

Knieps, Günter

**Working Paper**

## Qualitäts- und Preisdifferenzierung im Internet

Diskussionsbeitrag, No. 124

**Provided in Cooperation with:**

Institute for Transport Economics and Regional Policy, University of Freiburg

*Suggested Citation:* Knieps, Günter (2009) : Qualitäts- und Preisdifferenzierung im Internet, Diskussionsbeitrag, No. 124, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik, Freiburg i. Br.

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/32322>

**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.*

# Qualitäts- und Preisdifferenzierung im Internet\*

von Günter Knieps

Diskussionsbeitrag

Institut für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik

Nr. 124 – April 2009

## Abstract:

Die bekannteste Internet-Architektur, die für die Bereitstellung von Qualitätsklassen des Datentransports in Zugangs- und Kernnetzen entwickelt wurde, ist die Differenzierte Dienste (DS)-Architektur. Mittels dieser Architektur werden Datenpakete in eine exogen vorgegebene Anzahl von Qualitätsklassen klassifiziert. In diesem Aufsatz sollen Lösungsansätze zur Qualitäts- und Preisdifferenzierung auf der Basis der DS-Architektur entwickelt werden.

Der Datentransport mittels Qualitätsklassen auf einer gemeinsamen Übertragungskapazität macht es erforderlich, zwischen Stauexternalitäten innerhalb einer Qualitätsklasse („Intraclass-Externalitäten“) und den Stauexternalitäten zwischen Qualitätsklassen („Interclass-Externalitäten“) zu unterscheiden. Im ersten Teil des Aufsatzes werden anreizkompatible qualitätsdifferenzierte Tarife entwickelt; dabei wird das Prinzip des „Interclass-Externality Pricing“ hergeleitet. Im zweiten Teil des Aufsatzes werden die Potenziale qualitätsdifferenzierter Zusammenschaltungsvereinbarungen mit Hilfe dieses Preisprinzips aufgezeigt.

Prof. Dr. Günter Knieps

Institut für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik

Universität Freiburg

Platz der Alten Synagoge, 79085 Freiburg i. Br.

Phone: (+49) - (0)761 - 203 - 2370

Fax: (+49) - (0)761 - 203 - 2372

E-mail: guenter.knieps@vwl.uni-freiburg.de

Die elektronische Version dieses Aufsatzes ist verfügbar unter:

[http://www.vwl.uni-freiburg.de/fakultaet/vw/publikationen/  
diskussionspapiere/Disk124.pdf](http://www.vwl.uni-freiburg.de/fakultaet/vw/publikationen/diskussionspapiere/Disk124.pdf)

- \* Überarbeitete Fassung des Vortrags auf dem Workshop des Hamburger Forum Medienökonomie 29./30. Januar 2009

## **1. Einführung**

Im Internet wird zwischen einer Transportebene und einer Anwendungsebene unterschieden. Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des Internets sollen nicht im Zentrum der folgenden Ausführungen stehen, vielmehr liegt der Focus auf der Transportebene. In jüngster Zeit ist eine intensive Diskussion entflammt, ob die Betreiber von Internet-Transportnetzen regulatorisch verpflichtet werden sollen, allen Datenpaketen die gleiche Priorität innerhalb ihres Netzes zuzuordnen. Diese Diskussion ist als Netzneutralitätsdebatte bekannt geworden. Es geht darum, ob Preis- und Qualitätsdifferenzierungen beim Datentransport regulatorisch untersagt werden dürfen (Sidak, 2006, S. 379; Knieps, Zenhäusern, 2008).

Die aktuelle Netzneutralitäts-Debatte zeigt die enormen Auswirkungen des Übergangs vom schmalbandigen Internet-Zugang zum breitbandigen Internet-Zugang. Der breitbandige Internetzugang ermöglicht eine Vielzahl neuartiger Anwendungsdienste (z.B. Internet-Telefonie, Videokonferenzen, Ferndiagnosen- und -operationen im medizinischen Bereich, interaktive Videospiele), die hohe Zuverlässigkeit und Zeitsensibilität des Transports der Datenpakete voraussetzen, während andere Anwendungen (etwa das Abrufen von Texten) eine höhere Toleranz gegenüber Verspätungen und Verlusten von Datenpaketen besitzen. Eine Netz-Neutralitätsregulierung würde einer konsequenten Einführung einer Qualitätsdifferenzierung beim Datentransport im Internet entgegen stehen. Sie würde dadurch den wettbewerblichen Suchprozess bei der Einführung von geeigneten Internet-Architekturen, Qualitätsdifferenzierungen und Preisdifferenzierungs-Strategien konterkarieren.

## **2. Die Differenzierte-Dienste-Architektur**

Das Internet ist ohne den Zugang zu den lokalen Telekommunikationsinfrastrukturen nicht möglich. Gleichzeitig werden auch Fernnetzinfrastrukturkapazitäten benötigt. Der Transport von Datenpaketen findet über Internet-Zugangsnetze und Internet-Kernetze statt. Ein Internet-Zugangsnetzbetreiber verwaltet die Adressen seiner Teilnehmer und besitzt die Entscheidungskompetenz über den

Aufbau und die Charakteristika seiner Internet-Zugangsdienste. Um Datenpakete von einem Internet-Zugangsnetz zu einem anderen weiterzuleiten ist der Transport mittels eines oder mehrerer Internet-Kernnetze erforderlich. Sind dabei Netze unterschiedlicher Netzbetreiber involviert, werden Zusammenschaltungsvereinbarungen erforderlich (Faratin et al., 2007; Crémer, Rey, Tirole, 2000, S. 236 ff.).

