

Kruse, Jörn

Working Paper

Crowding-Out bei Überlast im Internet

Diskussionspapier, No. 72

Provided in Cooperation with:

Fächergruppe Volkswirtschaftslehre, Helmut-Schmidt-Universität (HSU)

Suggested Citation: Kruse, Jörn (2007) : Crowding-Out bei Überlast im Internet, Diskussionspapier, No. 72, Helmut-Schmidt-Universität - Universität der Bundeswehr Hamburg, Fächergruppe Volkswirtschaftslehre, Hamburg, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:705-opus-16985>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/23721>

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.

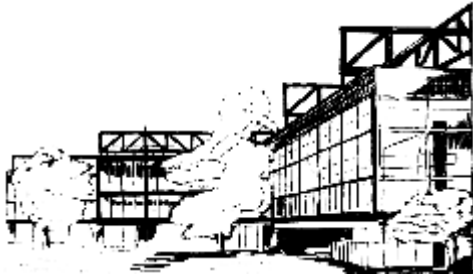
Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

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.



Helmut-Schmidt-Universität
Universität der Bundeswehr Hamburg
University of the Federal Armed Forces Hamburg

Fächergruppe Volkswirtschaftslehre
Department of Economics

Diskussionspapier Nr.
November 2007

72

Crowding-Out bei Überlast im Internet

Jörn Kruse

Crowding-Out bei Überlast im Internet

Jörn Kruse

Gliederung

- 1 Einleitung und Problemstellung
- 2 Überlastfolgen auf der Ebene der Datenpakete
- 3 Überlast und Qualitätsminderung
- 4 Overprovisioning, Optimale Kapazität und Investitionsanreize
- 5 Dienstespezifische Qualitätsminderung
- 6 Crowding-Out hochwertiger Dienste
- 7 Priority Pricing und Quality of Service
- 8 Fazit

Crowding-Out bei Überlast im Internet

Jörn Kruse

1 Einleitung und Problemstellung

Der Datenverkehr über das Internet nimmt stark zu. Einerseits steigt die Internet-Nutzung der Individuen mit Webbrowsing, e-mail etc. deutlich an. Andererseits kommen neue und großvolumige Dienste hinzu bzw. gewinnen quantitativ an Bedeutung, z.B. VoiP, Peer to-peer File Sharing, Online-Spiele, IP-TV und Video Streaming, etc. Die Internet-Protokolle (IP) und die Internet-Infrastruktur werden zukünftig zur universellen Kommunikations-Plattform werden (NGN), da die Dienste und Anwendungen im Laufe der Zeit mehr und mehr auf diese Plattform migriert werden.

Die zunehmende Nutzung führt temporär zu Überlastungen der Netzinfrastruktur. Dies steht im Folgenden im Mittelpunkt. Das Kernproblem besteht im Zusammenhang zwischen der Überlast durch insb. hochvolumige Dienste und der damit einhergehenden Qualitätsminderung für eine ganze Reihe von Diensten.

Die verschiedenen Dienste, die über das Internet realisiert werden, unterscheiden sich erheblich bezüglich Qualitätssensitivität, Datenrate und wirtschaftlichem Wert. Für „nicht-qualitätssensitive“ Dienste ist die Überlast weitgehend unproblematisch. Für „qualitätssensitive“ Dienste hat dies die Folgen zunehmender Qualitätsmängel, geringerer oder veränderter Marktentwicklung, geringerer Erlöse und ökonomischer Ineffizienz.

Einige Dienste mit hoher Datenrate (insb. Filesharing) machen einen erheblichen Teil des gesamten Internetverkehrs aus und sind entsprechend an der Entstehung von Überlast beteiligt. Dies wird gefördert durch die üblichen Flatrates der Endnutzer, deren Grenzkosten damit null sind und die somit nicht ihre volkswirtschaftlichen Kosten decken. Im Ergebnis werden einige hochwertige Dienste durch geringwertige Dienste eventuell ganz oder vollständig verdrängt (Crowding-Out). Das Internet hat gegenwärtig einige Ähnlichkeit mit der klassischen Allmende, die in der ökonomischen Literatur seit langer Zeit als Fall von Marktversagen diskutiert wird.

Ein weiteres Charakteristikum des Internet besteht darin, dass die Überlasten sehr kurzfristig auftreten und eine zeitkritische Rationierung erfordern. Eine adäquate Lösung besteht in einem Priority Pricing, das durch ein QoS-Konzept implementiert werden kann. Verschiedene Qualitätsklassen werden zu unterschiedlichen Preisen angeboten und von den qualitätssensitiven, hochwertigen Diensten genutzt. Für die anderen Dienste bleibt die bisherige Best Effort-Klasse erhalten.

In Abschnitt 2 wird zunächst die technische Grundproblematik kurz skizziert. Der Abschnitt 3 erklärt ökonomisch den Zusammenhang zwischen partieller Rivalität, Überlast und Qualitätsminderung. In Abschnitt 4 wird erörtert, ob es effizient wäre, die Überlast durch Overprovisioning der Kapazität zu vermeiden. Abschnitt 5 macht deutlich, dass die verschiedenen Dienste eine sehr unterschiedliche Qualitätssensitivität aufweisen. Abschnitt 6 zeigt, dass es zu einer ineffizienten Verdrängung (Crowding-Out) hochwertiger Dienste durch geringwertige Dienste kommen kann. Und der Abschnitt 7 zeigt die Lösungsperspektiven auf, nämlich das Priority Pricing und das Konzept des Quality of Service.

2 Überlastfolgen auf der Ebene der Datenpakete

Zum Transport über das Internet werden die Ursprungsdaten in kleinere Pakete zerteilt, die einzeln über das Netzwerk an den Empfänger geschickt werden. Die Pakete enthalten im Header die Informationen über den Zielort und die Position im Datenstrom und werden über verschiedene Router zum Empfänger geleitet und am Zielort wieder zusammengesetzt. Die Router fungieren als Vermittlungsstellen, die die Ziele der einzelnen Datenpakete aus den Headern auslesen und die geeigneten Wege zum Empfänger kennen. Diese Vorgänge werden von den TCPs (Transmission Control Protocols) und den IPs (Internet Protocols) gesteuert.¹

Bei einem hohen Datenaufkommen, das die Kapazität der Router bzw. die der abgehenden Übertragungswege übersteigt, entsteht ein Stau der Datenpakete an den Routern. Der gleiche Effekt ergibt sich, wenn einzelne Router oder Kabel aufgrund von Naturereignissen (z.B. Erdbeben) oder technischen Schäden (Bagger etc.) ausfallen und deren Leistungen durch andere Router und Übertragungswege zusätzlich bewältigt werden müssen.

Wenn die Zahl der ankommenden Datenpakete so stark ansteigt, dass der Router sie nicht sofort weiterleiten kann, kommt es zunächst zu einer Zwischenspeicherung in einem Puffer. Aus diesem werden die Pakete gegenwärtig nach dem Prinzip des FIFO (first-in-first-out) abgearbeitet, d.h. weitergeleitet. Es entsteht also eine Datenverzögerung (Delay).²

Wenn die Last noch größer wird (mehr Pakete ankommen), so dass der Puffer nicht ausreicht, kommt es zum Verlust von Datenpaketen (Packet Loss).³ Einige der Dienste, nämlich solche,

¹ Vgl. zu den technischen Aspekten MARCUS, J. Scott, (2006a), "Interconnection in an NGN Environment", ITU background paper, april 15, commissioned for the ITU New Initiatives Programme workshop on "What rules for IP-enabled Next Generation Networks?" held on 23-24 March 2006 at ITU Headquarters, Geneva. November 2006; MARCUS, J. Scott, (2006b), "Framework for Interconnection of IP-based Networks - Accounting Systems and Interconnection Regimes in the USA and the UK", a background paper prepared for the German Federal Network Agency's study group on a Framework for Interconnection of IP-Based Networks, 27 March 2006; HACKBARTH, Klaus D. und G. KULENKAMPFF (2006), Technische Aspekte der Zusammenschaltung in IP-basierten Netzen unter besonderer Berücksichtigung von VoIP", WIK, Studie für die Bundesnetzagentur, 26.7.2006

² Ein Delay (Verzögerung, Latenz) umfasst die Zeitspanne (gemessen in Millisekunden), die ein Datenpaket vom Sender zum Empfänger benötigt. Vgl. zu den Qualitätsparametern MUTH, Stefan E. (2005), Quality of Service (QoS) als Mittel zur Effizienz- und Umsatzsteigerung für Internet Service Provider, DA FH Giessen; BRENNER, Walter; M. DOUS; R. ZARNEKOW, J. KRUSE (2007), Qualität im Internet. Technische und wirtschaftliche Entwicklungsperspektiven, Studie, 75 Seiten, Universität St. Gallen, März 2007

³ Der Packet Loss bezeichnet die (relative) Anzahl der bei der Übertragung vom Sender zum Empfänger verloren gegangenen Datenpakete.

die als „elastisch“ bezeichnet werden, melden nicht angekommene Pakete an den Absender, so dass diese erneut gesendet werden und beim Empfänger „eingefügt“ werden können. Der einzelne Datenverlust wird quasi geheilt. Dazu gehören z.B. e-mail, Webbrowser, Filesharing etc. Andere („inelastische“) Dienste haben derartige „Nachsende-Mechanismen“ nicht, so dass nicht angekommene Pakete endgültig verloren sind. Dazu gehört z.B. IP-TV.

Da die einzelnen Datenpakete (gerade auch bei Überlast einiger Wege und Router) für den gleichen End-to-end-Strom teils unterschiedliche Wege nehmen, treffen die Pakete eventuell in anderen Abständen und Reihenfolgen an als derjenigen, in der sie abgesendet wurden. Dies wird als Jitter bezeichnet.⁴

Alle drei Effekte können zu Qualitätsverlusten führen. Allerdings ist dies zwischen den einzelnen Diensten sehr unterschiedlich, wie nachfolgend noch dargestellt wird.

3 Überlast und Qualitätsminderung

In ökonomischer Terminologie wird eine Qualitätsminderung durch Überlast (synonym: „Stau“) durch eine „partielle Rivalität“ verursacht. Die partielle Rivalität ist nämlich gerade dadurch definiert, dass die Bedienung eines weiteren Nutzers andere zwar nicht ausschließt, aber alle Nutzer beeinträchtigt, d.h. deren Nutzungsqualität mindert.

Dieses Phänomen kann theoretisch in Form einer „qualitätsangepassten Nachfragefunktion“ (Abb. 1) erfasst werden, wobei X die Menge der Datenpakete darstellt. Die „staufreie“ Nachfragefunktion $N^*(ZX_0)$ zeigt die Nachfrage bzw. die Zahlungsbereitschaft für die IP-Netznutzung (bzw Router-Nutzung). Hier wird angenommen, dass bis zur Menge X_3 Nichtrivalität besteht, das heisst, dass die Router alle Pakete ohne Verzögerung oder Verlust weiterleiten.⁵

⁴ Als Jitter (Latenzschwankungen) wird die Schwankung des Delays bezeichnet, gemessen als maximale Abweichung in Millisekunden.

