

Internet-TV, IP-Telefonie und andere „Echtzeitanwendungen“ lassen zurzeit den Bandbreitenbedarf rasch wachsen, und damit die Ansprüche an eine hohe Qualität der Übertragung. In der Vergangenheit hat einfach eine großzügig bemessene Übertragungskapazität die Dienstgüte sichergestellt. Zunehmend rückt aber der flächendeckende Einsatz von QoS-Steuerung (Quality of Service) ins Blickfeld, der eine kontinuierlich hohe Qualität der IP-Kommunikation für den wachsenden Anteil von Echtzeitanwendungen gewährleisten soll.

Die vielbeschworene Netzneutralität steht damit infrage. Sie entfacht derzeit leidenschaftliche gesellschaftliche und politische Diskussionen. Es geht um ein freies und offenes Internet, in dem das Recht auf Meinungsfreiheit und weitere demokratische Grundrechte erhalten bleiben müssen. Nicht zuletzt gilt es die Innovationsfreude aller Beteiligten aufrechtzuerhalten. Einflussfaktoren, die neben der Technik eine besondere Rolle spielen, sind zukünftige Geschäftsmodelle und mögliche Regulierungen im Internet.

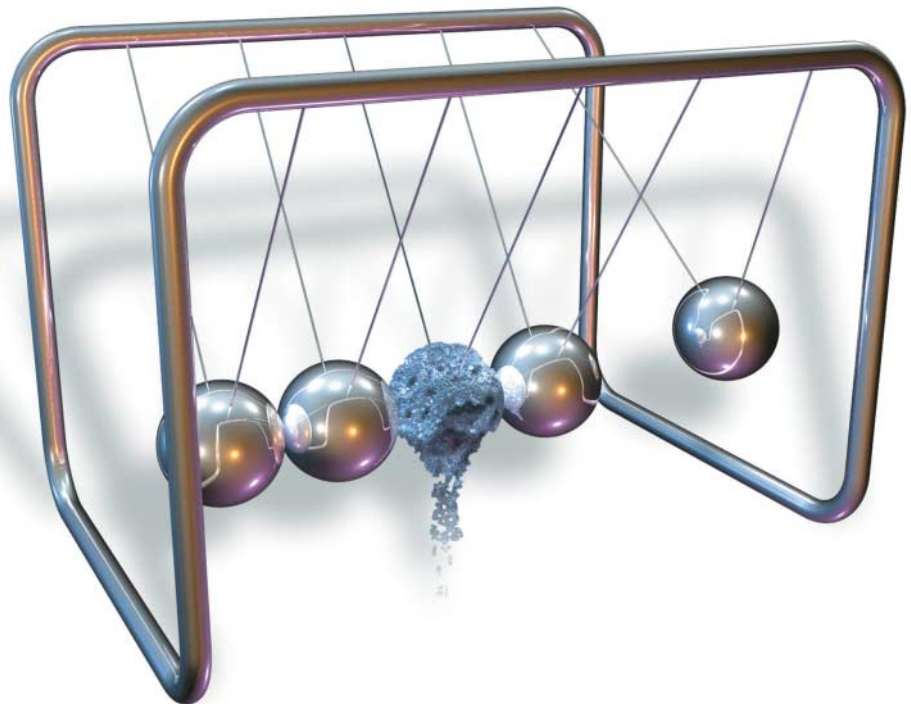
Das Folgende beleuchtet technische Aspekte der QoS-Mechanismen und deren Einfluss auf die Echtzeitanwendungen. Ein wohl dosiertes Maß an „Nicht-Neutralität“, das QoS-Mechanismen mit sich bringen, soll Innovationen bei Internet-Echtzeitanwendungen fördern.