Inzwischen sind unterschiedliche technische Lösungen zur Implementierung von Qualitätsdifferenzierung beim Datentransport im Internet entwickelt worden. Sie bilden die Basis für eine Vielzahl unterschiedlicher Qualitätsdifferenzierungs- und Preisstrategien. Betreiber von Internet-Zugangsnetzen und Internet-Kernnetzen besitzen damit ein enormes Potenzial, die Stauproblematik im Internet mit netzökonomischen Preis- und Qualitätsdifferenzierungsinstrumenten zu lösen. Die ökonomische Analyse von Zusammenschaltungsvereinbarungen unter Einbeziehung einer Qualitätsdifferenzierung des Datentransports steckt noch in den Anfängen.<sup>1</sup> Im Folgenden soll die Suche nach Lösungsansätzen zur Qualitäts- und Preisdifferenzierung des Datentransports im Internet näher konkretisiert werden.

Die bekannteste Internet-Architektur, die für die Bereitstellung von Qualitätsklassen des Datentransports in Zugangs- und Kernnetzen entwickelt wurde, ist die Differenzierte Dienste (DS)-Architektur. Mittels dieser Architektur werden Datenpakete in eine exogen vorgegebene Anzahl von Qualitätsklassen klassifiziert. Der Netzbetreiber kann eine Qualitätsgarantie für den Datentransport innerhalb einer Qualitätsklasse abgeben, die in einer maximal zulässigen Verzögerung und einem maximal zulässigen Datenpaketverlust gemessen wird. Alternativ kann die Qualität des Datentransports innerhalb einer Qualitätsklasse keiner Beschränkung unterliegen und sich abhängig von der Nachfrage nach Datentransport bestimmter Qualitätsklassen bei gegebener Übertragungskapazität (insbesondere Bandbreite) endogen herauskristallisieren. Es besteht die Mög-

---

<sup>1</sup> Die ökonomische Analyse der Zusammenschaltungsvereinbarungen zwischen unterschiedlichen Netzbetreibern im traditionellen Internet mit einer einheitlichen Übertragungsqualität hat sich inzwischen als eigenständiges Gebiet der Internet-Ökonomie etabliert. Für einen Überblick vgl. Giovannetti (ed.) 2008.

lichkeit, jeder Qualitätsklasse eine separate Übertragungskapazität zuzuordnen, um dadurch die Zuverlässigkeit der Qualitätsgarantien zu erhöhen. Alternativ kann die Übertragungskapazität für sämtliche Qualitätsklassen gemeinsam eingesetzt werden (Chen, Zhang, 2004, S. 374).

Die Frage, ob zwei oder mehr Qualitätsklassen gebildet werden, hängt nicht zuletzt vom Grad der Heterogenität der Nachfragegruppen ab. Alle Datenpakete, die zu derselben Qualitätsklasse gehören, erhalten die gleiche Priorität; diese wird im Kopf des Datenpakets gekennzeichnet (Liakopoulos et al., 2004; Chen, Zhang, 2004, S. 371 f.). Im Gegensatz zur herkömmlichen „best-effort“-Internet-Architektur, wird eine Hierarchie von Routern eingeführt. Der Eingangsrouter<sup>2</sup> markiert die Datenpakete abhängig von der nachgefragten Transportqualität (z. B. in Premium, Medium und niedrige Qualität). Für den Fall, dass die Übertragungskapazität für alle Datenpakete zur Verfügung steht, werden innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne (Sekunden bis Minuten) jeweils zuerst die Premium-Pakete, danach die Medium-Pakete und zuletzt diejenigen mit der niedrigen Qualität transportiert (so weit dies die verfügbare Kapazität noch zulässt). Pakete in einer hohen Qualitätsklasse werden schneller und mit einer höheren Zuverlässigkeit transportiert als Pakete in einer niedrigeren Qualitätsklasse. Die Qualitätsklassen sind folglich monoton bezüglich der Transportqualität (Jin, Jordan, 2005, S. 842).

### 3. Qualitäts- und Preisdifferenzierung

Es ist zu erwarten, dass die Betreiber von Zugangs- und Kernnetzen unterschiedliche Strategien hinsichtlich dem Ausmaß von Qualitätsdifferenzierung (wie etwa Anzahl der Tarifklassen), der Garantie der minimalen Qualität, der Art des Tarifsystems (lineare Benutzungsgebühren versus zweistufige Tarife) entwickeln. Dabei müssen die Transportpreise ihre Allokationsfunktion erfüllen, so dass Nachfrager mit hoher Zahlungsbereitschaft für hohe Qualität ihre Datenpa-

---

<sup>2</sup> Der Eingangsrouter des Netzes des DS-fähigen Internet-Zugangsanbieters kann der Eingangsrouter in das Internet sein (Zugangsrouter) oder der Zugangsrouter eines DS-fähigen Kernnetzes (Chen, Zhang, 2004, S. 371).

kete in der höchste Qualitätsklasse transportieren lassen können (Bouras, Sevasti, 2004, S. 169). Die Tarife müssen folglich mit abnehmender Qualitätsklasse monoton fallen, so dass die Premium-Klasse den höchsten Tarif bezahlt.

Auf der Basis der DS-Architektur kann sich ein Suchprozess nach Qualitätsdifferenzierungsstrategien und darauf aufbauend Preisdifferenzierungsstrategien entwickeln. Ein früher Lösungsansatz baut auf dem ehemaligen Preisschema der Pariser Metro auf, dem sogenannten Paris-Metro-Pricing.<sup>3</sup> Für den Transport von Datenpaketen im Internet bedeutet dies, dass eine vorgegebene Netzkapazität auf zwei logisch separate Kanäle in einem festen Verhältnis aufgeteilt wird. Der einzige Unterschied zwischen diesen Kanälen ist, dass für den Transport der Datenpakete unterschiedliche Preise zu zahlen sind. Erwartet wurde, dass auf dem Kanal mit einem hohen Transportpreis weniger Datenpakete transportiert werden, die weniger Stau verursachen und dadurch eine höhere Transportqualität gewährleistet ist (Odlyzko, 1999).

