man die Verteilung der Kunden in der Fläche, lassen sich die nachgefragten Verkehrsmengen im Prinzip ermitteln.

Die verschiedenen Dienste haben unterschiedliche Anforderungen an die Qualität der Kommunikation zwischen den beteiligten Parteien. Wesentliche Parameter diesbezüglich sind Verzögerungszeit, Jitter (Laufzeitschwankungen) und Paketverlustrate sowie der dauerhafte Durchsatz (sustainable bitrate). In Netzen mit Tools für die Umsetzung unterschiedlicher Qualitätsstufen müssen daher die Kapazitäten für die einzelnen Stufen separat geplant werden, in Netzen, in denen die Qualität über ausreichend dimensionierte Bandbreiten bereitgestellt werden soll, müssen die hierfür benötigten Extra-Kapazitäten ermittelt werden.

Diese Ausführungen zeigen, wie komplex die Dimensionierung von IP Netzen im Vergleich zum reinen Sprachnetz ist. Insgesamt stellt sich die Frage, wie die hier für die Dimensionierung benötigten Daten ermittelt werden können.

5.2.1 Technische Quantifizierung des Nachfrageaufkommens

In Fragen der Netzdimensionierung haben empirische Untersuchungen zum Nutzungsverhalten lediglich bedingte Aussagekraft. Dies liegt zum einen an der größtenteils beschränkten Reichweite dieser Erhebungen, aber auch nicht selten an der Methodik beziehungsweise an der Wahl ungeeigneter Indikatoren. Zudem beschreiben sie nur die Vergangenheit und nicht die Zukunft, auf die die Netze ausgelegt werden müssen. Neue Dienste haben oft ungeahnte Erfolge, manche treten aber nur für einen kurzen Zeitraum in Erscheinung. Durch die Entkopplung von Netzen und Diensten wird es wesentlich leichter, neue Dienste zu entwickeln und die Akzeptanz bei den Kunden auszuprobieren, indem sie zunächst an einer Stelle im www angeboten werden. Bei Erfolg werden die Dienste dann auf Server im Netz verteilt, um näher an den Kunden zu kommen und auch die Last auf einem Server zu verringern. Dies führt zu sich ständig veränderndem und nur schwer vorhersehbarem Verkehrsverhalten.

Neben der Erfassung der Nachfrage im Sektor der Internetdienstleistungen mittels der Methodik der empirischen Sozialforschung existieren weitere Optionen um dieses Aufkommen zu quantifizieren. Eine Variante sind Verkehrsmessungen der Netzbetreiber, auch die Bestimmung der Nachfrage mittels eines Bottom-Up Verkehrsmodells ist theoretisch eine mögliche Option.

5.2.1.1 Ermittlung der Nachfrage durch Messungen der Netzbetreiber

Im Grundsatz bleibt nichts anderes übrig, als die Datenbasis über empirischer Messungen für die bestehenden Dienste und Nutzerverhalten zu ermitteln. Verkehrsänderungen durch neue Dienste und durch das Mengenwachstum neuer Kunden kann auf dieser Basis extrapoliert und hochgerechnet werden.

Auf der Transportebene ermöglicht die Verwendung von so genannten Portnummern das gezielte Ansprechen verschiedener Dienste. Diese festen Portnummern („Well-Known“-Ports) werden von der Internet Assigned Number Authority (IANA) für weit verbreitete Dienste, getrennt für TCP und UDP, vergeben.⁶² Die verschiedenen Dienste sind wiederum in den „Requests for Comment“ (RFC) des Internet Architecture Boards (IAB) dokumentiert. Anhand der standardisierten Portnummern ist es möglich – durch Messungen an den Netzknoten – das Verkehrsaufkommen disaggregiert nach Diensten zu erheben. Aufgrund des zusätzlichen Rechenaufwandes in den entsprechenden Netzelementen ist ein solches Verfahren für die Carrier allerdings mit hohem Aufwand verbunden. Erschwerend kommt hinzu, dass v.a. im Bereich von Peer-to-Peer Anwendungen die eigentlich vorgesehene Portnummer durch die Anwendungssoftware verändert wird, um so dienstspezifische Verkehrsrestriktionen der Carrier zu umgehen. Das einzelne Nutzerverhalten kann zudem auf den Anschlussleitungen des Access Netzes und den Verbindungen der DSLAMs ins Aggregationsnetz exemplarisch erhoben.

Insgesamt ist diese Vorgehensweise sehr aufwändig und wird von den Netzbetreibern nur partiell angewendet. In der Regel messen sie die existierenden Summenverkehre und rechnen diese für die Zukunft aus der Erfahrung hoch und dimensionieren die Netze entsprechend. Sofern das beobachtete Verkehrsvolumen deutlich von dem erwarteten Verhalten abweicht, werden die Verkehrsströme analysiert und in die unterschiedlichen Komponenten zerlegt, um reagieren zu können. Dies führt im Ergebnis dazu, dass von Seiten der Netzbetreiber keine vollständigen Informationen über das Nutzungsverhalten der einzelnen Diensten verfügbar sind.

Bei Einführung neuer Dienste, für die eine wesentliche Nachfrage erwartet wird, oder auch beim Aufbau neuer Netze wird naturgemäß der Versuch unternommen, die Verkehrsdimensionierung durch technische Simulation zu unterstützen.

⁶² Vgl. Jung/Warnecke (2002): S. 5-80.