⁵ Die Nachfragefunktion N^* (Strecke ZX_0) ist also diejenige für staufreie Nutzung. Das übliche Konstrukt der Nachfragefunktion, das die Zahlungsbereitschaft der Anwender (d.h. deren Wertschätzung) für die IP-Netz-Nutzung (Router-Nutzung) abbildet, kann man unabhängig davon verwenden, ob das Ausschlussprinzip mittels Preisen im konkreten Fall angewendet wird oder nicht. In unserem Fall ist (wg der Flatrate) der Preis für ein zusätzliches Datenpaket null. Vgl. hierzu Kruse, Jörn und U.E. Berger (1995), Stau Probleme und optimale Straßenkapazität, in: Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften Bd. 46, Heft 3, S. 295-305

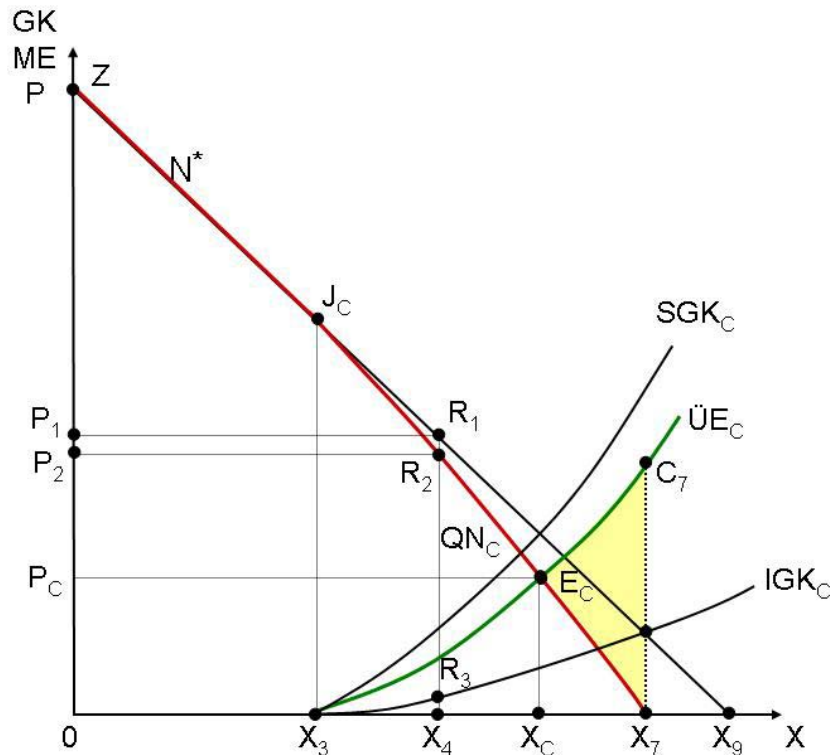


Abb. 1: Partielle Rivalität und Überlast-Ineffizienz im Internet

Ab X_3 entstehen aufgrund der Verzögerungen und/oder der Verluste auf der Datenpaketebene Qualitätsminderungen für die betroffenen Dienste. Z.B. sinkt bei der Menge X_4 die Zahlungsbereitschaft deshalb von P_1 auf P_2 (R_2 statt R_1). Das gleiche gilt entsprechend für alle Mengen jenseits von X_3 , so dass die qualitätsangepasste Nachfragefunktion QN_C insgesamt den Verlauf ZJ_CX_7 hat. Wegen des Preises von null wird also nicht mehr die Menge X_9 nachgefragt, sondern nur X_7 .

Die Differenzen (vertikalen Abstände) zwischen der überlastfreien Nachfragefunktion N^* und der qualitätsangepassten QN_C werden durch die Funktion der individuellen Staugrenzkosten IGK_C dargestellt.⁶

Die durch ein zusätzliches Datenpaket insgesamt entstehenden Beeinträchtigungen werden als aggregierte soziale Staugrenzkosten (=Überlastgrenzkosten) SGK aller Nutzer bezeichnet. Die Differenzen zwischen dieser und der IGK_C sind die Auswirkungen auf andere Nutzer. Jedes zusätzliche Datenpaket verursacht ab X_3 auch für alle anderen Nutzer eine geringere Qualität, das heisst Nutzenminderungen für diese. Solche Effekte auf andere gehen jedoch

⁶ Die individuellen Staugrenzkosten sind definiert als die monetär bewertete Differenz zwischen der staufreien und der aktuellen Nutzungsqualität. Z.B. bezeichnet die monetär bewertete Nutzeneinbuße R_1R_2 , die bei der Menge X_4 entsteht, die Kosten in Höhe X_4R_3 . Um individuelle Grenzkosten handelt es sich aus der Sicht des einzelnen Nutzers. Es sind die für ihn relevanten Qualitätsminderungen bei der Entscheidung, ein weiteres Datenpaket zu senden oder nicht.

nicht in die individuellen Nutzungsentscheidungen ein, das heisst, es handelt es sich um negative externe Effekte, die als Überlastexternalitäten ($\ddot{U}E_C$) bezeichnet werden.⁷

Die wohlfahrtsoptimale (volkswirtschaftlich effiziente) Datenmenge wird dann durch den Schnittpunkt E_C der qualitätsangepassten Nachfragefunktion QN_C mit der Funktion der marginalen Überlastexternalitäten ($\ddot{U}E_C$) bestimmt, das heisst die effiziente Menge ist X_C .⁸ Die tatsächliche Menge ist jedoch wegen der Gratisnutzung X_7 , so dass sich dort ein Wohlfahrtsverlust im Umfang des Dreiecks $E_C X_7 C_7$ einstellt. Wegen der Überlastexternalitäten handelt es sich hier um ein Marktversagen, das eine allokativen Ineffizienz zur Folge hat.

Unter den angenommenen Bedingungen ist dieses Problem (in erster Näherung)⁹ durch einen Nutzungspreis P_C (in Höhe der dortigen marginalen Externalitäten) zu lösen. Bei diesem Preis und der relevanten Nachfragefunktion QN_C stellt sich die optimale Menge X_C ein. Der Preis P_C pro Datenpaket reflektiert die überlast-bedingten Opportunitätskosten (Qualitätsminderung) und differenziert (und rationiert) grundsätzlich in effizienter Weise zwischen hochwertigen und minderwertigen Diensten. Eine theoretisch denkbare quantitative Rationierung auf die Menge X_C (z.B. durch eine Quotierung) ist beim Internet weder praktikabel noch effizient (siehe Abschnitt 7)

4 Overprovisioning und optimale Kapazität

In längerfristiger Betrachtung könnte man grundsätzlich die allermeisten Überlastprobleme vermeiden, wenn entsprechende Investitionen in die Kapazitäten der Router und Übertragungswege getätigt würden. Dies wird als Overprovisioning bezeichnet.

Die Kapazität wird hier definiert als maximale Verarbeitungsmöglichkeit für diejenige Datenmenge pro Periode (d.h. für einen sehr-kurzen Zeitslot), die überlastfrei, das heisst insbesondere ohne Verzögerung oder Datenverlust, abgewickelt werden kann.

Im Extremfall könnte man in Erwägung ziehen, grundsätzlich so große Kapazitäten vorzuhalten, dass immer (d.h. auch bei sehr-kurzfristigen Spitzenlasten) alle Datenpakete sofort weitergeleitet werden können. Ein solches Overprovisioning der Kapazitäten auf eine potentielle maximale Spitzenlast erfordert hohe Reservekapazitäten und verursacht entsprechend hohe Kosten für die Netzbetreiber.¹⁰ Dies wirft erstens die Frage auf, ob solche Kapazitäten volkswirtschaftlich effizient sind, und zweitens, ob die Netzbetreiber überhaupt entsprechende wirtschaftliche Anreize für die entsprechenden Investitionen haben.

⁷ Die Funktion der marginalen Überlastexternalitäten ($\ddot{U}E_C$) wird also graphisch durch die vertikalen Differenzen zwischen den Kurven der sozialen (SGK_C) und der individuellen (IGK_C) Staugrenzkosten abgebildet.

⁸ Hier entspricht der Nutzen eines zusätzlichen Datenpakets den zusätzlichen Kosten (in Form von Qualitätsminderungen für andere), die es verursacht.

⁹ Diese Einschränkung weist darauf hin, dass das Problem bis hierher noch nicht differenziert genug entwickelt wurde, was erst in den nächsten Abschnitten erfolgt.

¹⁰ In der Darstellung der Abb. 1 bedeutet Overprovisioning, durch Kapazitätserweiterung den Punkt, von dem ab in einer potentiellen Nachfragespitze Überlast auftreten kann, von X_3 nach X_9 zu verschieben. Dennoch können auch dort aufgrund von kapazitätsinduzierter Überlast (unerwartete Netzausfälle aufgrund von Katastrophen) Engpässe und Qualitätsminderungen auftreten.

Welche Kapazität ist unter Berücksichtigung von überlast-induzierten Qualitäts- und Nutzenminderungen volkswirtschaftlich optimal? Der Umfang der potentiell auftretenden Überlastfolgen ist von der Kapazität der Internet-Infrastruktur abhängig. Je kleiner diese ist, desto eher wird es in Spitzenzeiten zu Beeinträchtigungen kommen und desto stärker werden diese für eine gegebene Datenmenge sein.

In Abb. 2, die auf Abb. 1 aufbaut, ist für eine relativ kleine Kapazität Y_1 angenommen, dass Überlast bereits ab X_1 auftritt. Es gilt die qualitätsangepaßte Nachfragefunktion QN_B (ZJ_BX_6) und die Überlastexternalitätenkurve $\ddot{U}E_B$. Es ergibt sich hier der kurzfristige „Optimalpunkt“ E_B mit der Menge X_B , das heißt, die kurzfristig optimale Nutzungsmenge ist geringer und die Qualität schlechter als in der vorher erörterten Situation (QN_C und $\ddot{U}E_C$). Der Gesamtnutzen entspricht hier der Fläche $ZOX_1E_BJ_B$ und ist somit um die schattierte Fläche $J_BE_BX_1X_3E_CJ_C$ kleiner als dort.

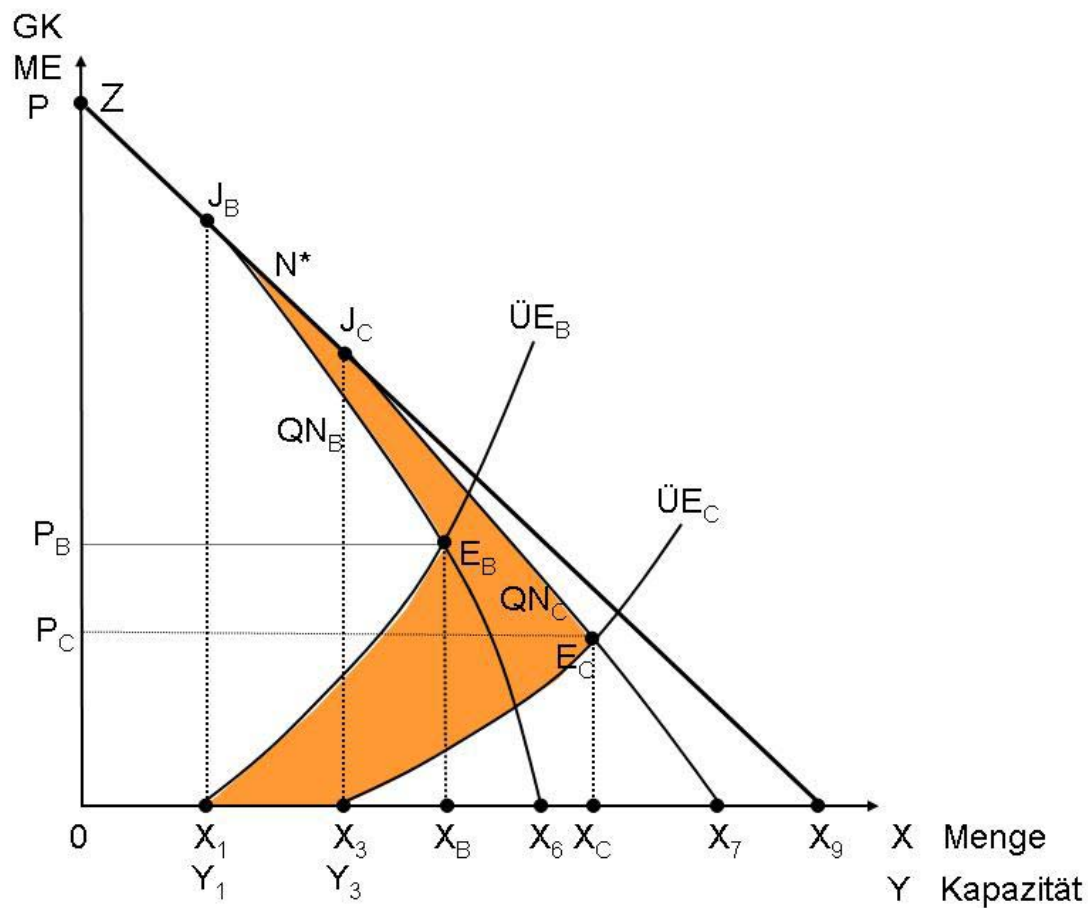


Abb. 2 : Überlasteffekte bei variabler Kapazität

Entsprechend kann für jede Kapazität Y ein bestimmter langfristiger Totalnutzen $LN(Y)$ ermittelt und in Abb. 3 übertragen werden. Zunächst steigt mit wachsender Kapazität der Nutzen. Dies drückt sich darin aus, dass für die betroffenen Datenmengen weniger Überlast auftritt und somit die Nutzungsqualität für viele Dienste steigt.