Zurzeit besteht das Internet aus rund 37 000 unabhängigen IP-Netzen, sogenannten autonomen Systemen (AS). Es transportiert die Daten gewöhnlich transparent in IP-Paketen. Die IP-Netze sind dienste- und applikationsneutral. Die Endpunkte der IP-Netze, etwa Smartphones, PCs oder Server, entscheiden über die Art und Weise der Kommunikation. Das Internet als „Network of Networks“ ist damit multifunktional und multimedial. Es gibt nur ein

## Netzneutralität und die Nutzung von QoS-Verfahren

# Knackpunkt

Norbert Pohlmann



Was die Augen von Fernsehkonsumenten leuchten lässt, treibt den Netzbetreibern Sorgenfalten auf die Stirn: IP-TV und andere zeitkritische Anwendungen können nicht nur Engpässe hervorrufen, sondern stellen auch die vielbeschworene Netzneutralität infrage.

nicht fragmentiertes, weltweites Internet mit einer öffentlichen Adressierung.

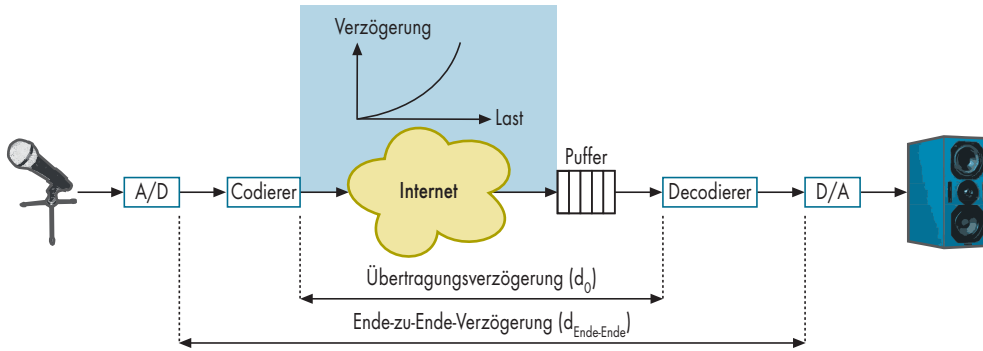
Das Internet-Protokoll kann verschiedene physische Infrastrukturen nutzen, auf der Netzzugangsebene etwa Ethernet, WLAN, DSL oder Mobilfunk, im Backbone ATM, Ethernet, PDH/SDH, MPLS und so weiter. Netzbetreiber können sich mit den Partnern ihrer Wahl verbinden, meist unter der Voraussetzung, dass alle Endpunkte stets ans gesamte Internet angeschlossen sind, etwa durch UpStreams oder Public und Private Pee-

ring zwischen den IP-Netzen [1]. Das Versenden von Datenpaketen über alternative Routen ist jederzeit möglich. Netzbetreiber etablieren auf diese Weise marktgetrieben diversifizierte und ausfallsichere Netztopologien. Schlicht, dass es genügend Bandbreite gibt, stellt zurzeit die notwendige Ende-zu-Ende-Qualität sicher.

Darüber hinaus sparen Endgeräte in der Regel mittels Kompression und Codec-Management Ressourcen. Die Provider können ihren Kunden meist Mindestbandbreiten

garantieren. Dienste und Applikationen sind technisch und damit gewöhnlich ökonomisch von der darunterliegenden Infrastruktur getrennt. Das Internet ist im Prinzip selbstverwaltet und ermöglicht einen freien Wettbewerb [3].

„Netzneutralität“ bezeichnet die inhalts- und anwendungsunabhängige Übermittlung von IP-Paketen. Die „Federal Communication Commission“ (FCC) definiert die Netzneutralität folgendermaßen: – Internetnutzer haben Anspruch auf legale Inhalte ihrer Wahl.



**Die Ende-zu-Ende-Verzögerung setzt sich zusammen aus der Verarbeitungszeit der Codecs, der Signallaufzeit und den Routing- und Switching-Zeiten (Abb. 1).**

– Sie haben das Recht, Applikationen und Dienste ihrer Wahl zu nutzen, die den rechtlichen Bestimmungen entsprechen.  
 – Anwender dürfen legale Geräte ihrer Wahl konnektieren, die das Netzwerk nicht beschädigen  
 – und haben ein Recht auf den Wettbewerb zwischen ISPs, Dienste- und Inhaltsanbietern.  
 – Netzbetreiber dürfen zudem keine Inhalte oder Applikationen einschränken.