5.2.1.2 Ermittlung der Nachfrage durch technische Simulation

Eine quasi bottom-up Bestimmung der IP-Nachfrage mittels „source traffic models“ ist zwar theoretisch ein gangbarer Weg, allerdings wird die tatsächliche Umsetzung durch eine Vielzahl von Problemen erschwert. Hierzu zählen insbesondere:

- Bestimmung eines charakteristischen Nachfrageverhaltens der Nutzergruppen bzgl. spezifischer Dienste (umfangreiche Messungen erforderlich),
- Abschätzung der Nachfrage nach neuen Diensten mit großen Unsicherheiten, insbesondere, wenn diese Dienste in fremden Netzen angeboten werden,
- Bandbreitenanforderungen einzelner Dienste sind aufgrund des technischen Fortschritts (z.B. Kompression) im Kapazitätsbedarf für die einzelne Session häufig rückläufig. Neue Dienste erfordern dagegen regelmäßig zunächst größere Bandbreitenanforderungen (z.B. steht zu erwarten, dass der Kapazitätsbedarf für ein HDTV-Signal von derzeit ca. 9 Mbit/s fallen wird).

5.2.2 Verkehrsverteilung

Bei der Dimensionierung des IP-Netzes spielt nicht nur die Menge des Verkehrs und seine Verteilung in die Fläche eine Rolle, sondern die Verkehre haben je nach Dienst eine spezifische Struktur. Und dies spielt bei der Verteilung des Verkehrs auf die einzelnen Verbindungen eine nicht unerhebliche Rolle.

Die Verkehrsführung im Konzentratornetz ist streng hierarchisch entlang der Aggregationsebenen bis zum IP-Corenetzwerk. Hier werden z.T. noch ATM Systeme, im übrigen inzwischen Ethernet-Switches eingesetzt. Sie sind u.U. aus Redundanzgründen mit zwei getrennt geführten Verbindungen an die nächst höhere Aggregationsebene geführt.

Im IP-Core Netzwerk sind die Router miteinander vermascht. Sofern man von einem Zwei-Ebenen Netzwerk ausgehen kann, sind die Router der oberen Ebene i.d.R. vollständig untereinander vermascht, die der unteren Ebene sind zumindest an zwei Standorte der oberen Netzebene angebunden. Darüber hinaus können an allen Standorten des Core Netzes Server oder Netzzugänge zu anderen Netzen angeschlossen sein. Aus Gründen der besseren Erreichbarkeit aus allen Netzteilen bietet es sich jedoch an, diese Funktionen auf der höchsten Netzebene anzusiedeln, es sei denn, diese Funktion wird an mehreren oder gar allen Core Netz Standorten angeboten (z.B. Caches). In IP-Netzen erfolgt die Datenübertragung grundsätzlich verbindungslos. Die IP-Pakete können abhängig von der Belastung des Netzes unterschiedliche Wege nehmen, so dass ihr Weg nicht unbedingt vorhergesagt werden kann. (Ausnahme MPLS, bei dem ggf. nur bestimmte Pfade ausgewählt werden und die Pakete nicht mehr geroutet, sondern über Label entlang vordefinierte Wege weitergeschaltet werden.)

Manche Kommunikation findet unmittelbar mit einem anderen Kommunikationspartner Ende-zu-Ende statt, ggf. unter vorübergehender Zuhilfenahme eines Servers (z.B. ein Telefongespräch per VoIP). Manche Kommunikation findet im Grundsatz nur zwischen Endkunden und Server statt, und manche nur zwischen Servern. Auch ist nicht jeder dieser Kommunikationspartner im eigenen Netz angesiedelt, sondern in einem anderen, zu dem entweder ein direkter Netzübergang besteht oder zu dem ein anderes Netz (oder noch weitere) zum Transit genutzt werden muss. Die Kommunikation kann symmetrisch oder asymmetrisch sein, als Unicast (eins zu eins Beziehung), als Multicast (einer mit vielen) oder als Broadcast (einer zu allen) ausgebildet sein.

5.2.2.1 Punkt zu Punkt Client-Server-Dienste

Bei den Punkt zu Punkt Client-Server-Diensten sind die Dienste auf einem Server angesiedelt, den der Endnutzer als Client nutzt. Der Dialog mit dem Server ist in vielen Fällen asymmetrisch, da der Kunde häufig eine relativ kurze Abfrage startet, die der Server mit dem Bereitstellen von ausführlichen Informationen beantwortet. In der Regel handelt es sich dabei um Unicast. Für dieses Kommunikationsverhalten ist ein ADSL-Netz eine gut geeignete Anschlusstechnik.

Typische Anwendungsfelder sind das Surfen im Netz, aber auch die Nutzung zentraler Datenbestände oder das Herunterladen von Videos (Video on Demand, VoD).

Wesentlich für die Dimensionierung des Netzes ist die Frage, wo derartige Server angesiedelt sind. Grundsätzlich können sie an allen Knoten des Core-Netzes stehen. Im Prinzip gibt es einen Trade Off zwischen den Kosten zur Aufstellung der Server an mehreren Standorten und den Kosten der Kommunikation der Nutzer zum Server an einem entfernter liegenden Standort. Das ist aber nicht alleine bestimmend, weil abhängig vom angebotenen Dienst ggf. auch Qualitätsaspekte hinzu kommen. Eine Platzierung der Server nahe beim Nutzer bedeutet eine Verkürzung des Kommunikationsweges und dadurch eine Verbesserung des zeitlichen Verhaltens (kürzeres Delay, weniger Jitter, geringere Paketverluste).

Werden die Server verteilt aufgestellt, müssen die Informationen auf ihnen gleich sein. Es kommen also die Kosten zum Abgleich der Daten hinzu. Diese Datensynchronisation kann entweder periodisch erfolgen oder nur dann, wenn ein Kunde eine Anfrage an einen Server richtet, der zu diesem Zeitpunkt noch nicht über die benötigten Informationen verfügt. In diesem Fall werden die Daten einmalig vom zentralen Server auf den dezentralen Server übertragen und hier für spätere Client-Anfragen zwischengespeichert. Diese Verfahren werden Caching bzw. Mirroring genannt.