Die Kurve $LN(Y)$ des Zusammenhangs zwischen der Kapazität und dem Gesamtnutzen erreicht dann (zum ersten Mal) ihr Maximum, wenn bei der relevanten Nachfragefunktion N^* keinerlei Überlast mehr auftritt, das heisst durchgängig (bis zur Datenmenge X_9 in Abb. 2) Nichttrivalität herrscht.¹¹ Der Nutzen $LN(Y_M)$ in Abb. 3 entspricht der Fläche $0X_9Z$ in Abb. 2. Bei weiterer Kapazitätserhöhung bleibt LN konstant.

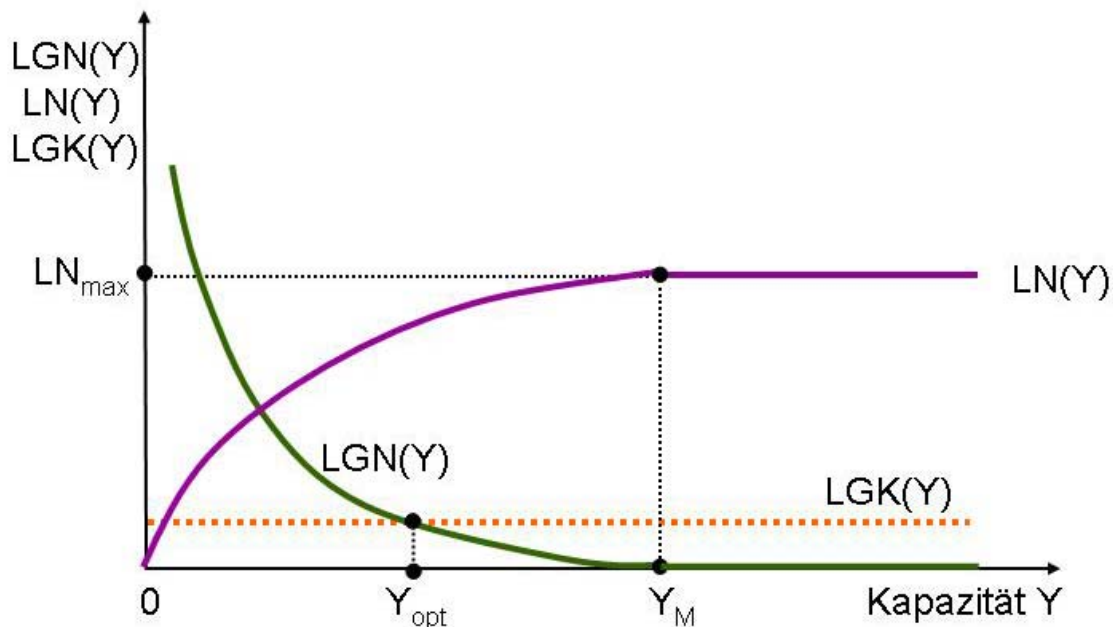


Abb. 3: Optimale Internet-Kapazität

Die Ableitung der Nutzenfunktion $LN(Y)$ nach der Kapazität ergibt die langfristige Grenznutzenkurve $LGN(Y)$. Sie zeigt also den zusätzlichen Nutzen einer weiteren Kapazitätseinheit. Dieser ist positiv (wenngleich fallend) bis Y_M und ab dort null.

Diesem Nutzenzuwachs steht bei einer Kapazitätserweiterung eine Erhöhung der Kapazitäts- und Betriebskosten weiterer Router und Übertragungswege gegenüber. Die langfristigen Grenzkosten $LGK(Y)$ einer zusätzlichen Kapazitätseinheit werden hier (ohne dass es darauf ankäme) vereinfachend als konstant angenommen, so dass ihre Kurve einen waagerechten Verlauf hat.

Der Schnittpunkt der Grenznutzenkurve $LGN(Y)$ mit der Kurve der langfristigen Grenzkosten $LGK(Y)$ bestimmt die optimale Kapazität Y_{opt} . Bis zu diesem Punkt sind die Kosten einer weiteren Kapazitätseinheit geringer als der zusätzliche Nutzen. Rechts davon ist der zusätzliche Ressourcenverzehr höher als der zusätzliche Nutzen.

Da man davon ausgehen kann, dass die Kapazitätserweiterungskosten (d.h. die Summe aller Kosten, die mit der Kapazitätserhöhung verbunden sind) durchgängig positiv sind, ist die

¹¹ Dabei ist hier zur Vereinfachung unterstellt, dass die Nachfragefunktion N^* (mit Sättigungsmenge X_9) die maximal mögliche Nachfrage repräsentiert.

volkswirtschaftlich optimale Kapazität generell kleiner als diejenige, die zum Nutzenmaximum für die Infrastrukturnutzer, d.h. zu völliger Überlastfreiheit, führt.

Im Wohlfahrtsoptimum gilt also, dass keine generelle Überlastfreiheit gegeben ist, sondern auch dort grundsätzlich (in der Regel nur zu Spitzenzeiten, z.B. bei Netzausfällen und bei Nachfragespitzen) Nutzungsrivalitäten und Überlastexternalitäten bestehen.

Bei normalen ökonomischen Kalkülen in effizienten wirtschaftlichen Gleichgewichtssituationen haben die einzelnen Netzbetreiber wirtschaftliche Anreize, in zusätzliche Kapazitäten zu investieren, wenn die absehbare Kapazität kleiner als Y_{opt} ist. Jenseits von Y_{opt} bestehen derartige Anreize in der Regel nicht mehr, da die Investitionsaufwendungen nicht amortisiert werden können.

5 Dienstespezifische Qualitätsminderungen

Betrachten wir die Dienste, die über das Internet realisiert werden, bezüglich dreier Dimensionen, und zwar (a) Qualitätssensitivität, (b) Datenrate und (c) wirtschaftlicher Wert.

(a) Die Folgen der Überlast sind je nach betrachtetem Dienst sehr unterschiedlich.¹² Während der Delay für die Qualität gängiger Internet-Dienste, wie z.B. Webseitenabruf oder E-Mails, in der Praxis keine Rolle spielt, hat der Delay bei zeitkritischen Diensten einen massgeblichen Einfluss auf die Dienstqualität. Zu diesen zählen insbesondere interaktive Dienste (Voice over IP d.h. Internettelefonie, Videospiele etc.). Bei Voice-over-IP gelten Verzögerungen bis zu ca. 150 Millisekunden als akzeptabel, darüber hinaus nicht mehr. Bei Online-Spielen führt bereits ein Delay von 50-100 ms zu Qualitätseinbussen, höhere Werte stören den Spielfluss gravierend, so dass der Dienst praktisch nicht mehr nutzbar ist.

Ein hoher Wert für Jitter führt bei zeitkritischen Diensten, wie z. B. Voice-over-IP oder Videoübertragung, zu einer deutlichen Beeinträchtigung der Servicequalität. Nur wenig oder gar nicht bemerkbar sind die Folgen derartiger „Unregelmäßigkeiten“ des Pakettransports z.B. bei Filesharing, E-mails oder Webbrowsing.

Ähnliches gilt für Packet Loss. Während elastische Internet-Dienste (z.B. Filesharing, E-mails, Webbrowsing) einen Paketverlust erkennen und durch das erneute Versenden des Datenpaketes heilen können, besteht bei interaktiven, zeitkritischen Anwendungen (z.B. VoIP, Videotelefonie, Onlinespiele) diese Möglichkeit nicht. Sprach- und Videodienste können Packet Loss nur teilweise kompensieren. Darüberhinaus führt es zu Bild- und Tonstörungen auswirkt, die schnell ein für fernseh-gewöhnte Zuschauer intolerables Niveau annehmen können.

In der Regel werden Folgen wie Delay, Jitter und Packet Loss nur gelegentlich auftreten, das heisst nur in einem bestimmten Prozentsatz der Zeit. Die Häufigkeit des Auftretens akuter

¹² Vgl. BRENNER, Walter; M. DOUS; R. ZARNEKOW, J. KRUSE (2007), Qualität im Internet. Technische und wirtschaftliche Entwicklungsperspektiven, Studie, 75 Seiten, Universität St. Gallen, März 2007.

Qualitätsmängel bestimmt die durchschnittliche Qualität (d.h. die erwartete Qualität) und hat dienstespezifische Folgen für die Akzeptanz beim Publikum.¹³

Folglich sind die überlast-bedingten Qualitätsverluste bei den einzelnen Diensten sehr unterschiedlich, sofern überhaupt vorhanden. Für „nicht-qualitätssensitive“ Dienste (wie Filesharing, E-mails etc) ist die Überlast unproblematisch. Für „qualitätssensitive“ Dienste hat sie Konsequenzen mehr oder minder gravierender Qualitätsmängel, geringerer oder veränderter Marktentwicklung, ökonomischer Ineffizienz und Wachstumsnachteilen für die Volkswirtschaft.

Die Qualitätssensitivität einzelner Dienste ist auf der Ordinate der Abb 4 schematisch abgetragen. Insbesondere interaktive Dienste werden besonders stark von einer überlast-verursachten Qualitätsminderung beeinträchtigt. Dienste wie z.B. Filesharing, e-mail, Webbrowsing sind nur wenig von den negativen Folgen von Überlast betroffen.

(b) Gleichzeitig haben die diversen Dienste sehr unterschiedliche Datenraten (Zahl der Pakete pro Zeiteinheit) bzw. Verkehrsvolumina (Abszisse der Abb. 4). Das heisst, die einzelnen Dienste belasten nicht nur die IP-Netze im „Normalbetrieb“ sehr unterschiedlich stark, sondern vor allem auch zu Überlast-Zeiten. D.h. auch, dass bestimmte Dienste besonders stark an der Qualitätsminderung für alle Dienste beteiligt sind.

Zu diesen gehören insbesondere Downloads, vor allem solche über Filesharing-Plattformen.¹⁴ Die Inhalte bestehen vor allem aus Videos, Musik und Software.¹⁵ Derartige P2P-Plattformen und Downloads sind für einen großen Teil der Netzbelastung „verantwortlich“. Für Deutschland wird geschätzt, dass nachts ca 70% des Internetverkehrs daraus besteht und tagsüber immerhin noch ca 30%.¹⁶

Die Abb. 4 zeigt insbesondere, dass solche hochvolumigen Dienste, die in besonderem Maße Qualitätsminderungen (und damit auch Erlösminderungen) für andere Dienste erzeugen (wie Filesharing), ihrerseits nur wenig oder gar nicht von den negativen Folgen der Überlast betroffen sind.

¹³ Z.B. werden Internet Dienste, die mit der klassischen und technisch nahezu perfekten Fernseh-Distribution über Kabel und Satelliten konkurrieren (wie IPTV oder VoD) ebenfalls durchgängig hohe Qualität liefern müssen, um Akzeptanz zu finden.

¹⁴ Dies wird im Folgenden nach dem üblichen Sprachgebrauch pauschal als „Filesharing“ (FS) (obwohl das Wording eigentlich nicht passend ist) oder als Peer-to-Peer (P2P) bezeichnet. Zu diesen gehören insbesondere (häufig großvolumige) Downloads und Uploads von Videos, Musik und Software. Dass die Inhalte überwiegend illegal (fehlende Copyrights) sind, soll hier nur am Rande erwähnt werden.

¹⁵ In Deutschland sind dies insbesondere BitTorrent und eDonkey, die ca 95% des P2P-Verkehrs ausmachen. Vgl. Ipoque (2006), P2P-Studie – Kurzfassung, erhältlich: info@ipoque.com

¹⁶ Die jährlichen Wachstumsraten solcher Dienste sind weiterhin beträchtlich. Dies ist aus ökonomischer Sicht nicht überraschend, da die Grenzkosten der Nutzer wegen der Flatrates null sind.