Befürworter der Netzneutralität sehen sie als Grundlage für ein freies Internet ohne staatliche oder wirtschaftliche Eingriffe in den freien Meinungsaustausch weltweit und damit für das Recht auf Meinungsfreiheit. Sie befürchten, dass auf der Dienste- und Applikationsebene eine wettbewerbsverzerrende Bevorzugung stattfinden kann, die Endkunden reglementiert und die freie und offene Internet-Kommunikation gefährdet.

Kritiker sehen im Falle einer bedingungslosen Netzneutralität hingegen die Gefahr, dass sie Innovations- und Investitions-

anreize dämpft, was zu einer ineffizienten Netznutzung führt und letztlich die Vielfalt des Internet gefährdet [4].

Für die Qualität der Internet-Kommunikation stehen unter dem Begriff „Dienstgüte“ objektiv messbare Parameter zur Verfügung: Die Übertragungskapazität (in Bit/s, auch Bandbreite oder Durchsatz genannt), Verzögerung von IP-Paketen (in ms), Jitter (Schwankungen der Verzögerung) und IP-Paketverlustrate (in %).

### Dienstgüte exakt messbar

Die Bandbreite (in Bit/s) zeigt das Transporttempo zwischen den miteinander kommunizierenden Netz-Endpunkten an. Ein Verlust an Durchsatz geht meist mit einer wachsenden Paketverlustrate und damit einer Verringerung der Dienstgüte einher. Jede Echtzeitanwendung benötigt eine bestimmte garantierte Mindestbandbreite für eine akzeptable Qualität (siehe Tabelle).

Die Laufzeit von Datenpaketen – auch Latenz oder Verzögerungszeit genannt – hängt weniger von der Länge der Übertragungsleitungen als von den Verarbeitungszeiten in den Netzknoten (Router, Switches, Gateways) ab. Im Internet durchlaufen die IP-Pakete vom Sender zum Empfänger durchschnittlich etwa 12 Router [2]. In ausreichend dimensionierten und sorgfältig administrierten Netzen liegt die garantierte Latenz unter 65 ms. Da die Kommunikation meist über mehrere IP-Netze läuft, müssen die Verzögerungswerte, die die einzelnen IP-Netzen erzeugen, addiert werden.

Bei zeitkritischen Anwendungen wie VoIP müssen auch Verzögerungen Berücksichtigung finden, die nicht im Internet entstehen, sondern in der verwendeten (Codec-) Software. Beispiel G.723.1: Die Bandbreite beträgt nur 8 kBit/s, die Paketverlustrate sollte unter 1 % und die Verzögerung für eine akzeptable Sprachqualität unter 300 ms liegen.

Deutlich stärker als die Latenz an sich nehmen Menschen Schwankungen der Laufzeit wahr, den Jitter. Ihn begrenzt oder unterdrückt typischerweise ein Puffer in den Endgeräten, der prinzipiell zwei Aufgaben erfüllt. Zum einen hält er IP-Pakete für eine bestimmte Zeit zurück, zum anderen kann er sie sortieren, wenn sie in der falschen Reihenfolge eintreffen. Je nach Größe des Jitter-Puffers vergrößert sich allerdings die Gesamtlatenz (siehe Abb. 1).

### Unangenehme Schwankungen

Die Paketverlustrate schließlich definiert, welcher Anteil der Daten zwischen Sender und Empfänger verloren geht – in gut ausgestatteten und gepflegten Netzen sind es weniger als 0,5 Prozent.

All die genannten Dienstgüteparameter wirken sich direkt auf die subjektive Beurteilung zeitkritischer Anwendungen aus. Die zur Verfügung stehenden Hardwareressourcen, Codecs und Software sind mit ausschlaggebend für die Qualität der Echtzeitanwendungen.