Eine zentrale Serverlösung ist daher dann angezeigt, wenn entweder nur geringe Datenmengen übertragen werden oder/und das Netz verhältnismäßig klein ist. Eine dezentrale Serverlösung empfiehlt sich hingegen dann, wenn zu erwarten ist, dass große

Datenmengen übertragen werden oder/und das Netz durch eine große, komplexe Struktur gekennzeichnet ist.

Dies soll am Beispiel von VoD erläutert werden. Nutzen wenige Kunden diesen Dienst, ist ein Server an zentraler Stelle ausreichend. Nutzen viele Kunden diesen Dienst, so muss für jede Kundenanfrage ein separater Videostrom generiert werden, der die Server und das Netz an zentraler Stelle überlasten kann. Auch Time-Shift-Viewing ist im Prinzip ein Unicast VoD Dienst, bei dem eine TV-Sendung zu einem vom Kunden gewünschten späteren Zeitpunkt für ihn noch einmal abgespielt wird. Stehen hier die Server verteilt, müssen sie das vollständige TV-Programm aller Kanäle beim Ausstrahlen mitschneiden. Es kommen also die Kosten für die Verteilung der TV-Kanäle hinzu. Auch Podcasts gehören zu dieser Gruppe von Diensten, die aber aufgrund des im Vergleich zum Video deutliche geringeren Datenvolumens noch bei einer größeren Nutzerzahl an zentraler Stelle vorgehalten werden können.

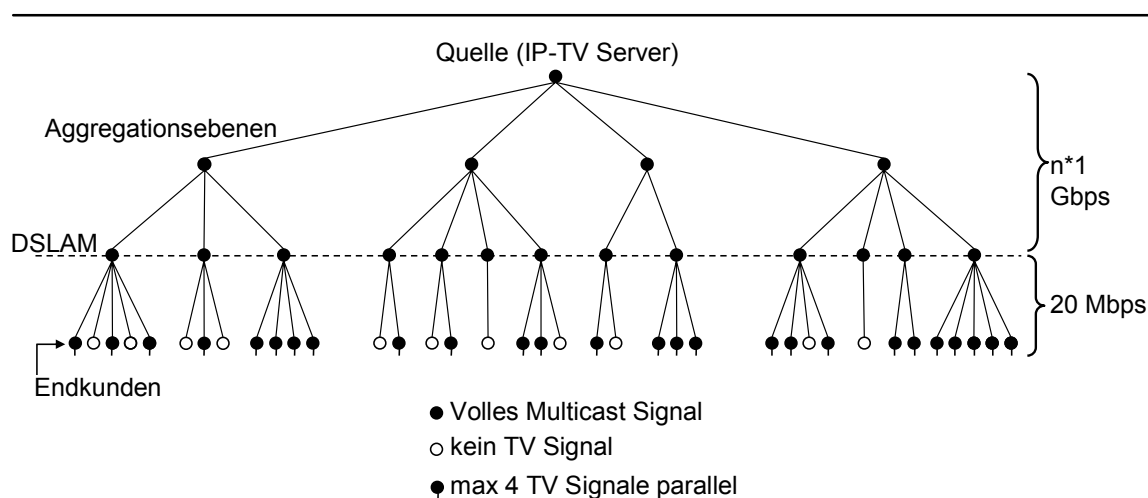
Die Frage der Serverplatzierung ließe sich durch eine Optimierungsheuristik lösen, bei der die Serverkosten den Kosten für Transport und Routing der Datenpakete gegenübergestellt werden. Eine solche Optimierung stößt jedoch unweigerlich auf das Problem, dass zwar die Anschaffungs- und mit Einschränkungen auch die Betriebskosten der Server vergleichsweise einfach ermittelt werden können, die Kosten der Nutzung des Netzes bzw. die Kosten einer Verbindung hingegen nur schwer zu ermitteln.⁶³ Schwierig wird es insbesondere, wenn noch andere Aspekte wie die der Qualität oder Redundanz hinzu kommen.

5.2.2.2 Multicast- und Broadcastdienste

Bei einer Multicast-Kommunikation gibt es eine eins-zu-viele Beziehung, bei einer Broadcast-Kommunikation eine eins-zu-alle Beziehung. Typischerweise werden an zentraler Stelle im Netz Daten bereitgestellt, die an alle Nutzer oder nur an eine Teilmenge verteilt werden. Ein typisches Beispiel sind die Verteilung von Radio und Fernsehsignalen, die bei IP-Radio oder IP-TV aufgrund der heutigen Beschränkungen in den Anschlussleitungen nur bis zum DSLAM als Broadcast, zum Endteilnehmer aber nur als Multicast übertragen werden. D.h. der Kunde bestimmt, welche Kanäle er gleichzeitig bei sich empfangen will (je nach Anschlussleitung und TV-Kanalbandbreite einige wenige), die dann am DSLAM durchgeschaltet werden.

⁶³ Die Bestimmung der Kosten kann bspw. top-down oder bottom-up Kostenmodellen mittels eines Total-Elements-Ansatzes ermittelt werden.