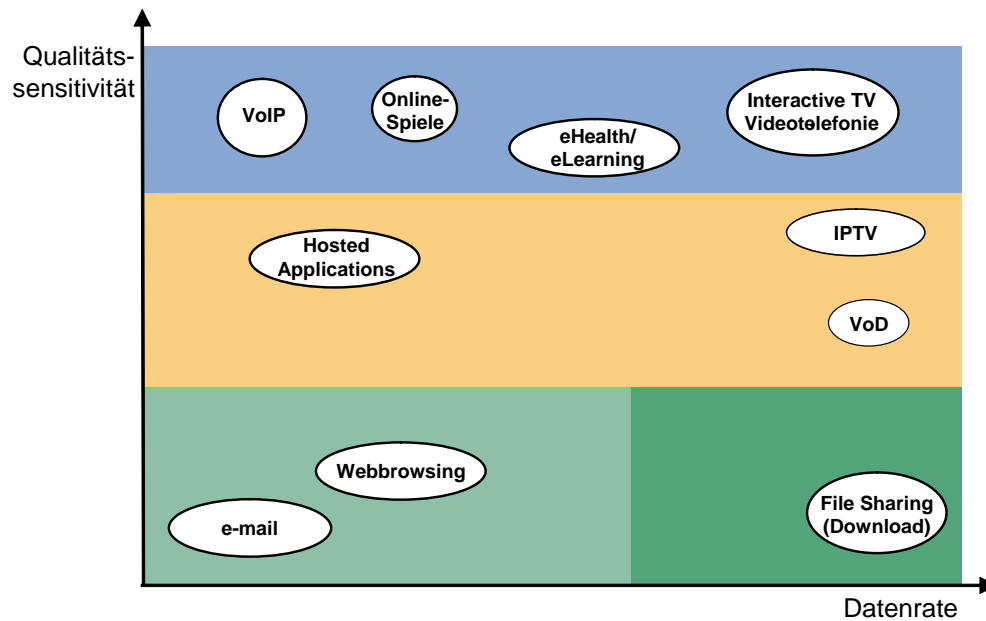


Abb. 4: Qualitätssensitivität und Datenrate verschiedener Dienste

(c) Die einzelnen Dienste unterscheiden sich außerdem bezüglich des wirtschaftlichen Wertes, den der Transport eines Datenpaketes durchschnittlich hat. Der wirtschaftliche Wert kann an der Zahlungsbereitschaft der Kunden bzw. am Erlöspotential der Anbieter oder an der Konsumentenrente gemessen werden.¹⁷ Viele Businessanwendungen sind z.B. in diesem Sinne hochwertige Dienste, während z.B. die Filesharing-Plattformen in der Regel geringwertige Dienste produzieren.

6 Crowding-Out hochwertiger Dienste

In Abb. 5 zeigt die Menge X die Verkehrslast im Internet, d.h. nicht dienstespezifisch.¹⁸ Es wird angenommen, dass bei der gegebenen Kapazität ab der Menge X_S Überlast auftritt.¹⁹ Die Ordinate repräsentiert die dienstespezifischen, durchschnittlichen Zahlungsbereitschaften (Zab_i) der Kunden, wobei die Zahlungsbereitschaft für jeden einzelnen Dienst D_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) bei Staufreiheit (also ohne Überlast) gleich 100 gesetzt wird.

¹⁷ Der „Wert des Dienstes“ wird gemessen an (1) der Zahlungsbereitschaft der Kunden, bzw/oder (2) an $W = KR + PR$. Hier erfolgt zur Vereinfachung eine Beschränkung auf $W = KR$, mit der Annahme $PR = 0$.

¹⁸ Wenn man die qualitätsangepasste Nachfragefunktion QN_i (vgl. Abb. 1) für einzelne Dienste separat erfassen könnte, würden sich sehr unterschiedliche Differenzen zur staufreien Nachfragefunktion ergeben. Bei einigen fallen beide Funktionen zusammen (z.B. Filesharing), bei anderen (z.B. interaktive Dienste wie VoIP) würde die qualitätsangepasste Nachfragefunktion QN_i sehr steil abfallen.

¹⁹ Wenn wir davon ausgehen, dass die durchschnittliche Verkehrsmenge im Zeitablauf wächst, kann die Abszisse auch als Zeitachse interpretiert werden. Hier erfolgt zur Vereinfachung eine Beschränkung auf eine Menge X_Z , die im Betrachtungszeitraum als maximal gelten kann.

Wenn ab der Menge X_S im Internet Überlast entsteht, werden die einzelnen Dienste mehr oder minder stark in ihrer Qualität reduziert. Die Kurven D_i ($i=1,2,3,\dots$) zeigen die Minderung der „wirtschaftlichen Dienste-Qualität“, die sich darin ausdrückt, dass die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft der Kunden absinkt, und zwar jeweils in Relation zu der Zahlungsbereitschaft für diese Dienste bei überlast-freier Qualität. D_3 zeigt einen Dienst mit starken Qualitätsminderungen bei Überlast (z.B. VoIP, interaktives Fernsehen etc), während der Dienst D_1 (z.B. File-Sharing, Downloads) im relevanten Bereich praktisch keine überlast-bedingte Qualitätsminderungen aufweist.

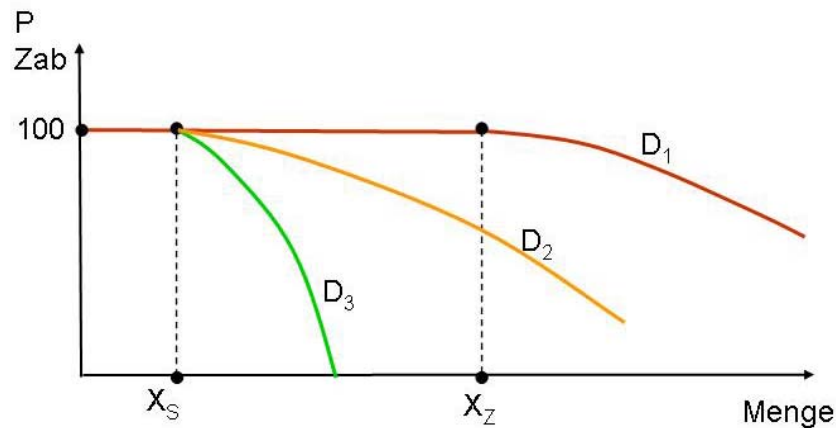


Abb. 5: Qualitätsminderung von Diensten bei zunehmender Verkehrslast im Internet

Zur Veranschaulichung der ökonomischen Auswirkungen stellen wir dazu im folgenden zwei Dienste (D_1 und D_3), die das Phänomen des Crowding-Out repräsentieren, etwas prononciert direkt gegenüber. Die beiden Dienste D_1 und D_3 nutzen die gemeinsame Ressource „Internet-Kapazität“. Bezüglich der Internetverkehrskapazität besteht also Rivalität zwischen beiden Diensten.

Dienst	überlast-bedingte Qualitäts-minderungen	Datenrate	Wert des Dienstes	Beispiele
D_1	keine	hoch	gering	File-Sharing, P2P-Downloads
D_3	hoch	hoch oder gering	hoch	interaktive Dienste (VoIP, IP-TV)

Abb. 6 Rivalität zwischen zwei Diensten

Außerdem wird unterstellt, dass D_3 ein hochwertiger Dienst ist, was sich in der Zahlungsbereitschaft der Nutzer bzw. in der Konsumentenrente widerspiegelt. Im Gegensatz dazu ist D_1 ein geringwertiger Dienst. Die für die Analyse relevanten Eigenschaften sind in Abb. 6 zusammengefasst.

Betrachten wir in der Abb. 7 die Nachfragefunktionen N_{11} für D_1 in der Ausgangssituation t_1 . Nehmen wir an, es handelt sich um eine werbefinanzierte Plattform, die ihren Nutzern gratis Filesharing und Downloads ermöglicht. Da dieser Dienst gratis ist, also den Preis 0 hat, bestimmt die Sättigungsmenge X_1 die Zahl der Datenpakete, die von der Internet-Infrastruktur abgewickelt werden muss. Dann ist die Konsumentenrente für die Nutzer durch das Dreieck $0X_1Z$ repräsentiert (im Zahlenbeispiel also $KR=100*4/2=200$).

Außerdem ist die Nachfragefunktion N_W der Werbetreibenden einzubeziehen. Diese hat in Abb. 7 bei der Menge X_1 einen Werbekontaktpreis $P_W=1$.²⁰ Dies generiert für die Plattform einen Werbeerlös von $E_W = X_1 * P_W$. (hier $E=100*1$).²¹ Es entsteht für die Werbetreibenden eine Konsumentenrente von $W_1W_2Y_1$ (im Zahlenbeispiel also $KR_{W1}=100/2*(2-1)=50$).

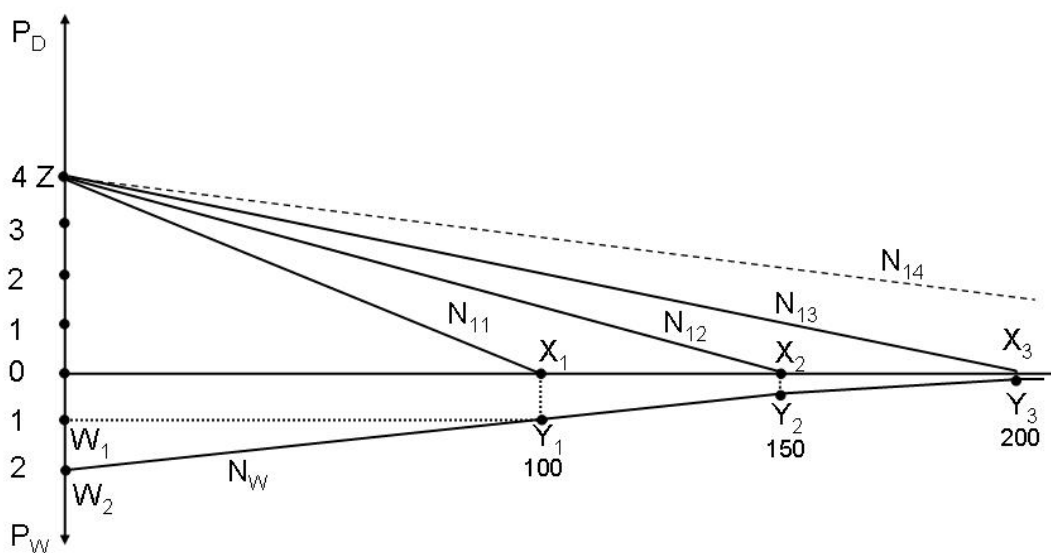


Abb. 7: Nicht-qualitätssensitiver, minderwertiger Dienst D_1

Für den nachfolgenden Vergleich genügt es, zur Vereinfachung den volkswirtschaftlichen Wert V_{11} des Dienstes durch die Summe der Produzentenrenten und Konsumentenrenten auf

²⁰ Der Werbekontaktpreis ist hier definiert als Werbeerlös pro Datenpaket.

²¹ Nehmen wir an, dass dies gerade ausreicht, die Kosten der Plattform zu decken. Die Kosten der Plattform sind dann also 100 ($W_1Y_1X_10$).

beiden Märkten zu repräsentieren,²² das heisst durch die Fläche $W_2Y_1X_1Z$ (hier also $4 \cdot 100/2 + 100 \cdot 1 + 100 \cdot 1/2 = 350$).

In der Abb. 8 ist für einen hochwertigen, qualitätssensitiven Dienst D_3 die Nachfragefunktion N_{31} dargestellt.²³ Nehmen wir an, dass zum Zeitpunkt t_1 genügend Internet-Kapazität vorhanden ist, so dass keine aktuelle Rivalität zwischen den beiden Diensten besteht. Somit stellt N_{31} auch die überlastfreie (staufreie) Nachfragefunktion N_3^* dar, und die Sättigungsmenge ist M_1 (100).²⁴ Der volkswirtschaftliche Wert VB_{31} des Dienstes entspricht dann der Fläche OMZ (hier also $100 \cdot 100/2 = 5000$).