Bereits dieses einfache, auf leichte Implementierbarkeit ausgerichtete Beispiel zeigt, dass Qualitätsdifferenzierung und eine Bepreisung nach Stauexternalitäten eng miteinander verknüpft sind. Das aus der Transportökonomie bekannte Konzept der Staugebühren (vgl. Knieps, 2007, S. 41 ff.) wurde in der Folge auf die Datentransporte im Internet übertragen, allerdings ohne Einführung von Qualitätsklassen und ohne Qualitätsgarantie (McKie-Mason, Varian, 1995). Für den Fall, dass ein Datenstau auftritt, werden lediglich diejenigen Datenpakete transportiert, deren Absender bereit sind, die Staugebühr zu entrichten.

---

<sup>3</sup> Bis Mitte der 1980er Jahre wurde die Pariser Metro in einer sehr einfachen Weise betrieben. Erste- und Zweite-Klasse-Wagen waren identisch in Anzahl und Qualität der Sitze. Der einzige Unterschied war, dass Erste-Klasse-Fahrkarten doppelt so viel wie die Zweite-Klasse-Fahrkarten kosteten. Das Ergebnis war, dass die Erste-Klasse-Wagen weniger überfüllt waren.

### 3.1 Die Modellierung von Staus in DS-Netzen

Der Datentransport mittels Qualitätsklassen auf einer gemeinsamen Übertragungskapazität macht es erforderlich, zwischen Stauexternalitäten innerhalb einer Qualitätsklasse („Intraclass-Externalitäten“) und den Stauexternalitäten zwischen Qualitätsklassen („Interclass-Externalitäten“) zu unterscheiden. Intraclass-Externalitäten spiegeln die Verzögerung wider, die ein zusätzliches Datenpaket allen anderen Datenpaketen in dieser Qualitätsklasse auferlegt.<sup>4</sup> Interclass-Externalitäten spiegeln die Verzögerung wider, die ein zusätzliches Datenpaket den Datenpaketen in allen anderen Qualitätsklassen auferlegt.

Es wird von folgenden Annahmen ausgegangen.

- (1)  $n$  Verkehrsklassen,  $i = 1, \dots, n$   
 Datenpakete werden klassifiziert und den unterschiedlichen Verkehrsklassen zugeordnet. Datenpakete, die zur gleichen Verkehrsklasse  $i$ ,  $i=1, \dots, n$  in Periode  $t$  gehören, werden mit  $Q_{it}$  bezeichnet.  
 $P_{it}(Q_{it})$  ist die inverse Nachfrage nach Transport in Klasse  $i$  in Periode  $t$ ,  $t = 1, \dots, T$
- (2) Kapazität wird in Bandbreite gemessen.  
 $w$  ist die Bandbreite, wobei alle Datenpakete in den unterschiedlichen Verkehrsklassen Zugang zu dieser Bandbreite haben<sup>5</sup>  
 $\rho(w)$  Kapazitätskosten
- (3) Variable Kosten des Transports eines Pakets in Klasse  $i$  in Periode  $t$   
 $k_{it}(Q_{1t}, \dots, Q_{nt}, w)$

---

<sup>4</sup> Innerhalb der DS-Architektur werden alle Pakete in einer Qualitätsklasse gleich behandelt und lediglich die durchschnittliche Verzögerung in einer Qualitätsklasse berücksichtigt, nicht jedoch die individuelle Verzögerung, abhängig von der Position des Datenpaketes innerhalb der Warteschlange am Router.

<sup>5</sup> Der Fall, dass den einzelnen Qualitätsklassen separate Bandbreiten zugeordnet werden, wird im Folgenden nicht näher betrachtet.

Die Kosten des Transports eines zusätzlichen Pakets steigen progressiv mit dem Grad des Staus an.

Die sozialen Grenzkosten sind:

$$MC_{it}(Q_{1t}, \dots, Q_{nt}, w) = k_{it}(\cdot, w) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial k_{jt}}{\partial Q_{it}} \cdot Q_{jt}$$

Die Externalitätskosten  $\tau_{it} = \sum_{j=1}^n \frac{\partial k_{jt}}{\partial Q_{it}} \cdot Q_{jt}$  bestehen aus:

Intraclass-Externalitäten:  $\frac{k_{it}(\cdot, w)}{\partial Q_{it}} \cdot Q_{it}$

sowie Interclass-Externalitäten:  $\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{k_{jt}(\cdot, w)}{\partial Q_{it}} \cdot Q_{jt}$

Aufgrund der Priorisierung sämtlicher Datenpakete einer höheren Qualitätsklasse gegenüber denjenigen einer niedrigeren Qualitätsklasse treten Interclass-Externalitäten immer gleichgerichtet gegenüber den nachgeordneten Qualitätsklassen auf. Es sind verschiedene Algorithmen zur Priorisierung der Datenpakete zwischen den Qualitätsklassen im Router möglich (Chen, Zhang, 2004, S. 374 f.). Je nachdem sind Interclass-Externalitäten auf die nachfolgende Klasse begrenzt (lokale Interclass-Externalitäten) oder treten auf allen nachfolgenden Klassen auf (globale Interclass-Externalitäten). Auch wenn in einer Qualitätsklasse nur eine geringe Auslastung herrscht (also nur wenige Datenpakete transportiert werden), können diese in den nachfolgenden Qualitätsklassen eine erhebliche Verzögerung des Datentransports bewirken (Bouras, Sevasti, 2004, S. 1872).