Abbildung 5-2: Schematische Darstellung eines Multicast Baumes



Quelle: WIK Consult.

wik

Die Verteilung eines TV-Angebotes im Netz erfordert erhebliche Bandbreiten. Geht man von 100 TV-Kanälen aus, die gleichzeitig empfangbar sein sollen, und hat jeder TV-Kanal eine Bandbreite von nur 5 Mbit/s (HDTV hat heute ca. 9 Mbit/s), müssen 500 Mbit/s im Multicast verteilt werden. Ist IP-TV Bestandteil des Angebotes, stellt der dafür generierte Verkehr eine (gerichtete) Grundlast im Netz dar. Die übrige Dimensionierung kann quasi darauf aufsetzen. Allerdings sind auch Lastwechselverhalten im Fehlerfall zu berücksichtigen.

Aufgrund des hohen Datenvolumens bietet sich eine Optimierung der Serverstandorte geradezu an. Aber dennoch ist im Grundsatz der Einsatz nur eines Servers im Netz sinnvoll, denn wenn man mehrere Server einsetzen würde, würden im zentralen Netz keine Kommunikationskosten eingespart, da die verteilten Server doch wieder dasselbe Programm zur Verteilung erhalten müssen, per Multicast von zentraler Stelle. Der Aufwand für das Update der verteilten Server in Echtzeit ist so hoch, dass die Verteilung für das IP-TV selbst keinen Sinn macht. Wie im Abschnitt zuvor beschrieben ist eine Verteilung der Server nur für Time-Shift-Viewing mit hinreichender Nutzerzahl sinnvoll. Aus Gründen der Redundanz und Versorgungssicherheit werden allerdings in der Regel zwei Server eingesetzt.

5.2.2.3 IP-Kommunikationsdienste und P2P-Anwendungen

IP-Kommunikationsdienste und P2P-Anwendungen können hinsichtlich ihrer Ursprung-Ziel-Beziehung als Client-Client-Dienste klassifiziert werden. Der Datentransfer erfolgt direkt zwischen den Endgeräten zweier Endkunden, so dass im Regelfall eine Punkt-zu-Punkt-Topologie vorliegt. Dabei arbeiten die beiden Endgeräte gleichberechtigt miteinander.

Für Telefondienste wie Voice over IP, genauso wie für Audio-/Videokommunikation, können neben der Punkt-zu-Punkt Kommunikation auch Konferenzen zwischen mehreren Teilnehmern eingerichtet werden. In diesem Fall würden Verbindungen simultan zwischen mehr als zwei Clients aufgebaut. Ein Server wird in diesem Fall allenfalls zum Verbindungsaufbau benötigt, um die erforderlichen Adressinformationen bereitzustellen.

Peer-to-Peer (P2P) Anwendungen haben in den vergangenen beiden Jahren einen immensen Aufschwung erlebt und produzieren heute mehr als die Hälfte des gesamten Datenaufkommens im Internet. Sie sind ebenfalls dadurch gekennzeichnet, dass ein gegenseitiger (prinzipiell gleichberechtigter) Austausch und Zugriff von/auf Dateien (das so genannte File-Sharing) direkt zwischen zwei Clients erfolgt. Manche P2P-Software erfordert darüber hinaus jedoch, dass Inhaltsverzeichnisse, über die im Web verfügbaren Dateien, auf zentralen Servern vorgehalten werden. An diese wird jedoch lediglich eine Anfrage gerichtet, wo und welche Dateien bei den Peers vorhanden sind. Das eigentliche, volumenmäßig bedeutsamere File-Sharing erfolgt direkt zwischen den Clients⁶⁴. Hervorzuheben ist auch, dass insbesondere diese Kommunikationsart von symmetrischem Verkehr geprägt ist und daher andere Anforderungen auch an das Access Netz stellt.

Die Client-Client Topologie von IP-Kommunikations- und P2P-Diensten führt zu besonderen Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Verkehrsverteilung. Im Unterschied zu den Standorten der (wichtigen) Server-Farmen, können die Standorte der Clients nicht vom Netzbetreiber bestimmt werden. Die Endkunden sind mit ihren Clients deutschlandweit über die Anschlussbereiche verteilt und kommunizieren von hier aus mit beliebigen Clients anderer Anschlussbereiche oder auch anderer Netze.

Manche Autoren klassifizieren auch Anwendungen wie Youtube als P2P Anwendung, weil auch hier der Client sein Video zunächst hochlädt (auf einen Server) und später dann ein anderer Client dieses Video wieder herunterlädt. Bezüglich des zweiten Abschnitts des Kommunikationsvorganges gibt es keinen Unterschied zu VoD. Insofern sehen wir diesen Dienst eher als einen Client-Server Dienst an. Der erste Abschnitt allerdings hat allerdings durchaus P2P Komponenten. Dennoch, wesentlich ist, dass das Abrufen des Videos durch Viele im Gegensatz zum Filesharing nicht aus einem irgendwo gelegenen Client-Standort erfolgt, sondern von einem in Absprache mit den Netzbetreibern bewusst platzierten zentraleren Server.

Abhängig von der Regionalität der P2P Kommunikation im eigenen Netz kann es sinnvoll sein, schon an relativ niedriger Stelle der Aggregationsebenen auch eine Routing Funktion einzubauen, um zumindest den hochvolumigen P2P Verkehr aus dem IP-Core Netz heraus zu halten. Ob dies sinnvoll ist, hängt aber nicht nur davon ab, ob die beiden Kommunikationspartner nah beieinander leben, sondern zudem, ob sie ihren An-

⁶⁴ Man könnte auch von gegenseitigen Client-Serverbeziehungen sprechen, bei denen jeweils ein Client die Daten vom als Server arbeitenden Endgerät des anderen Kommunikationspartners herunter lädt.

schluss beim selben Netzbetreiber haben. Die bisher bekannten NGN Architekturen sehen einen derartigen Ansatz nicht vor.