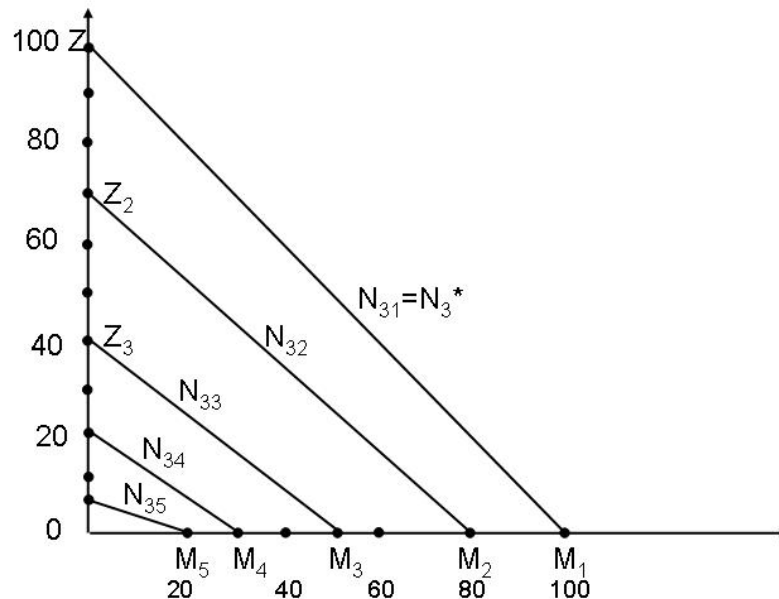


Abb. 8: Qualitätssensitiver, hochwertiger Dienst D_3

Nehmen wir jetzt an, dass sich bis zum Zeitpunkt t_2 die Nachfrage des Dienstes D_1 auf N_{12} erhöht, so dass die Sättigungsmenge von X_1 auf X_2 (150) ansteigt. Dadurch erhöht sich die Nutzer-Konsumentenrente auf $0X_2Z$. (also $150 \cdot 4/2 = 300$). Nehmen wir an, dass der Werbekontaktpreis auf $P_{W2} = 0,8$ sinkt.²⁵ Die Werbeerlöse sind dann $W_1Y_1Y_2X_20$

²² Hiervon müssten noch die Kosten der Plattform ($W_1Y_1X_10$) abgezogen werden, was hier aber zur Vereinfachung außer Betracht gelassen wird.

²³ Die Hochwertigkeit von D_3 (im Vergleich zu D_1) wird hier schon durch die quantitativ andere Ordinatenkala zum Ausdruck gebracht.

²⁴ Die Sättigungsmenge M_1 wäre nur für den Fall relevant, dass auch dieser Dienst den Nutzern gratis zur Verfügung gestellt wird, was jedoch in der Regel nicht der Fall sein dürfte. In der Praxis können wir davon ausgehen, dass sich je nach Kosten- und Wettbewerbssituation Preise oberhalb von null bilden und entsprechende Erlöse erzielt werden. Dies ist hier jedoch zur Vereinfachung der Analyse außer Betracht gelassen worden.

²⁵ Hinter dieser Annahme steht folgende Vorstellung von der Kombination dreier verschiedener Gründe, warum die Datenmenge steigen könnte: (1) Falls die Mengenerhöhung auf zusätzlichen Nutzern beruhte,

($150 \cdot 0,7 = 105$). Die Werbe-Konsumentenrente ist 95.²⁶ Der volkswirtschaftliche Wert V_{12} entspricht jetzt der Fläche $W_2Y_1Y_2X_2Z$ (hier also $300 + 105 + 95 = 500$).

Angenommen, dass durch die Menge X_2 von D_1 in der Internet-Infrastruktur eine Überlast und damit partielle Rivalität zwischen den beiden Diensten entsteht, die die Folge hat, dass der qualitätssensitive Dienst D_3 in der Abb. 8 Qualitätsminderungen zeigt. Es gilt dann die neue (qualitätsangepasste) Nachfragefunktion N_{32} mit der Sättigungsmenge $M_2 (=80)$. Der volkswirtschaftliche Wert ist jetzt $0M_2Z_2$ ($80 \cdot 70/2 = 2800$).

Das heisst, bei der Aggregation der Effekte auf beiden Märkten findet von t_1 zu t_2 bezüglich des volkswirtschaftlichen Wertes bei D_1 ein Zuwachs von $500 - 350 = 150$ und bei D_3 ein Rückgang von $5000 - 2800 = 2200$ statt, also insgesamt eine Minderung des volkswirtschaftlichen Wertes von $2200 - 150 = 2050$.

Angenommen, die D_1 -Menge nimmt weiter zu, so dass sich die Nachfragefunktion zunächst bis N_{13} und dann weiter nach rechts verschiebt. Dies hat zur Folge, dass sich die Überlastsituationen immer häufiger und stärker einstellen und damit die Qualitätsminderungen bei D_3 immer stärker zu Tage treten. Damit verschieben sich die D_3 -Nachfragefunktionen in der Abb. 8 in der Folge immer weiter nach links unten ($N_{32} \rightarrow N_{33} \rightarrow N_{34} \rightarrow N_{35} \rightarrow \dots$).²⁷

Im Ergebnis wird also der hochwertige Dienst durch den geringwertigen Dienst eventuell vollständig verdrängt (Crowding-Out).

7 Priority Pricing und Quality of Service

Wie bereits oben (Abschnitt 3) deutlich wurde, besteht eine wesentliche Ursache der genannten Probleme in den Flatrates, die die ISPs den Endkunden anbieten. Diese führen dazu, dass für die Endnutzer die Grenzkosten weiteren Datenverkehrs null sind,²⁸ und sie insofern keine Veranlassung haben, die Opportunitätskosten ihres Konsums (Überlast und Qualitätsminderung) zu berücksichtigen.

Die naheliegende ökonomische Folgerung ist die Ersetzung von Flatrates durch volumenbasierte Tarife. Insoweit ist für die Situation der Abb. 1 der effiziente Preis P_0 . Dieser würde das aufgrund der partiellen Rivalität bestehende Knappheitsproblem volkswirtschaftlich optimal lösen. Für das bisher beschriebene Internet-Problem bedeutet eine

wäre es plausibel, für diese Gruppe von konstanten Werbekontaktpreisen auszugehen, so dass die Werbeerlöse mit der Nutzerzahl steigen. (2) Wenn die bisherigen Nutzer mehr downloaden als bisher, dürfte der Werbekontaktpreis fallen, die absoluten Werbeerlöse aber noch etwas zunehmen. (3) Soweit sich jedoch nur die Datenrate erhöht, werden die Werbeerlöse vermutlich nicht wachsen, der Werbekontaktpreis pro Datenpaket jedoch deutlich fallen. Hier wird unterstellt, dass alle drei Effekte eintreten können, das quantitative Schwergewicht jedoch auf Letzterem liegt.

²⁶ Dies errechnet sich aus $(2 - 0,7 + 1 - 0,7)/2 \cdot 100 = 80$ für die Datenmenge bis 100 und $(1 - 0,7) \cdot 50 = 15$ für die Datenmenge von 100 bis 150.

²⁷ Entsprechend verändern sich die Sättigungsmengen X_9 über X_8 nach X_7 und X_6 und X_5 und letztlich bis auf Null.

²⁸ Die Zusammenhänge zwischen den Flatrates der Endkunden und der Kostenstruktur der ISPs bezüglich ihrer Peering-Abkommen und der IP-Transit-Preise bleiben hier aus Vereinfachungsgründen außer Betracht.

derartige Preissetzung grundsätzlich eine Effizienzverbesserung gegenüber einer Flatrate und weist somit in die richtige Richtung.

Für das „reale“ Internet ist eine solche Preissetzung allerdings noch nicht optimal, da das spezifische Überlastproblem bis hierher noch nicht hinreichend differenziert dargelegt wurde. Tatsächlich verharmlost eine Lösung in Form eines Preises P_0 das Problem, und zwar aus mindestens zwei Gründen, erstens wegen der zeitlichen Lastschwankungen und der mangelnden Prognostizierbarkeit der Überlast und zweitens, weil die relevanten Zeitslots häufig „sehr-kurz“ sind und eine zeitkritische Rationierung erfordern.

(1) Da der ökonomisch optimale Preis von der jeweiligen Lastsituation abhängt, müsste er für jede Nachfrage- und Grenzkostenfunktion anders sein. Das heisst, dass nur eine Spitzenlast-Preisstruktur in Betracht käme. Wenn für eine relevante Zeitspanne im voraus die qualitätsangepasste Nachfragefunktion und die Überlastexternalitätenfunktion prognostizierbar wäre, könnte man (jedenfalls theoretisch) die zukünftig jeweils optimalen Preise ermitteln (Spitzenlastpreise) und an alle relevanten Nutzer kommunizieren, da sie nur dann lenkungsrelevant wären.

Eine solche Spitzenlastpreisstruktur hätte vermutlich zur überwiegenden Zahl aller Zeitpunkte einen Preis von null, da meistens keine Engpässe bestehen, und nur zu bestimmten Überlastzeiten positive Preise.²⁹

Eine solche Annahme der hinreichenden quantitativen Prognostizierbarkeit ist jedoch völlig unrealistisch. Auch wenn sich inzwischen das Grobmuster der zeitlichen Internet-Nutzung tendenziell derjenigen des Fernsehens (Prime time am Abend) annähert, sind dennoch Überlast-Situationen im Internet häufig stochastischer Art und nicht prognostizierbar. Dazu gehört auch das potentielle Auftreten angebotsinduzierter Überlast, das heisst wenn durch den temporären Ausfall einiger Router oder Übertragswege die Kapazität reduziert wird.

(2) Noch gravierender ist die Tatsache, dass die relevanten Zeitslots häufig sehr-kurz sind und eine zeitkritischer Rationierung erfordern. Von „sehr-kurzen“ Zeitslots wird hier gesprochen, wenn die relevanten Zeiträume nur wenige Sekunden oder Millisekunden betragen.

Im Internet sind die temporären Überlastphasen häufig sehr-kurz. Das heisst, sie bestehen zum Teil nur für wenige Sekunden oder Millisekunden, während danach wieder Router- bzw. Übertragungswege-Kapazitäten etc. verfügbar sind. Die damit eventuell verbundenen Effekte von Delay, Jitter und Packet-Loss verursachen bei einigen Diensten bereits spürbare Qualitätsminderungen. Bei anderen Diensten sind solche kurzfristigen Überlast-Situationen problemlos verkraftbar.³⁰

²⁹ Der optimale Preis gilt jeweils nur für eine bestimmte Überlastsituation, die im Internet in der Regel nur recht kurzfristig bestehen. Wäre die Nachfragemenge X_1 geringer ($X_1 < X_3$), wäre der optimale Preis gleich 0. Dies gilt für die Router des Internets für die meisten Zeitpunkte. Wäre die Nachfragefunktion noch weiter rechts oben (als N^*), wäre der kurzfristig optimale Preis entsprechend höher. Die Gesamterlöse des Netzes, die gleich der Gesamtheit der zugehörigen Ausgaben der Internetnutzer sind, setzen sich zusammen aus der Summe der Erlöse der einzelnen Zeitslots t_j (hier Sekunden bzw. Millisekunden) über eine längere Periode. Dabei können wir davon ausgehen, dass für die meisten Slots $P_j = 0$ gilt.

³⁰ Dies gilt insbesondere bei elastischen Diensten (Email, Webbrowsing), Video-on-Demand und Fernsehen mit einigen Sekunden Zeitpuffer (Verzögerung), und vor allem Filesharing, Downloads etc. Vgl. hierzu Abschnitt 5 und BRENNER, Walter; M. DOUS; R. ZARNEKOW, J. KRUSE (2007), Qualität im Internet. Technische und wirtschaftliche Entwicklungsperspektiven, Studie, 75 Seiten, Universität St. Gallen, März 2007.

Daraus folgen zwei wesentliche Konsequenzen:

(1) Erstens könnten durch verzögerte Weiterleitung der Datenpakete der weniger qualitätssensitiven Dienste möglicherweise dennoch alle Datenpakete ohne spürbare Qualitätsminderungen ihrer Dienste zum Zuge kommen, während ein gegebener Preis bestimmte Dienste ausschließen würde. Die temporären Überlastphasen sind häufig so kurz und so kurzfristig, dass eine adäquate Priorisierung effizienter ist als eine globale Preissetzung. Mit anderen Worten: Das eigentlich relevante Problem besteht nicht in „Bedienung oder Nichtbedienung“, sondern in einer adäquaten Priorisierung der Datenpakete bei Überlast.

(2) Zweitens entsteht bei sehr-kurzfristigen Engpässen das Erfordernis einer zeitkritischen Rationierung. Von „zeitkritischer Rationierung“ wird gesprochen, wenn die Nutzung sehr kurz nach der Rationierung erfolgen soll (bzw. beide Zeitpunkte nahezu zusammenfallen). Es bleiben dann keine Möglichkeiten, auf veränderte Preise mit der Menge zu reagieren. Der Preis verliert seine Lenkungswirkung.³¹

Unter den technischen Bedingungen des Internets mit seinen extrem kurzen Funktionszeiten kann ein Ad-hoc-Preismechanismus keine hinreichende Lenkungswirkung mehr entfalten. Das heisst, das Preissystem muss so ausgestaltet sein, dass die Nutzer ihre Zahlungsbereitschaft für (prioritäre) Nutzung offenbaren, bevor für eine Periode (d.h. für einen sehr-kurzen Zeitslot) bekannt ist, ob und in welchem Umfang Engpässe bestehen werden.