Weitaus „elastischer“ sind Anwendungen zum Austauschen zeitunabhängiger Medien wie Text oder Grafik, etwa E-Mail. Auch bei typischen Webanwendungen spielt die zeitliche Beziehung zwischen zwei IP-Paketen keine wesentliche Rolle. Paketverluste, Verzögerungen oder deren Schwankung kompensiert –

**X-TRACT**

- Zeitkritische Internet-Anwendungen wie Videokonferenzen und VoIP dürften in absehbarer Zeit den Hauptanteil am Datenverkehr hervorrufen.
- Eine stets ausreichende Netz-Infrastruktur lässt sich oftmals nicht schnell oder preiswert genug nachrüsten.
- Mittels Quality-of-Service-Verfahren lassen sich Echtzeitanwendungen bevorzugt behandeln, ohne die Netzneutralität wesentlich einzuschränken.

Parameter der Dienstqualität	
Typische Werte für die Mindestbandbreite bei Echtzeitanwendungen:	
Bandbreite	Echtzeitanwendung
8 – 64 KBit/s	VoIP (Codec-abhängig)
64 – 384 KBit/s	Videokonferenzen (niedrige Qualität)
384 KBit/s – 16 MBit/s	Videostreaming (mittlere bis hohe Qualität)
Typische Anforderungen an die Verzögerung bei Echtzeitanwendungen:	
Verzögerung	Bedeutung
0 – 150 ms	ausreichend für die meisten interaktiven Echtzeitanwendungen
150 – 400 ms	noch akzeptabel, aber mit Qualitätsverlust
über 400 ms	nicht akzeptabel

falls überhaupt nötig – das Übertragungsprotokoll TCP.

Mithin führen zwei Anwendungskategorien eine Koexistenz und stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an die Internet-Dienstgüte. Gartner prognostiziert, dass Echtzeitanwendungen im Jahr 2013 mehr als 30 Prozent aller Inhalte transportieren werden. Entsprechend wächst die Bedeutung der Dienstgüte.

## Routing nach dem Windhundprinzip

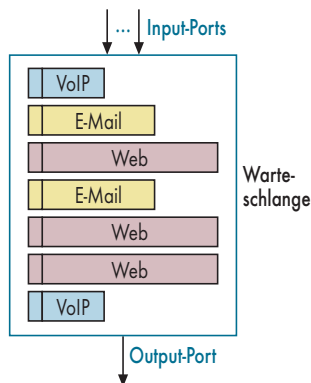
Das Internet transportiert die Datenpakete unter den gegebenen technischen und ökonomischen Voraussetzungen immer auf optimale Art und Weise. Nach diesem „Best-Effort“-Prinzip arbeitende Router sollen IP-Pakete grundsätzlich unabhängig von deren Inhalt nach der Vorgabe „first come, first served“ weiterleiten.

IP-Router arbeiten mit ausgehenden Warteschlangen (Queues), deren Länge mehrere Dienstgüteparameter beeinflusst, insbesondere die Verzögerung von Datenpaketen und den Jitter. Wenn die Warteschlange voll ist, steigt außerdem die Paketverlustrate, weil der Router Datenpakete nicht mehr zwischenspeichern kann und verwerfen muss.

Den entscheidenden Einfluss auf die Länge der Queue und damit auf die Dienstgüte beim Best-Effort-Ansatz hat die Übertragungskapazität der an den Router-Ausgang angeschlossenen Leitung. Eine Lösung, die Dienstgüteparameter im optimalen Bereich zu halten, wäre also die dauerhafte Überdimensionierung aller IP-Netze.

## Best Effort versus Quality of Service

Mithilfe von Priorisierungsverfahren (Quality of Service, QoS) können zeitkritische IP-Pakete, die etwa Telefoniedaten (VoIP) transportieren, Pa-