Bisher tut sich die Netzplanung mit den P2P Anwendungen noch schwer, weil jeder Nutzer zum P2P Anwender werden kann und dann große Verkehrsvolumina durchs Netz bewegt werden müssen, originierend an Stellen, die hierfür wenig geeignet sind. Dieses Verhalten ist noch schwer vorhersagbar. Damit diese Dienste nicht wichtige andere Dienste wie VoIP oder IP-TV verdrängen, die einen höheren Qualitätsbedarf haben, muss im Prinzip eine qualitätsorientierte Verkehrssteuerung eingeführt werden. Also ist auch eine qualitätsdifferenzierende Verkehrsplanung erforderlich.

5.3 Fazit

Das Kommunikationsverhalten in IP-Netzen wird von drei Kommunikationsarten geprägt. Dabei wird das bislang übliche Client-Server Verhalten der Kommunikation zwischen Endgeräten und zentral an leistungsstarken Standorten aufgestellten Servern bedrängt von P2P Kommunikation beliebiger Nutzer untereinander und dies unter Austausch großer Datenmengen. Daneben wächst gerade mit IP-TV eine weitere Anwendung in die Fläche, die a priori eine Multicast Struktur mit hoher Bandbreite benötigt. Elemente hierarchischer Kommunikation über zentrale Server müssen im Netz mit verteilter Client-Client Kommunikation kombiniert werden, wobei der letztere Anteil bzgl. seines Kommunikationsverhaltens und eines Daten sparenden Verhaltens (z.B. Einsatz von Kompression) kaum beeinflusst werden kann. Eine Verwendung qualitätsdifferenzierender Verkehrssteuerung und Planung ist erforderlich.

5.3.1 Netznutzung und Effizienz

Der Ausbau eines bestehenden Netzes und die Anpassung seiner Struktur an die sich ändernden Anforderungen stellt für alle Netzbetreiber eine große Herausforderung dar. Ob dies nun in einem evolutionären Ansatz der Veränderung erfolgt, oder mit einem eher revolutionären, ist schon nicht mehr die Frage, da mit NGN/NGA eher ein revolutionärer gewählt werden muss. In Zukunft werden alle Dienste auf einem Netz übertragen, und dieses Netz entsteht aus Umbau bestehender Netze und nicht aus einem Neuaufbau auf der grünen Wiese.

Das Kommunikationsverhalten der Teilnehmer, der Bedarf neuer Anwendungen an kommunikativer Unterstützung ist nur schwer vorhersehbar. Wir werden eine ausgeprägte Multicast Kommunikation haben und die Client-Server Kommunikation (z.B. VoD) neben einer breitbandigen P2P Kommunikation, asymmetrische und symmetrische Kommunikationsbeziehungen. Die Netznutzung verlangt die Unterstützung flexibler Kommunikationsbeziehungen aller Art, und damit müssen die Netze der Zukunft in alle Richtungen skalierbar sein.

Damit bleibt die Auslegung effizienter Netze eine Herausforderung, die sich am aktuellen Bedarf der Kommunikation orientieren muss, gleichzeitig aber auch leicht anpassbar an die sich ändernden Kommunikationsverhalten sein sollte.

5.3.2 QoS und Tarifierung

Wir haben gezeigt, dass es für die Zukunft von Bedeutung sein wird, eine Differenzierung des Verkehrs entsprechend unterschiedlicher Qualitätsanforderungen zu ermöglichen. So darf weniger anspruchsvoller P2P Verkehr den P2P Sprachverkehr weder im Access noch im Backbone verdrängen.

Dabei ist es unterstützend wichtig, diese Differenzierung auch abrechnen zu können. Denn nur so kann Nutzerverhalten nach ökonomischen Prinzipien gesteuert werden. Dies bedeutet, die Kosten für Qualität identifizieren und allozieren zu können, und über die verschiedenen Qualitätsklassen ein gemeinsames Verständnis zwischen allen Netzbetreibern herbeizuführen. Hier bietet sich noch ein breites Feld für die Forschung.

Literaturverzeichnis

- AGIREV (2003): Online Reichweitenmonitor II. Download unter <http://medical-communities.de/pdf/orm-2003-2.pdf>, Abruf am 30.11.07.
- AGOF (2007): Berichtsband – Teil 1 zur internet facts 2007 II. Download unter: <http://www.agof.de/berichtsbaende-internet-facts.296.html>, Abruf am 30.11.07.
- AT Kearney (2006): My Growth – Wie Unternehmen in der digitalen (Medien-)Zukunft reüssieren können. Düsseldorf.
- Baldi, Stefan(1999).Grundlagen der Wirtschaftsinformatik, München.
- Bitkom (2006), Presseinformation: Internet- Telefonie: Privatanutzer haben die Nase vorn. . Download unter: http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_Presseinfo_Internet-Telefonie_16.10.2006.pdf, Abruf am 30.11.07.
- Bitkom (2007), Presseinformation: Jeder fünfte Internetnutzer bloggt. Download unter: http://www.bitkom.org/de/presse/8477_46153.aspx, Abruf am 30.11.07.
- Brenner, Walter; Dous, Malte; Zarnekow, Rüdiger und Kruse, Jörn (2007): Qualität im Internet – Technische und wirtschaftliche Entwicklungsperspektiven, St. Gallen.
- Bundesnetzagentur (2006): Jahresbericht 2006, Bonn.
- Bundesnetzagentur (2007): Jahresbericht 2007, Bonn.
- Cap Gemini Ernst & Young: IP- Services - Ernüchterung statt Hilfe für die angeschlagene Telekombranche (2002).
- Cisco (2006): Cisco, Internetworking Technologies Handbook, Chapter 49: Quality of Service Networking
- ECTA (2007): Broadband Scorecard Quartal 1 2007.
- European Information Technology Observatory 2004 (2004), Frankfurt am Main.
- Forsa (2005): Time Budget 12. Download unter: <http://appz.sevenonemedia.de/download/publikationen/TimeBudget12.pdf>, Abruf am 30.11.07.
- General-Anzeiger (2007): E-Mail ist am Arbeitsplatz weit verbreitet, Ausgabe vom 07.11.07.
- GfK, AdEse (2006), Study on Video Gaming usage and attitude.
- Hackbarth, Klaus ; Kulenkampff, Gabriele (2005): Technische Aspekte der Zusammenschaltung in IP-basierten Netzen unter besonderer Berücksichtigung von VoIP.
- Hüber, Frank (2006): Download unter: http://www.computerbase.de/news/allgemein/studien/2006/februar/europas_jugend_18_prozent_zeit/. Abruf am 30.11.07.
- Jung, Volker; Warnecke, Hans-Jürgen: Handbuch für die Telekommunikation, Springer Verlag, Berlin (2002)