Priority Pricing

Das eigentlich relevante Problem besteht also in einer adäquaten Priorisierung der Datenpakete bei Überlast, auch wenn eine solche extrem kurzfristig auftritt. Dabei geht es um eine Priorisierung derart, dass (a) Datenpakete qualitätssensitiver, hochwertiger Dienste möglichst sofort, und (b) Datenpakete nicht-qualitätssensitiver, geringwertiger Dienste gegebenenfalls verzögert weitergeleitet werden.

Eine adäquate Realisierung liefert das sogenannte Priority Pricing. Unter Priority Pricing versteht man die Preissetzung für das Recht, vorrangig bedient zu werden, falls Angebotsengpässe bestehen sollten. Beim Priority Pricing geben die Nachfrager ihre Zahlungsbereitschaft für die bevorzugte Bedienung im Überlast-Fall vor dessen Eintritt (d.h. prophylaktisch) bekannt und erwerben entsprechende Rechte, vorrangig bedient zu werden. Der höhere Preis für eine bevorzugte Bedienung gilt dann generell, das heisst unabhängig vom konkreten Eintritt der Überlast.

Eine hohe Servicequalität im Internet ist somit gleichbedeutend mit einer hohen Priorität der Datenpakete, das heisst mit der im relevanten Kontext höchstmöglichen Wahrscheinlichkeit, dass die Datenpakete ohne bzw. mit minimalem Delay, Jitter und Packet-Loss beim Empfänger ankommen.

³¹ Der übliche, im Normalfall allokativ Effizienz gewährleistende, Preismechanismus erfordert eine bestimmte Zeitstruktur derart, dass $t_1(K_h)$ vor $t_2(P_{Kh})$ vor $t_3(X_{PKh})$. Dabei ist $t_1(K_h)$ der Zeitpunkt der Offenbarung der Überlast. Daraus resultiert in t_2 die Setzung eines allokativ effizienten Preises, der die Knappheitssituation reflektiert und die entsprechenden Nutzungsmengen der Nachfrager in $t_3(X_{PKh})$ zur Folge hat. Vgl. für weitere Literatur zur zeitkritischen Rationierung und zum Priority Pricing Kruse, Jörn und U.E. Berger (1998), Priority Pricing und zeitkritische Rationierung, in: Tietzel, Manfred (Hrsg.), Ökonomische Theorie der Rationierung, München (Vahlen), S. 203-234. Die Antizipation von K_h bzw P_{Kh} ändert das Problem inhaltlich nicht wesentlich, sondern wirft die Frage nach den Informationen für die Antizipation auf.

Die Versender der Datenpakete (bzw. die Internet-Nutzer) können sich dann zwischen verschiedenen Qualitätsklassen entscheiden, die eine unterschiedliche Priorität der Datenpakete gewähren und dementsprechend unterschiedliche Preise haben. Die Kunden werden also ex-ante vor die Wahl gestellt, zwischen verschiedenen Transportpreisen und damit zusammenhängenden Wahrscheinlichkeiten des Auftretens von Delay, Jitter und Packet-Loss zu entscheiden.

Die Zahlungsbereitschaft eines Dienstes für eine hohe Priorität (hohe Quality of Service) wird vor allem von zwei Faktoren abhängen, nämlich (1) von der Qualitätssensitivität und (2) von der Zahlungsbereitschaft der Dienstenutzer.

(1) Qualitätssensitivität. Nur die Anbieter qualitätssensitiver Dienste werden überhaupt eine Veranlassung haben, für Priorität zu zahlen, da nur diese einen Vorteil davon haben können. Die Anbieter nicht-qualitätssensitiver Dienste (e-mail, Web browsing, Filesharing) werden mit der Best-effort-Klasse hinreichend bedient sein und diese damit kostengünstig erhalten.

(2) Zahlungsbereitschaft der Dienstenutzer. Auch die Anbieter qualitätssensitiver Dienste werden nur dann eine Zahlungsbereitschaft für Quality of Service (Priorität der Datenpakete) haben, wenn die Nutzer der Dienste (bzw. indirekt die Werbetreibenden) ihrerseits eine entsprechende Zahlungsbereitschaft für die Qualität dieser Dienste aufweisen. Das heisst, in der Regel werden nur hochwertige Dienste eine hohe Servicequalität wählen.

Qualitätsklassen

In der Praxis vieler heterogener Dienste mit entsprechend unterschiedlichen Anforderungen bezüglich aller drei Parameter (Delay, Jitter und Packet-Loss) und unterschiedlicher Qualitätssensitivität bezüglich der einzelnen Parameter wird es für Anbieter und Nachfrager der Transportleistung zweckmäßig sein, dass verschiedene Klassen angeboten werden. Dies wird sich im Wettbewerb der Anbieter herausbilden und lässt grundsätzlich ökonomische Effizienz erwarten.

Ein Beispiel für ein System mit vier unterschiedlichen Qualitätsklassen zeigt die Abb. 9.³² Die Einordnung eines bestimmten Dienstes in eine Qualitätsklasse wird grundsätzlich durch den Diensteanbieter vorgenommen. Das heisst, der Header der Datenpakete erhält eine entsprechende Prioritätsinformation, die von den Routern gelesen und bei Überlast zum Kriterium der Weiterleitung gemacht wird. Prinzipiell ist jeder Dienst frei klassifizierbar. Da mit unterschiedlichen Qualitätsklassen in der Regel auch unterschiedliche Transportpreise verbunden sein werden, erfolgt die Zuordnung unter den üblichen Kosten-/Nutzen-Gesichtspunkten. Grundsätzlich kann der Diensteanbieter dies auch durch die Nutzer entscheiden lassen, indem er ihnen verschiedene Varianten anbietet.

Ein solches Qualitätsklassenmodell führt grundsätzlich zu einer ökonomisch effizienten Rationierung nach dem ökonomischen Wert der Dienste und vermeidet damit die oben genannten Crowding-Out-Probleme.

³² Die Darstellung ist teilweise wörtlich entnommen aus BRENNER, Walter; M. DOUS; R. ZARNEKOW, J. KRUSE (2007), Qualität im Internet. Technische und wirtschaftliche Entwicklungsperspektiven, Studie, 75 Seiten, Universität St. Gallen, März 2007.

Qualitätsklasse	Beispielhafte Dienste	Technische QoS-Parameter
Interaktiv	Voice Telephony/Conferencing Video Telephony/Conferencing Online-Gaming Interactive TV Feedback	Bandwidth: 16 - 500 Kbps Delay (one way): 100 - 200 ms Jitter: < 30 ms Packet Loss: < 1 %
Multimedia	Broadcast TV Video on Demand Streaming Audio Internet Radio Voice Messaging	Bandwidth: 384 Kbps - 14 Mbps Delay (one way): 400 - 1000 ms Jitter: < 1000 ms Packet Loss: < 0,1 %
Critical	Business Applications e.g. SAP, eHealth	Bandwidth: 16 Kbps - 16 Mbps Delay (one way): 100 - 200 ms Jitter: < 100 ms Packet Loss: < 0,1 %
Best Effort	E-Mail Web-Browsing P2P Internet Downloads	Bandwidth: up to line rate Delay (one way): < 2000 ms Jitter: n.a. Packet Loss: n.a.

Abb. 9 Beispiel QoS-System mit vier Qualitätsklassen³³

Nach der Implementierung eines QoS-Systems, das zu einer prioritären Bedienung der qualitätssensitiven Datenpakete führt, ist im Übrigen auch eine eventuelle Flatrate für Best Effort ökonomisch weniger nachteilig. Dann kann es nämlich nicht mehr zu einem Crowding-Out-Effekt zu Lasten der hochwertigen Dienste kommen und die Allmende-Probleme sind stark reduziert oder beseitigt. Wenn es also aus anderen Gründen (z.B. Marketing) das Motiv der Erhaltung der Flatrate für Best Effort gibt,³⁴ so ist dies akzeptabel, wenn daneben auch funktionsfähige QoS-Klassen existieren. Für den QoS-Verkehr selbst ist eine Flatrate allerdings ungeeignet und ineffizient.

8 Fazit

Das Internet weist temporär eine partelle Rivalität auf, was unter den Bedingungen von Nutzer-Flatrates zu Allmende-Effekten führt. Aufgrund unterschiedlicher, spezifischer

³³ Die Qualitätsklasse „Interaktiv“ eignet sich für Dienste, die niedrige Delay- und Jitter-Werte erfordern, aber nicht sehr bandbreitenintensiv sind. Hierzu zählen beispielsweise Voice-over-IP-Dienste oder Online-Spiele.

Die Qualitätsklasse „Multimedia“ ist insbesondere für Audio-/Video-Streaming-Dienste, wie Video-on-Demand, IPTV oder Internet-Radio, geeignet, die evtl. hohe Bandbreiten benötigen und gewisse Mindestanforderungen an Delay, Jitter und Packet Loss haben.

Die Qualitätsklasse „Critical“ ist geeignet für kritische Geschäftsanwendungen, die die Internet-Infrastruktur zur Kommunikation nutzen. Die Bandbreite kann variabel gewählt werden. Delay, Jitter und Packet Loss sind gering.

Die Qualitätsklasse „Best-Effort“ umfasst im Wesentlichen alle nicht qualitätssensitiven Dienste, wie z. B. Web-Browsing oder E-Mail.

³⁴ Da man unterstellen kann, dass der Wettbewerb der Netzbetreiber die Erlöse auf das Niveau der Totalkosten drückt, ändern sich die Kostenstrukturen der jeweiligen IP-Nutzer gegenüber der jetzigen Situation stark. Auf diese Weise zahlen relativ wenige Nutzer, die besonders zeitinflexibel und preisinelastisch reagieren, über ihre Preise einen noch höheren Anteil der gesamten Internet-Infrastruktur-Kosten, während es für andere Nutzer vermutlich fast gratis wäre.

Charakteristika (Qualitätssensitivität, Datenrate, wirtschaftlicher Wert) der einzelnen Dienste kommt es zu einem Crowding-Out hochwertiger Dienste durch geringwertige.

Die Ersetzung von Flatrates durch verkehrsabhängige Preise verbessert die Effizienz, bleibt jedoch trotzdem suboptimal. Der Grund hierfür besteht unter anderem in der Eigenschaft sehr-kurzfristiger Überlast und der Verzögerungstoleranz verschiedener Dienste. Insofern besteht die volkswirtschaftlich optimale Lösung nicht primär in einem pretialen Ausschluss bestehender Dienste, sondern in einer adäquaten Priorisierung. Dies kann durch Definition geeigneter Qualitätsklassen realisiert werden. Bisher noch ungelöst ist das Problem der Realisierung von End-to-end-Qualitätsparametern über die Netzgrenzen hinaus.