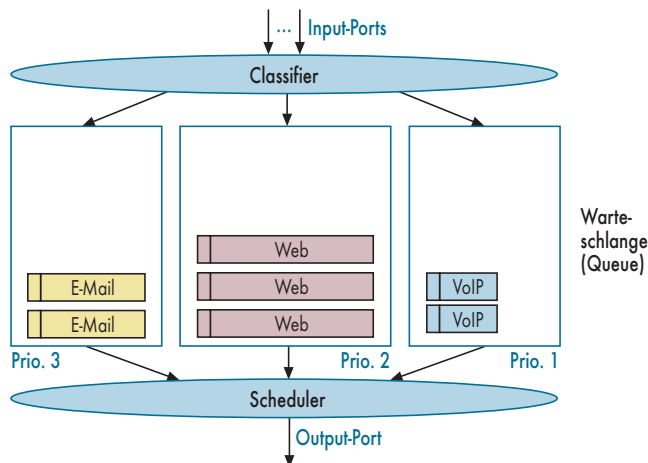


**Eine Warteschlange pro Ausgang beim Best-Effort-Prinzip: Das VoIP-Paket muss so lange warten, bis alle anderen übertragen sind (Abb. 2).**

kete mit niedrigerer Priorität (zum Beispiel E-Mail- oder FTP-Inhalte) in den Routern überholen. Unterschiedlich priorisierte Datenpakete gelangen in verschiedene Warteschlangen (Abb. 3). Wenn ein „Classifier“ die ankommenden Pakete je nach Priorität in die Queues sortiert, kann ein „Scheduler“ die Pakete aus der höherpriorisierten Warteschlange bevorzugt versenden. Für das Scheduling kommen mehrere Algorithmen infrage, etwa Round Robin (reihum), Simple Priority Queueing (immer zuerst die höher priorisierte Warteschlange bedienen) oder Weighted Fair Queuing (Round Robin mit Gewichtung).

QoS-Mechanismen können die Dienstgüte deutlich verbessern. Sie verringern neben der Verzögerung und deren Schwankung auch die Wahrscheinlichkeit von Paketverlusten. Auch bei einer temporären Überlast, die elastische Anwendungen wie FTP verursachen, können die Echtzeitanwendungen mit der notwendigen Qualität weiterarbeiten. Die lässt sich günstiger mithilfe von QoS sicherstellen als mit einer dauerhaften Überdimensionierung aller Netzkomponenten.

Ein QoS-Standard, den bereits die meisten Router beherrschen, ist „Differentiated Services“ (DiffServ, erstmals in RFC 2474 beschrieben), ein



**Prinzip von Quality-of-Service-Mechanismen in Routern (Abb. 3)**

Schema zum Klassifizieren und Priorisieren von IP-Paketen. Das grundsätzliche Prinzip sieht die Differenzierung der übertragenen Datenströme bezüglich ihrer QoS-Anforderungen vor. Eine DiffServ-Domäne umfasst ein oder mehrere IP-Netze, die einer gemeinsamen administrativen Instanz unterstehen. Dienste sind in einige wenige Klassen eingeteilt, und für jede gilt innerhalb der DiffServ-Domäne eine bestimmte Behandlungsregel im Router, abhängig von der zugewiesenen Dienstgüte.

## Differentiated Services

Ein Router am Rand eines solchen QoS-Netzes klassifiziert eingehende IP-Pakete und ordnet sie per Markierung (DiffServ Codepoint, DSCP) einer für diese Domäne geltenden Behandlungsregel zu. Router innerhalb einer Domäne müssen die DSCPs lediglich auswerten und die Datenpakete entsprechend den Behandlungsregeln weiterleiten.

Die DSCP-Markierung definiert entweder der Netzbetreiber selbst oder ein Dienstgüte-Vertrag (Service Level Agreement, SLA) zwischen den Netzbetreibern und dem Kunden. Die Markierung befindet sich im Paket-Header.

Es ist somit nicht notwendig, die Nutzdaten (Payload) der Pakete zu analysieren – ganz im Sinne des Datenschutzes und der Netzneutralität.

DiffServ bietet den RFCs zufolge die folgenden Behandlungsregeln: Den „Premiumdienst“ bildet das „Expedited Forwarding“ mit garantierten Obergrenzen für Verzögerung, Verlustrate und Jitter. Ein SLA spezifiziert die Übertragungskapazität ähnlich wie die einer Standleitung. Daneben bietet „Assured Forwarding“ vier Klassen mit getrennten Ressourcen (Puffer, Bandbreite) und innerhalb jeder Klasse drei unterschiedliche Prioritäten und damit Paketverlustraten. Das „Default Forwarding“ wiederum entspricht dem bekannten Best-Effort-Prinzip.