Die Interclass-Externalitäten der Klasse  $i$  auf die nachfolgenden Klassen  $i+1, \dots, n$  sind folglich

$$\sum_{j=i+1}^n \frac{\partial k_{jt}(\cdot, w)}{\partial Q_{it}} \cdot Q_{jt} \quad t = 1, \dots, T$$



### 3.2 Anreizkompatible qualitätsdifferenzierte Tarife

Eine Preisbildung auf der Basis von Stauexternalitäten im Wettbewerbsprozess wird auch die Variierbarkeit der eingesetzten Übertragungskapazität einbeziehen. Die Bereitstellung von Netzressourcen (insbesondere Bandbreiten) erfolgt für ein Intervall von Wochen oder Monaten, während das Management der aggregierten Datenpaketströme über Zeiträume von Sekunden oder Minuten stattfindet (Gibbens et al., 2000).<sup>6</sup>

Ausgangspunkt bei der Entwicklung von Preisstrategien der Netzbetreiber sind die Opportunitätskosten der Netzinanspruchnahme. Ist das Netz wenig ausgelastet, sind die Kosten des Datentransports gering. Die Kosten des Transports eines zusätzlichen Datenpakets steigen jedoch mit zunehmender Auslastung des Netzes (Borella et al., 1999). Prinzipiell müssen bei der Bestimmung der sozialen Grenzkosten des Datentransports sowohl die Intraclass- als auch die Interclass-Externalitäten mit berücksichtigt werden. Die Intraclass-Externalitäten innerhalb einer Qualitätsklasse können jedoch vernachlässigt werden, falls der für diese Klasse geltende Qualitätsstandard so hoch gesetzt ist, dass er allen in Frage kommenden Anwendungen, unabhängig von der Auslastung in dieser Klasse, genügt.

Die optimale Preis- und Kapazitätsregel ergibt sich wie folgt

$$\max_{Q_{it}, w} S = \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^n \int_0^{Q_{it}} P_{it}(\tilde{Q}_{it}) d\tilde{Q}_{it} - Q_{it} k_{it}(Q_{it}, w) \right] - \delta(w)$$

Die optimale Staugebühr für ein Paket in Klasse  $i$  umfasst sowohl die Intraclass- als auch die Interclass-Externalitätskosten

$$\tau_{it} = P_{it} - k_{it}(\cdot, w) = \sum_{j=i}^n \frac{\partial k_{jt}(\cdot, w)}{\partial Q_{it}} \cdot Q_{it}$$

---

<sup>6</sup> Im Vergleich zu einer Verkehrsinfrastruktur ist diese Investitionsperiode allerdings wesentlich kürzer. Die kontinuierliche Variierbarkeit der Kapazität ist ebenfalls sehr viel plausibler als im Verkehrsbereich.

Falls lediglich Interclass-Externalitäten Berücksichtigung finden, ergeben sich monoton fallende Staugebühren, abhängig von der Qualitätsklasse

$$\tau_1(t) > \tau_2(t) > \dots, \tau_{n-1}(t) > 0$$

Dabei hat die niedrigste Qualitätsklasse  $n$  einen Preis von 0

$$\tau_1(t) = \sum_{j=2}^n \frac{\partial k_{jt}(\cdot, w)}{\partial Q_{1t}} \cdot Q_{jt}$$

$$\tau_i(t) = \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial k_{jt}(\cdot, w)}{\partial Q_{it}} \cdot Q_{jt}$$

$\vdots$

$$\tau_{n-1}(t) = \frac{\partial k_{nt}(\cdot, w)}{\partial Q_{n-1}} \cdot Q_{nt}$$

Bei heterogener Nachfrage nach unterschiedlichen Transportqualitäten lohnt es sich nicht, die Kapazität so weit auszudehnen, dass für alle Nutzer die höchste Qualität bereitgestellt werden könnte.<sup>7</sup> Vielmehr ist eine Ausdehnung nur insofern sinnvoll, bis die marginalen Kosten einer zusätzlichen Kapazitätseinheit mit der Summe der Grenznutzen übereinstimmen, die sich durch reduzierten Stau aufgrund der Kapazitätsausdehnung in den unterschiedlichen Qualitätsklassen ergibt. Die optimale Investitionsregel lautet:

$$\rho'(w) = - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \frac{\partial k_{it}(Q_{1t}, \dots, Q_{nt}, w)}{\partial w} \cdot Q_{it}$$

Nutzungsabhängige Transportpreise auf der Basis der Stauexternalitäten stellen einen wesentlichen Bestandteil für die Finanzierung der Infrastrukturkapazitäten dar. Für den Fall, dass konstante Skalenerträge bei der Ausdehnung der Übertragungskapazitäten vorliegen – besonders relevant in Internet-Kernnetzen –, können Transportpreise nach den sozialen Grenzkosten des Staus die Gesamtkosten decken. Falls zunehmende Skalenerträge bei der Ausdehnung der Übertragungs-

---

<sup>7</sup> Für die zusätzliche Kapazität, die erforderlich ist, alle Datenpakete mit höchster Qualität zu transportieren vgl. Yuksel et al., 2007.

kapazitäten vorliegen, können sich im Wettbewerb zwischen den Netzbetreibern lineare Transporttarife gemäß dem Prinzip des Ramsey-Pricing herauskristallisieren. Diese sind durch Aufschläge auf die sozialen Grenzkosten des Staus, in Abhängigkeit der Preiselastizitäten der Nachfrage nach Datentransport in den unterschiedlichen Klassen, gekennzeichnet. Alternativ können sich auch zweistufige Tarife (fixe Anschlussgebühr und variable Nutzungsgebühr) – insbesondere in den Zugangsnetzen – im Wettbewerb durchsetzen (Knieps, 2008, S. 235 ff.).