Literatur

- BERGER, Ulrike E. und J. KRUSE (1994), Allokative Begründung des Road Pricing, in: Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik, Bd. 39, S. 213-232
- BRENNER, Walter; M. DOUS; R. ZARNEKOW, J. KRUSE (2007), Qualität im Internet. Technische und wirtschaftliche Entwicklungsperspektiven, Studie, 75 Seiten, Universität St. Gallen, März 2007 (per mail zu beziehen über die Webseite von Prof. Brenner, Wirtschaftsinformatik, St. Gallen, z.B. über meine Webseite an der HSU)
- HACKBARTH, Klaus D. und G. KULENKAMPFF (2006), Technische Aspekte der Zusammenschaltung in IP-basierten Netzen unter besonderer Berücksichtigung von VoIP", WIK, Studie für die Bundesnetzagentur, 26.7.2006
- KRUSE, Jörn (1996), Engpässe in Verkehrs-Infrastrukturen, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Heft 3, S. 183-203
- KRUSE, Jörn und U.E. BERGER (1995), Stauprobleme und optimale Straßenkapazität, in: Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften Bd. 46, Heft 3, S. 295-305
- KRUSE, Jörn und U.E. BERGER (1998), Priority Pricing und zeitkritische Rationierung, in: Tietzel, Manfred (Hrsg.), Ökonomische Theorie der Rationierung, München (Vahlen), S. 203-234
- MARCUS, J. Scott, (2004), "Evolving Core Capabilities of the Internet, in: Journal of Telecommunications and High Technology Law
- MARCUS, J. Scott, (2006a), "Interconnection in an NGN Environment", ITU background paper, april 15, commissioned for the ITU New Initiatives Programme workshop on "What rules for IP-enabled Next Generation Networks?" held on 23-24 March 2006 at ITU Headquarters, Geneva. November 2006
- MARCUS, J. Scott, (2006b), "Framework for Interconnection of IP-based Networks - Accounting Systems and Interconnection Regimes in the USA and the UK", a background paper prepared for the German Federal Network Agency's study group on a Framework for Interconnection of IP-Based Networks, 27 March 2006,
- MARCUS, J. Scott, (2006c), Prospects for Differentiated Quality of Service within and among IP-Based Next Generation Networks (NGNs) November 2006
- MUTH, Stefan E. (2005), Quality of Service (QoS) als Mittel zur Effizienz- und Umsatzsteigerung für Internet Service Provider, DA FH Giessen

OECD (2006), Internet Traffic Prioritisation: An Overview. Working Party of
Telecommunication and Information Services Policies (Tylor Reynolds), Dublin,
November 7, 2006

Bisher erschienen:

Diskussionspapiere der Fächergruppe Volkswirtschaftslehre

- Kruse, Jörn, Crowding-Out bei Überlast im Internet, Nr. 72, November (2007).
- Beckmann, Klaus, Why do petrol prices fluctuate so much?, No. 71 (November 2007).
- Beckmann, Klaus, „Was willst Du armer Teufel geben?“ Bemerkungen zum Glück in der Ökonomik, Nr. 70 (November 2007).
- Berlemann, Michael & Gerit Vogt, Kurzfristige Wachstumseffekte von Naturkatastrophen, Eine empirische Analyse der Flutkatastrophe vom August 2002 in Sachsen, Nr. 69 (November 2007).
- Schneider, Andrea, Redistributive taxation, inequality, and intergenerational mobility, No. 68, (November 2007).
- Kruse, Jörn, Exklusive Sportfernsehrechte und Schutzlisten, Nr. 67 (Oktober 2007).
- Kruse, Jörn, Das Monopol für demokratische Legitimation und seine Überwindung. Zur konstitutionellen Reform der staatlichen Strukturen, Nr. 66 (Oktober 2007), erscheint in: Stefan Bayer und Klaus W. Zimmermann (Hrsg), Die Ordnung von Reformen und die Reform von Ordnungen: Facetten politischer Ökonomie Metropolis: Marburg 2008 .
- Dewenter, Ralf, Crossmediale Fusionen und Meinungsvielfalt: Eine ökonomische Analyse, Nr. 65 (Oktober 2007).
- Dewenter, Ralf, Justus Haucap & Ulrich Heimeshoff, Regulatorische Risiken in Telekommunikationsmärkten aus institutionenökonomischer Perspektive, Nr. 64 (September 2007).
- Thomas, Tobias, Mating à la Spence: Deriving the Market Demand Function for Status Goods, No. 63 (September 2007).
- Horgos, Daniel, Labor Market Effects of International Outsourcing: How Measurement Matters, No. 62 (August 2007)
- Carlberg, Michael, Monetary and Fiscal Policies in the Euro Area, No. 61 (August 2007).
- Zimmermann, Klaus W. & Tobias Thomas, Internalisierung externer Kosten durch Steuern und Verhandlungen: Eine Nachlese, Nr. 60 (Juni 2007), erscheint in Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt).
- Zimmermann, Klaus W. & Daniel Horgos, Interessengruppen und Economic Performance. Auch eine Hommage an Mancur Olsen, Nr. 59 (April 2007).
- Dluhosch, Barbara & Klaus W. Zimmermann, Zur Anatomie der Staatsquote, Nr. 58 (Januar 2007).
- Göbel, Markus, Andrea Schneider & Tobias Thomas, Consumer behavior and the aspiration for conformity and consistency, No. 57 (January 2007).
- Haucap, Justus & Ralf Dewenter, First-Mover Vorteile im Schweizer Mobilfunk, Nr. 56 (Dezember 2006).
- Kruse, Jörn, Mobilterminierung im Wettbewerb, Nr. 55 (Dezember 2006).

- Dluhosch, Barbara & Klaus W. Zimmermann, Some Second Thoughts on Wagner's Law, No. 54, (December 2006).
- Dewenter, Ralf, Das Konzept der zweiseitigen Märkte am Beispiel von Zeitungsmonopolen, Nr. 53 (November 2006), erscheint in: *MedienWirtschaft: Zeitschrift für Medienmanagement und Kommunikationsökonomie*.
- Napel, Stefan & Andrea Schneider, Intergenerational talent transmission, inequality, and social mobility, No. 52 (October 2006).
- Papenfuss, Ulf & Tobias Thomas, Eine Lanze für den Sachverständigenrat?, Nr. 51 (Oktober 2006), erscheint in: Perspektiven der Wirtschaftspolitik.
- Kruse, Jörn, Das Monopol für demokratische Legitimation: Zur konstitutionellen Reform unserer staatlichen und politischen Strukturen, Nr. 50 (Juli 2006).
- Hackmann, Johannes, Eine reinvermögenszugangstheoretisch konsequente Unternehmensbesteuerung, Nr. 49 (Juni 2006).
- Carlberg, Michael, Interactions between Monetary and Fiscal Policies in the Euro Area, No. 48 (March 2006).
- Bayer, Stefan & Jacques Méry, Sustainability Gaps in Municipal Solid Waste Management: The Case of Landfills, No. 47 (February 2006).
- Schäfer, Wolf, Schattenwirtschaft, Äquivalenzprinzip und Wirtschaftspolitik, Nr. 46 (Januar 2006).
- Sepp, Jüri & Diana Eerma, Developments of the Estonian Competition Policy in the Framework of Accession to the European Union, No. 45 (January 2006).
- Kruse, Jörn, Zugang zu Premium Content, Nr. 44 (Dezember 2005).
- Dewenter, Ralf & Jörn Kruse, Calling Party Pays or Receiving Party Pays? The Diffusion of Mobile Telephony with Endogenous Regulation, No. 43 (November 2005).
- Schulze, Sven, An Index of Generosity for the German UI-System. No. 42 (October 2005).
- Bühler, Stefan, Ralf Dewenter & Justus Haucap, Mobile Number Portability in Europe, No. 41. (August 2005), erschienen in: *Telecommunications Policy* 30(7), 385-399.
- Meyer, Dirk, Manuskriptstaus behindern den Wissenschaftsbetrieb: Zur Möglichkeit von Einreichungsgebühren, Autorenhonoraren und Gutachterentgelten, Nr. 40 (Juni 2005).
- Carlberg, Michael, International Monetary Policy Coordination, No. 39 (March 2005).
- Zimmermann, Klaus W. & Reto Schemm-Gregory, Eine Welt voller Clubs, Nr. 38 (März 2005), erscheint in: *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*.
- Hackmann, Johannes, Die Bestimmung der optimalen Bevölkerungsgröße als (wirtschafts-) ethisches Problem, Nr. 37 (März 2005).
- Josten, Stefan Dietrich, Middle-Class Consensus, Social Capital and the Mechanics of Economic Development, No. 36 (January 2005).
- Dewenter, Ralf & Ulrich Kaiser, Anmerkungen zur ökonomischen Bewertung von Fusionen auf dem Printmedienmarkt, Nr. 35 (Januar 2005), erschienen unter dem Titel „Horizontale Fusionen

auf zweiseitigen Märkten am Beispiel von Printmedien“ in *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 7(3), 335-353.

- Göbel, Markus & Tobias Thomas, Informal Institutions and the “Weaknesses” of Human Behavior, No. 34 (January 2005).
- Dewenter, Ralf & Justus Haucap, Estimating Demand Elasticities for Mobile Telecommunications in Austria, No. 33 (Dezember 2004).
- Meyer, Dirk, Die Entmachtung der Politik: Zur Frage der Überlebensfähigkeit demokratischer Nationalstaaten in einer globalisierten Weltwirtschaft, Nr. 32 (Dezember 2004).
- Josten, Stefan Dietrich & Klaus W. Zimmermann, Unanimous Constitutional Consent and the Immigration Problem, No. 31 (Dezember 2004), erscheint in: *Public Choice*.
- Bleich, Torsten, Importzoll, Beschäftigung und Leistungsbilanz: ein mikrofundierter Ansatz, Nr. 30 (September 2004).
- Dewenter, Ralf, Justus Haucap, Ricardo Luther & Peter Rötzel, Hedonic Prices in the German Market for Mobile Phones, No. 29 (August 2004), erscheint in: *Telecommunications Policy*, 2007.
- Carlberg, Michael, Monetary and Fiscal Policy Interactions in the Euro Area, No. 28 (März 2004).
- Dewenter, Ralf & Justus Haucap, Die Liberalisierung der Telekommunikationsbranche in Deutschland, Nr. 27 (März 2004), erschienen in: *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik* 53, 2004, 374-393.
- Kruse, Jörn, Ökonomische Konsequenzen des Spitzensports im öffentlich-rechtlichen und im privaten Fernsehen, Nr. 26 (Januar 2004).
- Haucap, Justus & Jörn Kruse, Ex-Ante-Regulierung oder Ex-Post-Aufsicht für netzgebundene Industrien?, Nr. 25 (November 2003), erschienen in *Wirtschaft und Wettbewerb* 54, 2004, 266-275.
- Haucap, Justus & Tobias Just, Der Preis ist heiß. Aber warum? Zum Einfluss des Ökonomiestudiums auf die Einschätzung der Fairness des Preissystems, Nr. 24 (November 2003), erschienen in *Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt)* 33 (9), 2004, 520-524.
- Dewenter, Ralf & Justus Haucap, Mobile Termination with Asymmetric Networks, No. 23 (October 2003), erschienen unter dem Titel “The Effects of Regulating Mobile Termination Rates for Asymmetric Networks” erschienen in: *European Journal of Law and Economics* 20, 2005, 185-197.
- Dewenter, Ralf, Raising the Scores? Empirical Evidence on the Introduction of the Three-Point Rule in Portuguese Football, No. 22 (September 2003).
- Haucap, Justus & Christian Wey, Unionisation Structures and Innovation Incentives, No. 21 (September 2003), erschienen in: *The Economic Journal* 114, 2004, C145-C165.
- Quitzau, Jörn, Erfolgsfaktor Zufall im Profifußball: Quantifizierung mit Hilfe informations-effizienter Wettmärkte, Nr. 20 (September 2003).
- Reither, Franco, Grundzüge der Neuen Keynesianischen Makroökonomik, Nr. 19 (August 2003), erschienen in: *Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften* 54, 2003, 131-143.

- Kruse, Jörn & Jörn Quitzau, Fußball-Fernsehrechte: Aspekte der Zentralvermarktung, Nr. 18 (August 2003).
- Bühler, Stefan & Justus Haucap, Mobile Number Portability, No. 17 (August 2003), erschienen in: *Journal of Industry, Competition and Trade* 4, 2004, 223-238.
- Zimmermann, Klaus W. & Tobias Just, On the Relative Efficiency of Democratic Institutions, No. 16 (July 2003).
- Bühler, Stefan & Justus Haucap, Strategic Outsourcing Revisited, No. 15 (July 2003), erschienen in *Journal of Economic Behavior and Organization* 61, 2006, 325-338.
- Meyer, Dirk, Die Energieeinsparverordnung (EnEV) - eine ordnungspolitische Analyse, Nr. 14 (Juli 2003).
- Zimmermann, Klaus W. & Tobias Thomas, Patek Philippe, or the Art to Tax Luxuries, No. 13 (June 2003).
- Dewenter, Ralf, Estimating the Valuation of Advertising, No. 12 (June 2003).
- Otto, Alkis, Foreign Direct Investment, Production, and Welfare, No. 11 (June 2003).
- Dewenter, Ralf, The Economics of Media Markets, No. 10 (June 2003).
- Josten, Stefan Dietrich, Dynamic Fiscal Policies, Unemployment, and Economic Growth, No. 9 (June 2003).
- Haucap, Justus & Tobias Just, Not Guilty? Another Look at the Nature and Nurture of Economics Students, No. 8 (June 2003).
- Dewenter, Ralf, Quality Provision in Interrelated Markets, No. 7 (June 2003), erschienen unter dem Titel "Quality Provision in Advertising Markets" in: *Applied Economics Quarterly* 51, 5-28.
- Bräuninger, Michael, A Note on Health Insurance and Growth, No. 6 (June 2003).
- Dewenter, Ralf, Media Markets with Habit Formation, No. 5 (June 2003).
- Haucap, Justus, The Economics of Mobile Telephone Regulation, No. 4 (June 2003).
- Josten, Stefan Dietrich & Achim Truger, Inequality, Politics, and Economic Growth. Three Critical Questions on Politico-Economic Models of Growth and Distribution, No. 3 (June 2003).
- Dewenter, Ralf, Rational Addiction to News?, No. 2 (June 2003).
- Kruse, Jörn, Regulierung der Terminierungsentgelte der deutschen Mobilfunknetze?, Nr. 1 (Juni 2003).