Wenn die Router eine entsprechende Priorisierung vornehmen, hat das bei gleichen Randbedingungen – sprich Übertragungskapazitäten – für die Echtzeitanwendungen enorme Vorteile, aber für die elastischen Anwendungen keine spürbaren Nachteile.

## Integrated Services

Es gibt neben DiffServ weitere wichtige QoS-Mechanismen, die aber bezüglich der Diskussion über die Netzneutralität von untergeordneter Bedeutung sind. So besteht

das Prinzip der Integrated Services (IntServ) darin, Routing-Ressourcen für individuelle Datenströme – also verbindungsbezogen – bereitzustellen und somit eine Garantie für einen bestimmten Dienst gewährleisten zu können. Dazu müssen Endgeräte und Router zusätzliche Funktionen beherrschen, die unter anderem das Zuordnen der Ressourcen zu den einzelnen Datenströmen regeln. Ein Gerät enthält eine Signalisierungseinheit und einen Datenpfad. Das Signalisieren erfolgt per Resource Reservation Protocol (RSVP).

## Multiprotocol Label Switching

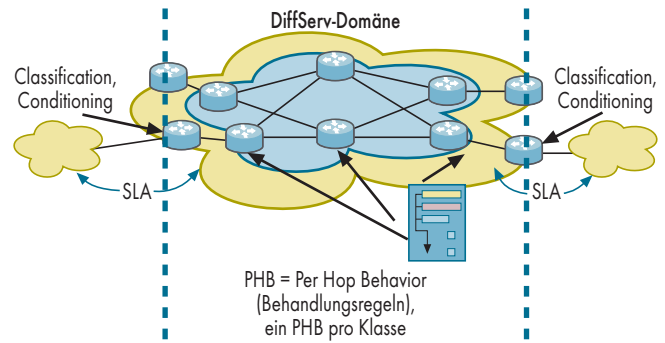
Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht in der Signalisierungsverzögerung (besonders ungünstig bei kleinen Übertragungsmengen) und der Signalisierungslast im IP-Netz. Das Prinzip der Integrated Services kommt aus diesen Gründen eher unternehmensintern für QoS zum Einsatz als im öffentlichen Internet.

Multiprotocol Label Switching bietet ebenfalls die Möglichkeit, Router vor Überlastung zu schützen und somit

die verfügbaren Übertragungswege besser auszulasten. MPLS kommt überwiegend bei großen Providern zum Einsatz, die Sprach- und Datendienste auf Basis von IP anbieten.

## DiffServ und die Netzneutralität

MPLS sieht vor, dass nicht jeder einzelne Router eine Entscheidung für den günstigsten Weg der Datenpakete trifft, sondern dass diese am Eingangspunkt eines autonomen Systems einen vorselektierten Pfad nehmen und erst wieder am Ausgangspunkt die herkömmliche Vermittlung von Hop zu Hop beginnt. Dieses Vorgehen entlastet die Router innerhalb des AS stark. Alle MPLS-fähigen Zwischenstationen, die Label Switched Router (LSR), brauchen lediglich die den MPLS-Paketen vorgeschalteten Labels auszuwerten, und zwar bereits direkt oberhalb der Sicherungsschicht (Layer 2) und – umgesetzt in Hardware – mit hohem Tempo. Aus diesem Grund betrifft MPLS eher die Infrastruktur-Aspekte der autonomen Systeme als das Internet im weiteren Sinne.



**Differentiated Services (DiffServ) bieten ein fein abgestuftes Modell für die Datenverkehrs-Priorisierung innerhalb eines IP-Netzes, der sogenannten Domäne (Abb. 4).**

Die positiven Auswirkungen von DiffServ auf Echtzeitanwendungen beschränken sich zunächst auf die entsprechende Domäne. Das Internet besteht aber aus mehr als 37 000 autonomen Systemen, die alle damit ausgerüstet sein müssten, damit ein einheitlicher Effekt zustande käme. Alternativ könnten zumindest die Inhalteanbieter, die Zugangs- sowie die beteiligten Transit-Provider DiffServ nutzen. In diesem Fall müssten nicht alle IP-Netze damit ausgerüstet sein.