### **3.3 Qualitätsdifferenzierte Zusammenschaltungsvereinbarungen**

Mit dem Übergang zu breitbandigen Netzzugangsdiensten und den damit einhergehenden neuen Anwendungsmöglichkeiten des Internets werden die Datenströme zwischen den unterschiedlichen Netzbetreibern zunehmend asymmetrisch. Dies hat zur Folge, dass die traditionellen auf der Symmetrie der Datenströme basierenden Peeringvereinbarungen zunehmend an Bedeutung verlieren. Es entstehen Anreize für eine Vielzahl neuartiger Vertragsformen von Zusammenschaltungsvereinbarungen, um diese zunehmende Asymmetrie der Datenströme zwischen den unterschiedlichen Netzbetreibern zu berücksichtigen. Ein Beispiel stellt das sogenannte lokale „secondary peering“ dar. Dabei tauschen die beteiligten Netzzugangsbetreiber ihre Datenpakete direkt untereinander aus und umgehen dabei die Internet-Kernnetze (Besen et al., 2001, S. 292 f.; Laffont et al. 2001, S. 288). Andere Vertragsformen sind „paid peering“ mit Ausgleichszahlungen zwischen unterschiedlichen Netzbetreibern und „partial transit“. Im Gegensatz zu den herkömmlichen uneingeschränkten Transitvereinbarungen können bei diesen partiellen Transitvereinbarungen nur noch eine Teilmenge von Netzen einbezogen werden. Ferner können Auflagen bezüglich der zulässigen Datenvolumen gemacht werden (Faratin et al., 2007, S. 12 ff.). Diese neuen Vertragstypen basieren noch immer auf einer durchschnittlichen Transportqualität im Internet. Eine Priorisierung des Datenverkehrs für zeitsensible Anwendungen wie beispielsweise Internet-Telefonie wird damit nicht gewährleistet.

Als Folge ergibt sich ein Bedarf, qualitätsbasierte Tarife innerhalb von Zusammenschaltungsvereinbarungen zu verhandeln.<sup>8</sup>

Der Wettbewerb zwischen den unterschiedlichen Netzbetreibern (Zugangsnetzbetreiber oder Kernnetzbetreiber), die im Rahmen ihrer jeweiligen Netzhoheit die Netzarchitektur sowie Preis- und Qualitätsdifferenzierungsstrategien wählen, würde bei der Einführung einer zentralen, globalen Planungsinstanz ausgeschaltet.<sup>9</sup> Der Suchprozess nach geeigneten Koordinationsverfahren zwischen den Netzbetreibern sollte sich vielmehr ungehindert entfalten können und darf nicht durch staatliche Regulierungen (etwa durch Vorgabe von Qualitätsstandards) behindert werden.

Ein Vorschlag zur Überwindung des Koordinationsproblems zwischen autonomen Netzbetreibern besteht darin, einen einheitlichen Standard für Qualitätsklassen zu entwickeln, der für sämtliche Netzbetreiber verbindlich wäre (Borella et al., 1999, S. 288). Aufgrund der großen Netzvielfalt und den vielfältigen heterogenen Preis- und Qualitätsdifferenzierungsstrategien der unterschiedlichen Netzbetreiber dürfte allerdings die Durchsetzung eines solchen einheitlichen Standards im Rahmen einer Komitee-Lösung keine einfache Aufgabe sein.

Erfolgversprechender erscheint eine sukzessive Entwicklung von bilateralen oder multilateralen Vereinbarungen zwischen den involvierten Netzbetreibern über unterschiedliche Qualitätsklassen. Ein erster Schritt könnte beispielsweise die Einführung von zwei Klassen sein. Angenommen, Netzbetreiber A unter-

---

<sup>8</sup> Bisher sind in den Zusammenschaltungsvereinbarungen zwischen den Netzbetreibern Qualitätsdifferenzierungen nicht vorgesehen, obwohl gerade durch die Bildung von Qualitätsklassen unter Einbeziehung der heterogenen Nutzerbedürfnisse die Stau-problematik im Internet entzerrt werden könnte. Allerdings stellt die Zusammenschaltung unter Einbezug von Qualitätsklassen ein komplexes Koordinationsproblem dar (Liakopoulos et al., 2004, S. 326).

<sup>9</sup> Ein extremer Lösungsansatz besteht darin, eine bestimmte Anzahl von Netzen unterschiedlicher Netzbetreiber unter eine zentrale, globale Planungskompetenz zu stellen, um dann mittels zentralisierter, nicht-linearer Optimierungsansätzen nach globalen, optimalen Preis- und Investitionslösungen zu suchen. Solche Ansätze sind in jüngster Zeit bereits entwickelt worden, etwa von Li et al. (2004): „A global market is created for all the domains to bid for the capacity in order to provide a QoS guaranteed service.“ (S. 93)

scheidet zwischen Premiumklasse und Standardklasse. Netzbetreiber B behandelt alle Datenpakete gleich als Standardklasse. Netzbetreiber A wird die Datenpakete von Netzbetreiber B in seiner Standardklasse transportieren (Odlyzko, 1999, S. 142). Soll nun Netzbetreiber B Datenpakete der Premiumklasse von Netzbetreiber A weitertransportieren, ergibt sich das Problem, dass die Qualitätsansprüche nicht bedient werden können. Netzbetreiber A hat zur Lösung dieses Problems zwei Möglichkeiten: Entweder er überzeugt Netzbetreiber B, gegen entsprechendes Nutzungsentgelt seine Daten prioritär zu befördern (also die Qualitätsanforderungen der Premiumklasse zu übernehmen) oder er wechselt zu einem anderen Netzbetreiber, der ebenfalls die erforderlichen Qualitätsklassen anbietet. Solche Verhandlungen erfordern allerdings, dass sie für beide Seiten anreizkompatibel sind und insbesondere die Opportunitätskosten des priorisierten Datentransports in der Premiumklasse kompensieren. Eine Preissetzung des Datentransports in unterschiedlichen Qualitätsklassen auf der Basis von Inter-class-Externalitäten könnte hier die erforderlichen Anreize setzen.