- Langer, Jörg (2007): Gelegenheitsprofis: die dritte Zielgruppe. Download unter <http://www.joergspielt.de/artikel-gelegenheitsprofis>, Abruf am 27.11.2007.
- Media Perspektiven (2006a): Basisdaten – Daten zur Mediensituation in Deutschland, Frankfurt am Main.
- Media Perspektiven (2006b): Medienbudgets und Tagesablaufverhalten, in Ausgabe 4/2006, S. 222 – 234.
- Media Perspektiven (2006c): Video-on-Demand als Element im Fernsehkonsum? In Ausgabe 12/2006, S. 622 – 629.
- Media Perspektiven (2006d): Nutzung neuer Medien. In Ausgabe 10/2006, S. 538 – 547.
- Meta Group (2004): Market Overview - SSL Virtual Private Networks, London.
- Nielsen Netrating (2007): Download unter: <http://www.internetworldstats.com/europa.htm>, Abruf am 30.11.2007.
- Ostler, Ulrike (2007): Download unter: <http://www.searchnetworking.de/themenkanale/voiceoverip/migrationsstrategien/articles/49784/>, Abruf am 30.11.2007
- Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten, Dialog Consult (2006): Achte gemeinsame Marktanalyse zur Telekommunikation, Köln und Duisburg. Download unter: <http://www.vatm.de/content/studien/inhalt/27-09-2006.pdf>. Abruf am 30.11.2007.
- Webhits.de (2006): Download unter: <http://www.webhits.de/deutsch/index.shtml?/deutsch/webstats.html> , Abruf am 30.11.2007.
- Weidner, Markus (2007): Download unter <http://www.teltarif.de/arch/2007/kw33/s26852.html> Abruf am 23.11.07.

Als "Diskussionsbeiträge" des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste sind zuletzt erschienen:

- Nr. 222: Franz Büllingen, Peter Stamm:
Mobiles Internet - Konvergenz von Mobilfunk und Multimedia, Juni 2001
- Nr. 223: Lorenz Nett:
Marktorientierte Allokationsverfahren bei Nummern, Juli 2001
- Nr. 224: Dieter Elixmann:
Der Markt für Übertragungskapazität in Nordamerika und Europa, Juli 2001
- Nr. 225: Antonia Niederprüm:
Quersubventionierung und Wettbewerb im Postmarkt, Juli 2001
- Nr. 226: Ingo Vogelsang
unter Mitarbeit von Ralph-Georg Wöhrl
Ermittlung der Zusammenschaltungs-entgelte auf Basis der in Anspruch genommenen Netzkapazität, August 2001
- Nr. 227: Dieter Elixmann, Ulrike Schimmel, Rolf Schwab:
Liberalisierung, Wettbewerb und Wachstum auf europäischen TK-Märkten, Oktober 2001
- Nr. 228: Astrid Höckels:
Internationaler Vergleich der Wettbewerbsentwicklung im Local Loop, Dezember 2001
- Nr. 229: Anette Metzler:
Preispolitik und Möglichkeiten der Umsatzgenerierung von Internet Service Providern, Dezember 2001
- Nr. 230: Karl-Heinz Neumann:
Volkswirtschaftliche Bedeutung von Resale, Januar 2002
- Nr. 231: Ingo Vogelsang:
Theorie und Praxis des Resale-Prinzips in der amerikanischen Telekommunikationsregulierung, Januar 2002
- Nr. 232: Ulrich Stumpf:
Prospects for Improving Competition in Mobile Roaming, März 2002
- Nr. 233: Wolfgang Kiesewetter:
Mobile Virtual Network Operators – Ökonomische Perspektiven und regulatorische Probleme, März 2002
- Nr. 234: Hasan Alkas:
Die Neue Investitionstheorie der Realoptionen und ihre Auswirkungen auf die Regulierung im Telekommunikationssektor, März 2002
- Nr. 235: Karl-Heinz Neumann:
Resale im deutschen Festnetz, Mai 2002
- Nr. 236: Wolfgang Kiesewetter, Lorenz Nett und Ulrich Stumpf:
Regulierung und Wettbewerb auf europäischen Mobilfunkmärkten, Juni 2002
- Nr. 237: Hilke Smit:
Auswirkungen des e-Commerce auf den Postmarkt, Juni 2002
- Nr. 238: Hilke Smit:
Reform des UPU-Endvergütungssystems in sich wandelnden Postmärkten, Juni 2002
- Nr. 239: Peter Stamm, Franz Büllingen:
Kabelfernsehen im Wettbewerb der Plattformen für Rundfunkübertragung - Eine Abschätzung der Substitutionspotenziale, November 2002
- Nr. 240: Dieter Elixmann, Cornelia Stappen unter Mitarbeit von Anette Metzler:
Regulierungs- und wettbewerbspolitische Aspekte von Billing- und Abrechnungsprozessen im Festnetz, Januar 2003
- Nr. 241: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf unter Mitarbeit von Ulrich Ellinghaus, Joachim Scherer, Sonia Strube Martins, Ingo Vogelsang:
Eckpunkte zur Ausgestaltung eines möglichen Handels mit Frequenzen, Februar 2003
- Nr. 242: Christin-Isabel Gries:
Die Entwicklung der Nachfrage nach breitbandigem Internet-Zugang, April 2003