Frühere Diskussionsbeiträge zur Wirtschaftspolitik

- Bräuninger, Michael & Justus Haucap, Das Preis-Leistungs-Verhältnis ökonomischer Fachzeitschriften, Nr. 120 (2002), erschienen in: *Schmollers Jahrbuch* 123, 2003, S. 285-305.
- Kruse, Jörn, Competition in Mobile Communications and the Allocation of Scarce Resources: The Case of UMTS, Nr. 119 (2002), erschienen in: Pierre Buigues & Patrick Rey (Hg.), *The Economics of Antitrust and Regulation in Telecommunications*, Edward Elgar: Cheltenham 2004.

- Haucap, Justus & Jörn Kruse, Predatory Pricing in Liberalised Telecommunications Markets, Nr. 118 (2002), erschienen in: Christian von Hirschhausen, Thorsten Beckers & Kay Mitusch (Hrsg.), *Trends in Infrastructure Regulation and Financing*, Edward Elgar: Cheltenham 2004, S. 43-68.
- Kruse, Jörn, Pay-TV versus Free-TV: Ein Regulierungsproblem?, Nr. 117 (2002), erscheint in: Mike Friedrichsen (Hg.), *Kommerz - Kommunikation - Konsum. Zur Zukunft des Fernsehens in konvergierenden Märkten*, 2003.
- Kruse, Jörn, Regulierung der Verbindungsnetzbetreiberauswahl im Mobilfunk, Nr. 116 (2002), als Kurzform erschienen in: *Multimedia und Recht*, Januar 2003, S. 29-35.
- Haucap, Justus & Jörn Kruse, Verdrängungspreise auf liberalisierten Telekommunikationsmärkten, Nr. 115 (2002), erschienen in: *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 5, 2004, 337-361.
- Haucap, Justus & Helmmar Schmidt, Kennzeichnungspflicht für genetisch veränderte Lebensmittel: Eine ökonomische Analyse, Nr. 114 (2002), erschienen in: *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik* 53, 2002, S. 287-316.
- Kruse, Jörn & Jörn Quitzau, Zentralvermarktung der Fernsehrechte an der Fußball-Bundesliga, Nr. 113 (2002), erschienen in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Ergänzungsheft zur Sportökonomie*, 2002, S. 63-82.
- Kruse, Jörn & Justus Haucap, Zuviel Wettbewerb in der Telekommunikation? Anmerkungen zum zweiten Sondergutachten der Monopolkommission, Nr. 112 (2002), erschienen in: *Wirtschaftsdienst* 82, 2002, S. 92-98.
- Bräuninger, Michael & Justus Haucap, What Economists Think of Their Journals and How They Use Them: Reputation and Relevance of Economics Journals, Nr. 111 (2002), erschienen in *Kyklos* 56, 2003, S. 175-197.
- Haucap, Justus, Telephone Number Allocation: A Property Rights Approach, Nr. 110 (2001), erschienen in: *European Journal of Law and Economics* 15, 2003, S. 91-109.
- Haucap, Justus & Roland Kirstein, Government Incentives when Pollution Permits are Durable Goods, Nr. 109 (2001), erschienen in: *Public Choice* 115, 2003, S. 163-183.
- Haucap, Justus, Konsum und soziale Beziehungen, Nr. 108 (2001), erschienen in: *Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften* 52, 2001, S. 243-263.
- Bräuninger, Michael & Justus Haucap, Was Ökonomen lesen und schätzen: Ergebnisse einer Umfrage, Nr. 107 (2000), erschienen in: *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 2, 2001, S.185-210.
- Haucap, Justus, Uwe Pauly & Christian Wey, Collective Wage Setting When Wages Are Generally Binding: An Antitrust Perspective, Nr. 106 (2000), erschienen in: *International Review of Law and Economics* 21, 2001, S. 287-307.
- Haucap, Justus, Selective Price Cuts and Uniform Pricing Rules in Network Industries, Nr. 105 (2000), erschienen in: *Journal of Industry, Competition and Trade* 3, 2003, 269-291.
- Bräuninger, Michael, Unemployment Insurance, Wage Differentials and Unemployment, Nr. 104 (2000) erschienen in: *Finanzarchiv* 75, 2000, S. 485-501.

- Kruse, Jörn, Universaldienstlast etablierter Postunternehmen, Nr. 103 (2000) erschienen in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Ergänzungsheft 3, 2002, S. 99-117.
- Kruse, Jörn, Sportveranstaltungen als Fernsehware, Nr. 102 (2000) erschienen in: Schellhaaß, Horst-Manfred (Hg.), *Sportveranstaltungen zwischen Liga- und Medien-Interessen*, Hofmann: Schorndorf 2000, S. 15-39.

Frühere Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Theoretische Volkswirtschaftslehre

- Bräuninger, Michael, Social Capital and Regional Mobility, Nr. 4/2002.
- Schäfer, Wolf, EU-Erweiterung: Anmerkungen zum Balassa-Samuelson-Effekt, Nr. 3/2002, erschienen in: Stefan Reitz (Hg.): *Theoretische und wirtschaftspolitische Aspekte der internationalen Integration*, Duncker & Humblot: Berlin 2003, S. 89-98.
- Bräuninger, Michael, The Budget Deficit, Public Debt and Endogenous Growth, Nr. 2/2002.
- Rösl, Gerhard, Die Umverteilung der Geldschöpfungsgewinne im Eurosystem: Das Earmarking-Verfahren seit dem 1.1.2002, Nr. 1/2002, als Kurzform erschienen in: *Wirtschaftsdienst* 82, 2002, S.352-356.
- Schniewindt, Sarah, Two-Way Competition in Local Telecommunication Networks, Nr. 2/2001.
- Reither, Franco, Optimal Monetary Policy when Output Persists: On the Equivalence of Optimal Control and Dynamic Programming, Nr. 1/2001.
- Schäfer, Wolf, MOEL-Wechselkursarrangements, Nr. 1/2000, erschienen in: Günther Engel & Peter Rühmann (Hg.): *Geldpolitik und Europäische Währungsunion*, Göttingen 2000, S. 217-228.
- Heppke, Kirsten, On the Existence of the Credit Channel in Poland, Nr. 8/1999.
- Bräuninger, Michael, Unemployment and International Lending and Borrowing in an Overlapping Generations Model, Nr. 8/1999.
- Henning, Andreas & Wolfgang Greiner, Organknappheit im Transplantationswesen - Lösungsansätze aus ökonomischer Sicht, Nr. 7/1999.
- Chung, Un-Chan, East Asian Economic Crisis - What is and What Ought to be Done: The Case of Korea, Nr. 6/1999, erschienen in: *Research in Asian Economic Studies* 10, 2002, S. 93-121.
- Carlberg, Michael, Europäische Währungsunion: Der neue Policy Mix, Nr. 5/1999, erschienen in *Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt)* 29(1), 2000, S. 8-13.
- Carlberg, Michael, European Monetary Union: The New Macroeconomics, Nr. 4/1999, erschienen in: Gerhard Rübel (Hg.), *Real and Monetary Issues of International Economic Integration*, Duncker & Humblot: Berlin 2000, S. 155-175.
- Bräuninger, Michael & J.-P. Vidal, Private versus Financing of Education and Endogenous Growth, Nr. 3/1999, erschienen in: *Journal of Population Economics* 13, 2000, S. 387-401.
- Reither, Franco, A Monetary Policy Strategy for the European Central Bank, Nr. 2/1999 erschienen in: Rolf Caesar & Hans-Eckart Scharrer (Hg.), *European Economic and Monetary Union: Regional and Global Challenges*, Nomos Verlag: Baden-Baden 2001, S. 213-226.

- Bräuninger, Michael, Wage Bargaining, Unemployment and Growth, Nr. 1/1999 erschienen in: *Journal of Institutional and Theoretical Economics* 156, 2000, S. 646-660.

Frühere Diskussionsbeiträge zur Finanzwissenschaft

- Josten, Stefan, Crime, Inequality, and Economic Growth. A Classical Argument for Distributional Equality, 2002, erschienen in: *International Tax and Public Finance* 10, 2003, S. 435-452.
- Zimmermann, Klaus W. & Tobias Thomas, Öffentliche Güter, natürliche Monopole und die Grenze marktlicher Versorgung, 2002, erschienen in: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt)* 32, 2003, S. 340-344.
- Holm-Müller, Karin & Klaus W. Zimmermann, Einige Anmerkungen zur Internalisierungsstrategie mit dem produktorientierten Konzept der Pigousteuer, 2002, erschienen in: *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht* 25, 2002, S. 415-420.
- Josten, Stefan, Nationale Schuldenpolitik in der EWU, 2002, erschienen in: *Wirtschaftsdienst* 82, 2002, S. 219-225.
- Hackmann, Johannes, Der Sonderabgabenbezug nach dem Lebenspartnerschaftsergänzungsgesetz, 2002, erschienen in: *Wirtschaftsdienst*, 82, 2002, S. 241-248.
- Josten, Stefan, Das Theorem der Staatsschuldneutralität. Eine kritisch-systematische Rekonstruktion, 2001, erschienen in: *Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften* 53, 2002, S. 180-209.
- Zimmermann, Klaus W., Komplikationen und Fallstricke in der Pigou-Analyse von Externalitäten, 2001, erschienen in: *Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften* 53, 2002, S. 245-267
- Josten, Stefan, National Debt in an Endogenous Growth Model, 2001, erschienen in: *Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften* 53, 2002, S. 107-123.
- Hackmann, Johannes, Vom Ehegattensplitting zum Partnerschaftssplitting?, 2001, erschienen in: Volker Arnold (Hg.), *Wirtschaftsethische Perspektiven VI*, Schriften des Vereins für Socialpolitik 228/VI, Ducker & Humblot: Berlin 2002, S. 189-222.
- Zimmermann, Klaus W. & Tobias Just, Politische Glaubwürdigkeit und der Euro: Eine verfassungsökonomische Perspektive, 2000, erschienen in: Fritz Söllner & Arno Wilfert (Hg.), *Die Zukunft des Steuer- und Sozialstaates*, Physica Verlag 2001, S. 373-397.
- Josten, Stefan, National Debt, Borrowing Constraints, and Human Capital Accumulation in an Endogenous Growth Model, 2000, erschienen in: *FinanzArchiv* 58, 2001, S. 317-338.
- Zimmermann, Klaus W. & Tobias Just, The Euro and Political Credibility in Germany, 2000, erschienen in: *Challenge* 44, 2001, S. 102-120
- Josten, Stefan, Public Debt Policy in an Endogenous Growth Model of Perpetual Youth, 1999, erschienen in *FinanzArchiv* 57, 2000, S. 197-215.
- Zimmermann, Klaus W., Internalisierung als Nirwana-Kriterium der Umweltpolitik, 1999, erschienen in: Kilian Bizer, Bodo Linscheidt & Achim Truger (Hg.), *Staatshandeln im Umweltschutz. Perspektiven einer institutionellen Umweltökonomik*, Duncker & Humblot: Berlin 2000.

- Hackmann, Johannes, Die unterlassene Besteuerung der Nutzungswerte selbstgenutzten Wohnungseigentums: Vergebene Reformpotentiale, 1999, erschienen in: R. Lüdeke, W. Scherf & W. Steden (Hg.), *Wirtschaftswissenschaft im Dienste der Verteilungs-, Geld- und Finanzpolitik*, Festschrift für A. Oberhauser, Berlin 2000, S. 387-412.
- Zimmermann, Klaus W. & Tobias Just, Interest Groups, Referenda, and the Political Process: On the Efficiency of Direct Democracy, 1999, erschienen in: *Constitutional Political Economy* 11, 2000, S. 147-163.
- Josten, Stefan, Staatsverschuldung und Wirtschaftswachstum in einem Diamond-OLG-Modell mit AK-Technologie, 1999, erschienen in: *Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften* 51, 2000, S. 237-254.