Denkbar ist auch eine Entwicklung in Richtung von Spezialnetzen, die sich auf bestimmte Anwendungen fokussieren, beispielsweise auf die Verteilung von umfangreichen Dokumenten, den Aufbau von interaktiven Videospielnetzen etc. Parallel dazu könnten sich auch Netze herauskristallisieren, deren Kernprodukt die universelle Erreichbarkeit, zum Beispiel für Datenaustausch und Sprachtelefonie, wäre. Technische Lösungen, die es Teilnehmern ermöglichen, Leistungen von unterschiedlichen Netzanbietern zu beziehen („multi homing“), existieren bereits heute.

## Literatur

- Besen, S., Milgrom, P., Mitchell, B., Srinagesh, P. (2001), Advances in Routing Technologies and Internet Peering Agreements, *American Economic Review*, 91/2, Papers and Proceedings, 292-296
- Borella, M.S., Upadhyay, V., Sidhu, I. (1999), Pricing Framework for a Differential Service Internet, *European Transactions on Telecommunications*, 10/3, 275-288
- Bouras, C., Sevasti, A. (2004), SLA-based QoS pricing in DiffServ networks, *Computer Communications* 27, 1868-1880
- Chen, J.-C., Zhang, T. (2004), *IP-Based Next-Generation Wireless Networks: Systems, Architectures, and Protocols*, John Wiley & Sons
- Cr  mer, J., Rey, P., Tirole, J. (2000), Connectivity in the commercial Internet, *Journal of Industrial Economics* 48, 433-472
- Faratin, P., Clark, D., Gilmore, P., Bauer, S., Berger, A., Lehr, W. (2007), Complexity of Internet Interconnections: Technology, Incentives and Implications for Policy. Paper prepared for 35th Annual Telecommunications Policy Research Conference, George Mason University, September 2007
- Gibbens, R.J., Sargood, S.K., Kelly, F.P., Azmoodeh, H., Macfadyen, R., Macfadyen, N. (2000), An approach to service level agreements for IP networks with differentiated services, *Philosophical Transactions of The Royal Society A (Phil. Trans. R. Soc. Lond. A)*, 358, 2165-2182
- Giovannetti, E. (ed.) (2008), Peering and Roaming on the Internet, *Telecommunications Policy*, 32/1, Special Issue, 1-84
- Jin, N., Jordan, S. (2005), Information exchange in diffServ pricing, *IEEE Globecom 2005 proceeding*, 841-846
- Knieps, G. (2007), *Netz  konomie – Grundlagen, Strategien, Wettbewerbspolitik*, Gabler, Wiesbaden
- Knieps, G. (2008), *Wettbewerbs  konomie – Regulierungstheorie, Industrie  konomie, Wettbewerbspolitik*, Springer, Berlin u. a, 3. Aufl.

- Knieps, G., Zenhäusern, P. (2008), The fallacies of network neutrality regulation, *Competition and Regulation in Network Industries* 9/2, 119-134
- Laffont, J.-J., Marcus, S., Rey, P., Tirole, J. (2001) Internet Peering, *American Economic Review* 91/2, Papers and Proceedings, 287-291
- Li, T., Iraqi, Y., Boutaba, R. (2004), Pricing and admission control for QoS-enabled Internet, *Computer Networks*, 46/1, 87-110
- Liakopoulos, A., Maglaris, B., Bouras, C., Sevasti, A. (2004), Providing and verifying advanced IP services in hierarchical DiffServ networks – the case of GEANT, *International Journal of Communication Systems* 17/4, 321-336
- MacKie-Mason, J.K., Varian, H.R. (1995), Pricing the Internet, in W. Sichel and D.L. Alexander, editors, *Public Access to the Internet*. MIT Press, Cambridge, 1995, 269-314
- Odlyzko, A. (1999), Paris Metro Pricing for the Internet, *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Association for Computing Machinery (ACM) conference on Electronic Commerce*, 140-147
- Sidak, J. G. (2006), A Consumer-Welfare Approach to Network Neutrality Regulation of the Internet. *Journal of Competition Law and Economics* 2/3, 349-474
- Yuksel, M., Ramakrishnan, K.K., Kalyanaraman, S., Houle, J.D., Sadhvani, R. (2007), Value of Supporting Class-of-Service in IP Backbones, *IEEE*, S. 109-112

**Als Diskussionsbeiträge des  
Instituts für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.  
sind zuletzt erschienen:**