Die für die Priorisierung benötigten DiffServ-Header-Markierungen könnten idealerweise die Content-Anbieter als Ausgangspunkt der Datenströme selbst vornehmen. Hier

droht jedoch Missbrauch, da im Prinzip jeder für jede Anwendung DiffServ-Markierungen setzen könnte. Dies gilt es zu verhindern, denn je mehr Anwendungen die Priorisierung nutzen, desto geringer der positive Effekt.

Die Access-Provider müssen für die laufend an Bedeutung gewinnenden Echtzeitanwendungen immer höhere Bandbreiten zur Verfügung stellen und entsprechend in die Infrastruktur investieren. Access-Provider, die selbst Inhalte anbieten, können eigenständig entscheiden, wie sie die wachsenden Anforderungen erfüllen. Inhalte Dritter liefern nicht selten sogenannte Content Delivery Networks, deren Server sich in den Netzen der Access-Provider befinden. Über SLAs lassen sich die QoS-Parameter einfach verhandeln und umsetzen.

Keiner der Beteiligten darf aus den Augen verlieren, dass QoS keine neuen Ressourcen schafft, sondern eine höhere Dienstqualität für bestimmte Anwendungen. QoS ersetzt nicht den notwendigen Netzausbau, der mit der stärkeren Nutzung von Internet-Video & Co. auf jeden Fall kommen wird – und den jemand bezahlen muss (siehe Kasten „Daten sind kein Strom“ mit der Einschätzung eines Providers).

## Fazit und Ausblick

Bei gleichen Ressourcen helfen QoS-Mechanismen, Echtzeitanwendungen zu bevorzugen

## Daten sind kein Strom

Viele Carrier und ISPs dürften damit liebäugeln, eben keine Netzneutralität gewährleisten zu müssen – schon wegen der Anwendungen, denen es quasi innewohnt, anders priorisiert zu sein: Die Paradebeispiele sind Telefonie, IP-TV und Live-Streaming.

Die Provider kennen nämlich die technische Realität. Sie wissen, was Routing-Hardware zu welchem Preis leisten kann – und was nicht. Die Bandbreiten auf der Endanwender-Seite geraten zur immer größeren Herausforderung. Das von der Bundesregierung ausgerufene Ziel, 40 Millionen Haushalte mit mindestens 1 MBit/s anzuschließen, ergibt 40 TBit/s, die es zu priorisieren gälte. Zuzüglich Reserve, die ein Anbieter in seinem Netz bereithalten müsste, ergibt sich eine beachtliche Dimension.

Eine Umstellung auf IPv6 gestaltet die Sache voraussichtlich noch schwieriger, weil (die letzten 64 Bit der Adresse als Host-Adresse einmal herausgerechnet) 64 statt bisher 32 Bit

in das Routing einfließen. Die Routing-Tabellen werden ihren Teil zu nicht mehr so ganz trivialen, nicht netzneutralen Konfigurationen beitragen. Und je mehr IPv6 in mobile und andere Endgeräte mit gegebenenfalls sogar wechselnden Adressen (Präfixen) Einzug hält, desto schwieriger wird die Netzneutralität aufrechtzuerhalten sein – oder desto mehr Kollateralschäden wird es geben bei ungeeigneten Versuchen, sie zu erzwingen.

Sicher wäre es wünschenswert, auch aus der Sicht vieler Carrier und Provider, dass man einfach alles 1:1 durchleitet, etwa wie beim Strom. Nur muss das jemand bezahlen. Und genau hier entsteht das Hauptmotiv, eben nicht netzneutral zu sein. Nicht der kapitalistische Grundgedanke der Gewinnmaximierung stellt die Netzneutralität infrage, sondern die mit dem rasanten Netzausbau verbundenen Kosten. Gerade Carrier, die ein Ungleichgewicht an Traffic durch Peerings abbekommen, haben diese zu stemmen.