- Nr. 243: Wolfgang Briglauer:
Generisches Referenzmodell für die Analyse relevanter Kommunikationsmärkte – Wettbewerbsökonomische Grundfragen, Mai 2003
- Nr. 244: Peter Stamm, Martin Wörter:
Mobile Portale – Merkmale, Marktstruktur und Unternehmensstrategien, Juli 2003
- Nr. 245: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:
Sicherstellung der Überwachbarkeit der Telekommunikation: Ein Vergleich der Regelungen in den G7-Staaten, Juli 2003
- Nr. 246: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:
Gesundheitliche und ökologische Aspekte mobiler Telekommunikation – Wissenschaftlicher Diskurs, Regulierung und öffentliche Debatte, Juli 2003
- Nr. 247: Anette Metzler, Cornelia Stappen unter Mitarbeit von Dieter Elixmann:
Aktuelle Marktstruktur der Anbieter von TK-Diensten im Festnetz sowie Faktoren für den Erfolg von Geschäftsmodellen, September 2003
- Nr. 248: Dieter Elixmann, Ulrike Schimmel with contributions of Anette Metzler:
"Next Generation Networks" and Challenges for Future Regulatory Policy, November 2003
- Nr. 249: Martin O. Wengler, Ralf G. Schäfer:
Substitutionsbeziehungen zwischen Festnetz und Mobilfunk: Empirische Evidenz für Deutschland und ein Survey internationaler Studien, Dezember 2003
- Nr. 250: Ralf G. Schäfer:
Das Verhalten der Nachfrager im deutschen Telekommunikationsmarkt unter wettbewerblichen Aspekten, Dezember 2003
- Nr. 251: Dieter Elixmann, Anette Metzler, Ralf G. Schäfer:
Kapitalmarktinduzierte Veränderungen von Unternehmensstrategien und Marktstrukturen im TK-Markt, März 2004
- Nr. 252: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:
Der Markt für Public Wireless LAN in Deutschland, Mai 2004
- Nr. 253: Dieter Elixmann, Annette Hillebrand, Ralf G. Schäfer, Martin O. Wengler:
Zusammenwachsen von Telefonie und Internet – Marktentwicklungen und Herausforderungen der Implementierung von ENUM, Juni 2004
- Nr. 254: Andreas Hense, Daniel Schäffner:
Regulatorische Aufgaben im Energiebereich – ein europäischer Vergleich, Juni 2004
- Nr. 255: Andreas Hense:
Qualitätsregulierung und wettbewerbspolitische Implikationen auf Postmärkten, September 2004
- Nr. 256: Peter Stamm:
Hybridnetze im Mobilfunk – technische Konzepte, Pilotprojekte und regulatorische Fragestellungen, Oktober 2004
- Nr. 257: Christin-Isabel Gries:
Entwicklung der DSL-Märkte im internationalen Vergleich, Oktober 2004
- Nr. 258: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Diana Rätz:
Alternative Streitbeilegung in der aktuellen EMVU-Debatte, November 2004
- Nr. 259: Daniel Schäffner:
Regulierungsökonomische Aspekte des informatorischen Unbundling im Energiebereich, Dezember 2004
- Nr. 260: Sonja Schölermann:
Das Produktangebot von Universaldienstleistern und deren Vergleichbarkeit, Dezember 2004
- Nr. 261: Franz Büllingen, Aurélia Gillet, Christin-Isabel Gries, Annette Hillebrand, Peter Stamm:
Stand und Perspektiven der Vorratsdatenspeicherung im internationalen Vergleich, Februar 2005
- Nr. 262: Oliver Franz, Marcus Stronzik:
Benchmarking-Ansätze zum Vergleich der Effizienz von Energieunternehmen, Februar 2005