75. **G. Knieps:** Ökonomie der lokalen Netze, erschienen in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft: Lokale Versorgung im Wettbewerb, Chancen – Risiken – Strategien, Reihe B, B 240, 2001, S. 7-17
76. **G. Knieps:** Netzsektoren zwischen Regulierung und Wettbewerb, erschienen in: H. Berg (Hrsg.), Deregulierung und Privatisierung: Gewolltes – Erreichtes – Versäumtes, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Neue Folge, Band 287, Duncker und Humblot, Berlin, 2002, S. 59-69
77. **Knieps:** Regulatory reform of European telecommunications: Past experience and forward-looking perspectives, erschienen in: European Business Organization and Law Review, Vol. 2, 2001, pp. 641-655
78. **G. Knieps:** Competition in Telecommunications and Internet Services: A Dynamic Perspective, erschienen in: Barfield, C.E., Heiduk, G., Welfens, P.J.J. (eds.), Internet, Economic Growth and Globalization – Perspectives on the New Economy in Europe, Japan and the US, Springer Verlag, Berlin et al., 2003, S. 217-227
79. **G. Knieps:** Strategien zur Vollendung des Binnenmarktes: Liberalisierung der Netzzugänge, erschienen in: Caesar, R., Scharrer, H.-E. (Hrsg.), Der unvollendete Binnenmarkt, Nomos Verlag, Baden-Baden, 2003, S. 201-217
80. **G. Brunekreeft, K. Keller:** Sektorspezifische Ex-ante-Regulierung der deutschen Stromwirtschaft? Oktober 2001
81. **A. Gabelmann:** Regulating European Telecommunications Markets: Unbundled Access to the Local Loop Outside Urban Areas, erschienen in: Telecommunications Policy, 25, 2001, S. 729-741
82. **A. Gabelmann:** Monopolistische Bottlenecks versus wettbewerbsfähige Bereiche im Telekommunikationssektor, Dezember 2001
83. **G. Knieps:** Knappheitsprobleme in Netzen: Was leistet die Ökonomie? erschienen in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft: Knappe Netzkapazitäten – Probleme und Lösungsstrategien in offenen Verkehrs- und Versorgungsnetzen, Reihe B, B 252, 2002, S. 7-22
84. **G. Knieps:** Wholesale/retail pricing in telecom markets, erschienen in: Contributions to the WIK Seminar on „Regulatory Economics“, Königswinter, 19-21 November 2001, Bad Honnef, 2002, S. 9-20
85. **G. Knieps:** Wettbewerb auf den Ferntransportnetzen der deutschen Gaswirtschaft: Eine netzökonomische Analyse, erschienen in: Zeitschrift für Energiewirtschaft (ZfE) 26/3, 2002, S. 171-180
86. **G. Knieps:** Entscheidungsorientierte Ermittlung der Kapitalkosten in liberalisierten Netzindustrien, erschienen in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB), 73. Jg., Heft 9, 2003, S. 989-1006



87. **G. Knieps:** Costing und Pricing in Netzindustrien, erschienen in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft: Investitionsentscheidungen und Kostenmanagement in Netzindustrien, Reihe B, B 262, 2003, S. 7-25
88. **G. Knieps:** Does the system of letter conveyance constitute a bottleneck resource? erschienen in: G. Kulenkampff, A. Niederprüm (eds.), Contestability and Barriers to Entry in Postal Markets, Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef, 2006, S. 9-22
89. **G. Knieps:** Preisregulierung auf liberalisierten Telekommunikationsmärkten, erschienen in: Telekommunikations- & Medienrecht, TKMR-Tagungsband, 2003, S. 32-37
90. **H.-J. Weiß:** Die Doppelrolle der Kommunen im ÖPNV, erschienen in: Internationales Verkehrswesen, Jg. 55 (2003), Nr. 7+8 (Juli/Aug.), S. 338-342
91. **G. Knieps:** Mehr Markt beim Zugang zu den Start- und Landerechten auf europäischen Flughäfen, erschienen in: Orientierungen zur Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik 96, Juni 2003, S. 43-46
92. **G. Knieps:** Versteigerungen und Ausschreibungen in Netzsektoren: Ein disaggregierter Ansatz, erschienen in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft: Versteigerungen und Ausschreibungen in Verkehrs- und Versorgungsnetzen: Praxiserfahrungen und Zukunftsperspektiven, Reihe B, B 272, 2004, S.11-28
93. **G. Knieps:** Der Wettbewerb und seine Grenzen: Netzgebundene Leistungen aus ökonomischer Sicht, erschienen in: Verbraucherzentrale Bundesverband (Hrsg.), Verbraucherschutz in netzgebundenen Märkten – wieviel Staat braucht der Markt?, Dokumentation der Tagung vom 18. November 2003, Berlin, 2004, S. 11-26
94. **G. Knieps:** Entgeltregulierung aus der Perspektive des disaggregierten Regulierungsansatzes, erschienen in: Netzwirtschaften&Recht (N&R), 1.Jg., Nr.1, 2004, S. 7-12
95. **G. Knieps:** Neuere Entwicklungen in der Verkehrsökonomie: Der disaggregierte Ansatz, erschienen in: Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Symposium „Transportsysteme und Verkehrspolitik“, Vorträge 17, Schöningh-Verlag, Paderborn, 2004, S. 13-25
96. **G. Knieps:** Telekommunikationsmärkte zwischen Regulierung und Wettbewerb, erschienen in: Nutzinger, H.G. (Hrsg.), Regulierung, Wettbewerb und Marktwirtschaft, Festschrift für Carl Christian von Weizsäcker, Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, 2003, S. 203-220
97. **G. Knieps:** Wettbewerb auf den europäischen Transportmärkten: Das Problem der Netzzugänge, erschienen in: Fritsch, M. (Hrsg.), Marktdynamik und Innovation – Gedächtnisschrift für Hans-Jürgen Ewers, Duncker & Humblot, Berlin, 2004, S. 221-236
98. **G. Knieps:** Verkehrsinfrastruktur, erschienen in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.), Handwörterbuch der Raumordnung, Hannover 2005, S. 1213-1219
99. **G. Knieps:** Limits to the (De-)Regulation of Transport Services, erschienen als: “Delimiting Regulatory Needs” in: OECD/EMCT Round Table 129, Transport Services: The Limits of (De)regulation, OECD Publishing, Paris, 2006, S.7-31