*Manuel Schmitt*

gen, die einen höheren Bedarf an guten Dienstparametern haben, ohne die anderen Anwendungen nennenswert zu benachteiligen. Da Internet-TV hohe Bandbreitenanforderungen stellt und eine rasch wachsende Nutzung zu erwarten ist, müssen die Provider die IP-Netze entsprechend ausbauen, unabhängig von QoS-Mechanismen.

Eine neutrale Möglichkeit der Nutzung von QoS-Mechanismen wäre, dass die Netzbetreiber die Dienstgüte insgesamt innerhalb eines festgelegten Toleranzbereichs halten und damit eine Mindestqualität für „Best Effort“ garantieren. Falls die QoS-Parameter Gefahr laufen, den Toleranzbereich zu verlassen, muss die Netz-Dimensionierung sicherstellen, dass die Mindestqualität insgesamt erhalten bleibt. Dann steht für elastische Anwendungen die Mindestqualität und damit die Netzneutralität immer zur Verfügung.

Als einfache und sinnvolle Anwendungsmöglichkeit von QoS bietet es sich an, dass die Content-Anbieter ihre Kunden vor die Wahl stellen, entweder „Best Effort“ zu nutzen oder eine höherwertige, entsprechend teurere QoS. Der Aufpreis steht für den Ausbau der Infrastruktur bei den Anschluss- und Transit-Providern zur Verfügung. „Best Effort“ wird je nach momentaner Auslastung des Internet akzeptabel sein und zumindest im Durchschnitt die Mindestqualität erfüllen. Der Kunde kann frei entscheiden, ob er die höhere und garantierte Qualität nutzen möchte. Er beteiligt sich bei einem höheren Anspruch an den Investitionen in die Netzinfrastruktur.

Einer Studie zufolge verbleiben bei den Content-Anbietern 62 % aller Einnahmen, bei den Access-Providern nur 17 % [5]. Es wird Zeit, dass die Netzbetreiber mit der aktiven Nutzung von QoS-Mechanismen beginnen, damit Echtzeitanwendungen wie Internet-TV auch in der notwen-

digen hohen Qualität zur Verfügung stehen – sonst wird niemand den weiteren Netzausbau bezahlen. (un)

#### PROF. NORBERT POHLMANN

ist geschäftsführender Direktor des Instituts für Internet-Sicherheit und Professor an der FH Gelsenkirchen im Fachbereich Informatik der Vertiefungsrichtung Internet und mobile Netze.

#### MANUEL SCHMITT

ist Geschäftsführer des Hosting-Unternehmens manitu.

#### Literatur

- [1] S. Dierichs, N. Pohlmann; Rollenverteilung; Provider-Szene durchleuchtet; *iX* 12/2006, S. 126
- [2] K. Himmelsbach, N. Pohlmann; Analyse und Visualisierung des Internets – Internet-Verfügbarkeits-System; IT-Sicherheit – Management und Praxis; DATAKONTEXT-Fachverlag, 05/2008
- [3] eco-Verband; Netzneutralität und freier Wettbewerb im Internet – Aktueller Stand der Diskussion; [http://www.eco.de/dokumente/Netzneutralitaet\\_Diskussionspapier.pdf](http://www.eco.de/dokumente/Netzneutralitaet_Diskussionspapier.pdf)
- [4] U. Berger-Kögler, B. Kind; Netzneutralität – eine juristische und ökonomische Analyse; *Netzwirtschaften & Recht*, Beilage 4/2010; Verlag Recht und Wirtschaft, Frankfurt/M.
- [5] H. Friederiszick, J. Kaluzny, S. Kohnz, L. Röller; Assessment of a sustainable Internet Model for the near Future; ESMT White Paper, Berlin; [http://www.esmt.org/fm/13/ESMT\\_Sustainable\\_Internet\\_White\\_Paper.pdf](http://www.esmt.org/fm/13/ESMT_Sustainable_Internet_White_Paper.pdf)

Anzeige