- Nr. 263: Andreas Hense:
Gasmarktregulierung in Europa: Ansätze, Erfahrungen und mögliche Implikationen für das deutsche Regulierungsmodell, März 2005
- Nr. 264: Franz Büllingen, Diana Rätz:
VoIP – Marktentwicklungen und regulatorische Herausforderungen, Mai 2005
- Nr. 265: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:
Stand der Backbone-Infrastruktur in Deutschland – Eine Markt- und Wettbewerbsanalyse, Juli 2005
- Nr. 266: Annette Hillebrand, Alexander Kohlstedt, Sonia Strube Martins:
Selbstregulierung bei Standardisierungsprozessen am Beispiel von Mobile Number Portability, Juli 2005
- Nr. 267: Oliver Franz, Daniel Schäffner, Bastian Trage:
Grundformen der Entgeltregulierung: Vor- und Nachteile von Price-Cap, Revenue-Cap und hybriden Ansätzen, August 2005
- Nr. 268: Andreas Hense, Marcus Stronzik:
Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber – Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse, September 2005
- Nr. 269: Ingo Vogelsang:
Resale und konsistente Entgeltregulierung, Oktober 2005
- Nr. 270: Nicole Angenendt, Daniel Schäffner:
Regulierungsökonomische Aspekte des Unbundling bei Versorgungsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung von Pacht- und Dienstleistungsmodellen, November 2005
- Nr. 271: Sonja Schölermann:
Vertikale Integration bei Postnetzbetreibern – Geschäftsstrategien und Wettbewerbsrisiken, Dezember 2005
- Nr. 272: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:
Transaktionskosten der Nutzung des Internet durch Missbrauch (Spamming) und Regulierungsmöglichkeiten, Januar 2006
- Nr. 273: Gernot Müller, Daniel Schäffner, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:
Indikatoren zur Messung von Qualität und Zuverlässigkeit in Strom- und Gasversorgungsnetzen, April 2006
- Nr. 274: J. Scott Marcus:
Interconnection in an NGN Environment, Mai 2006
- Nr. 275: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:
Incumbents und ihre Preisstrategien im Telefondienst – ein internationaler Vergleich, Juni 2006
- Nr. 276: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:
Wettbewerbspolitische Bedeutung des Postleitzahlensystems, Juni 2006
- Nr. 277: Marcus Stronzik, Oliver Franz:
Berechnungen zum generellen X-Faktor für deutsche Strom- und Gasnetze: Produktivitäts- und Inputpreisdifferential, Juli 2006
- Nr. 278: Alexander Kohlstedt:
Neuere Theoriebeiträge zur Netzökonomie: Zweiseitige Märkte und On-net/Off-net-Tariffdifferenzierung, August 2006
- Nr. 279: Gernot Müller:
Zur Ökonomie von Trassenpreissystemen, August 2006
- Nr. 280: Franz Büllingen, Peter Stamm in Kooperation mit Prof. Dr.-Ing. Peter Vary, Helge E. Lüders und Marc Werner (RWTH Aachen):
Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, September 2006
- Nr. 281: Michael Brinkmann, Dragan Ilic:
Technische und ökonomische Aspekte des VDSL-Ausbaus, Glasfaser als Alternative auf der (vor-) letzten Meile, Oktober 2006
- Nr. 282: Franz Büllingen:
Mobile Enterprise-Solutions – Stand und Perspektiven mobiler Kommunikationslösungen in kleinen und mittleren Unternehmen, November 2006

- Nr. 283: Franz Büllingen, Peter Stamm:
Triple Play im Mobilfunk: Mobiles Fernsehen über konvergente Hybridnetze, Dezember 2006
- Nr. 284: Mark Oelmann, Sonja Schölermann:
Die Anwendbarkeit von Vergleichsmarktanalysen bei Regulierungsentscheidungen im Postsektor, Dezember 2006
- Nr. 285: Iris Bösch:
VoIP im Privatkundenmarkt – Marktstrukturen und Geschäftsmodelle, Dezember 2006
- Nr. 286: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:
Stand und Perspektiven der Telekommunikationsnutzung in den Breitbandkabelnetzen, Januar 2007
- Nr. 287: Konrad Zoz:
Modellgestützte Evaluierung von Geschäftsmodellen alternativer Teilnehmernetzbetreiber in Deutschland, Januar 2007
- Nr. 288: Wolfgang Kiesewetter:
Marktanalyse und Abhilfemaßnahmen nach dem EU-Regulierungsrahmen im Ländervergleich, Februar 2007
- Nr. 289: Dieter Elixmann, Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:
Internationaler Vergleich der Sektorperformance in der Telekommunikation und ihrer Bestimmungsgründe, Februar 2007
- Nr. 290: Ulrich Stumpf:
Regulatory Approach to Fixed-Mobile Substitution, Bundling and Integration, März 2007
- Nr. 291: Mark Oelmann:
Regulatorische Marktzutrittsbedingungen und ihre Auswirkungen auf den Wettbewerb: Erfahrungen aus ausgewählten Briefmärkten Europas, März 2007
- Nr. 292: Patrick Anell, Dieter Elixmann:
"Triple Play"-Angebote von Festnetzbetreibern: Implikationen für Unternehmensstrategien, Wettbewerb(s)politik und Regulierung, März 2007
- Nr. 293: Daniel Schäffner:
Bestimmung des Ausgangsniveaus der Kosten und des kalkulatorischen Eigenkapitalzinssatzes für eine Anreizregulierung des Energiesektors, April 2007
- Nr. 294: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:
Ex-ante-Preisregulierung nach vollständiger Marktöffnung der Briefmärkte, April 2007
- Nr. 295: Alex Kalevi Dieke, Martin Zauner:
Arbeitsbedingungen im Briefmarkt, Mai 2007
- Nr. 296: Antonia Niederprüm:
Geschäftsstrategien von Postunternehmen in Europa, Juli 2007
- Nr. 297: Nicole Angenendt, Gernot Müller, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:
Stromerzeugung und Stromvertrieb – eine wettbewerbsökonomische Analyse, August 2007
- Nr. 298: Christian Growitsch, Matthias Wissner:
Die Liberalisierung des Zähl- und Messwesens, September 2007
- Nr. 299: Stephan Jay:
Bedeutung von Bitstrom in europäischen Breitbandvorleistungsmärkten, September 2007
- Nr. 300: Christian Growitsch, Gernot Müller, Margarethe Rammerstorfer, Prof. Dr. Christoph Weber (Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Universität Duisburg-Essen):
Determinanten der Preisentwicklung auf dem deutschen Minutenreservemarkt, Oktober 2007
- Nr. 301: Gernot Müller:
Zur kostenbasierten Regulierung von Eisenbahninfrastrukturentgelten – Eine ökonomische Analyse von Kostenkonzepten und Kostentreibern, Dezember 2007
- Nr. 302: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückerbaum:
Nachfrage nach Internetdiensten – Dienstearnten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service, Dezember 2007