100. **G. Knieps:** Privatisation of Network Industries in Germany: A Disaggregated Approach, erschienen in: Köthenbürger, M., Sinn, H.-W., Whalley, J. (eds.), Privatization Experiences in the European Union, MIT Press, Cambridge (MA), London, 2006, S. 199-224
101. **G. Knieps:** Competition in the post-trade markets: A network economic analysis of the securities business, erschienen in: Journal of Industry, Competition and Trade, Vol. 6, No. 1, 2006, S. 45-60
102. **G. Knieps:** Information and communication technologies in Germany: Is there a remaining role for sector specific regulations?, erschienen in: Moerke, A., Storz, C. (Hrsg.), Competitiveness of New Industries. Institutional Framework and learning in information technology in Japan, the US and Germany, Routledge, London, New York, 2007, S. 57-73
103. **G. Knieps:** Von der Theorie angreifbarer Märkte zur Theorie monopolistischer Bottlenecks, in: Daumann, F., Okruch, S., Mantzavinos, C. (Hrsg.), Wettbewerb und Gesundheitswesen: Konzeptionen und Felder ordnungsökonomischen Wirkens, Festschrift für Peter Oberender, Andrassy Schriftenreihe, Bd. 4, Budapest 2006, S. 141-159
104. **G. Knieps:** The Different Role of Mandatory Access in German Regulation of Railroads and Telecommunications, erschienen in: Journal of Competition Law and Economics, Vol. 2/1, 2006, S. 149-158
105. **G. Knieps:** Aktuelle Vorschläge zur Preisregulierung natürlicher Monopole, erschienen in: K.-H. Hartwig, A. Knorr (Hrsg.), Neuere Entwicklungen in der Infrastrukturpolitik, Beiträge aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster, Heft 157, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 2005, S. 305-320
106. **G. Aberle:** Zukünftige Entwicklung des Güterverkehrs: Sind Sättigungsgrenzen erkennbar? Februar 2005
107. **G. Knieps:** Versorgungssicherheit und Universaldienste in Netzen: Wettbewerb mit Nebenbedingungen? erschienen in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft: Versorgungssicherheit und Grundversorgung in offenen Netzen, Reihe B, B 285, 2005, S. 11-25
108. **H.-J. Weiß:** Die Potenziale des Deprival Value-Konzepts zur entscheidungsorientierten Bewertung von Kapital in liberalisierten Netzindustrien, Juni 2005
109. **G. Knieps:** Telecommunications markets in the stranglehold of EU regulation: On the need for a disaggregated regulatory contract, erschienen in: Journal of Network Industries, Vol. 6, 2005, S. 75-93
110. **H.-J. Weiß:** Die Probleme des ÖPNV aus netzökonomischer Sicht, erschienen in: Lasch, Rainer/Lemke, Arne (Hrsg.), Wege zu einem zukunftssträchtigen ÖPNV: Rahmenbedingungen und Strategien im Spannungsfeld von Markt und Politik, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2006, S. 119-147
111. **G. Knieps:** Die LKW-Maut und die drei Grundprobleme der Verkehrsinfrastrukturpolitik, erschienen in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft: Die LKW-Maut als erster Schritt in eine neue Verkehrsinfrastrukturpolitik, Reihe B, B 292, 2006, S. 56-72

112. **C.B. Blankart, G. Knieps, P. Zenhäusern:** Regulation of New Markets in Telecommunications? Market dynamics and shrinking monopolistic bottlenecks, erschienen in: European Business Organization Law Review (EBOR), Vol. 8, 2007, S. 413-428
113. **G. Knieps:** Wettbewerbspotenziale im Nahverkehr: Perspektiven und institutionelle Barrieren, erschienen in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft: Warten auf Wettbewerb: ÖPNV in Deutschland, Reihe B, 2007, S. 11-23
114. **F. Birke:** Universaldienstregulierung in der Telekommunikation heute: Herausforderungen, Chancen und Risiken – Ein historischer Ansatz, Mai 2007
115. **G. Knieps, P. Zenhäusern:** The fallacies of network neutrality regulation, erschienen in: Competition and Regulation in Network Industries, Vol 9/2, 2008, S. 119-134
116. **G. Knieps:** Disaggregierte Regulierung in Netzsektoren: Normative und positive Theorie, erschienen in: Zeitschrift für Energiewirtschaft, 31/3, 2007, S. 229-236
117. **G. Knieps, H.-J. Weiß:** Reduction of Regulatory Risk: A Network Economic Approach, erschienen in: in: U. Blum (Hrsg.), Regulatorische Risiken – Das Ergebnis staatlicher Anmaßung oder ökonomisch notwendiger Interventionen?, Schriften des Instituts für Wirtschaftsforschung Halle, Bd. 29, Nomos Verlag, Baden-Baden, 2009, S. 99-109
118. **G. Knieps, H.-J. Weiß:** Regulatory Agencies and Regulatory Risk, Revised Version: January 2008
119. **G. Knieps:** Regulatorische Entbündelung in Netzindustrien, erschienen in: Tagungsbände der Gesellschaft für Verkehrswissenschaft und Regionalpolitik an der Universität Freiburg e.V., 40. Freiburger Verkehrsseminar 2007, Entbündelung in Netzindustrien: Chancen und Risiken, Freiburg, S. 11-25
120. **G. Knieps:** The Net Neutrality Debate and the German Communications and Competition Law, erscheint in: Proceedings of the 3rd Annual International Conference on „Net Neutrality“, Center for Law and Public Utilities, Seoul National University, 17 October 2008
121. **G. Knieps:** Verkehrsinfrastrukturen zwischen Wettbewerb und Regulierung, erschienen in: Wirtschaftspolitische Blätter, 56/1, 2009, S. 11-21
122. **G. Knieps:** Wettbewerb und Netzevolutorik, erscheint in: Beiträge zum Hoppmann-Band, Schriftenreihe des Walter Eucken Instituts, Mohr (Siebeck), Tübingen, 2009
123. **G. Knieps, P. Zenhäusern:** ‘Stepping stones’ and ‘access holidays’: The fallacies of regulatory micro-management, erschienen in: P. Baake, R. Borck (eds.), Public Economics and Public Choice: Contributions in Honour of Charles B. Blankart, Springer Verlag, Berlin u.a., 2007, S. 257-277
124. **G. Knieps:** Qualitäts- und Preisdifferenzierung im Internet, erscheint in: Tagungsband Wettbewerbsprobleme im Internet, Reinhard Fischer Verlag, 2009