



Universität Augsburg
Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl
Kernkompetenzzentrum
Finanz- & Informationsmanagement
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik,
Informations- & Finanzmanagement

UNIA
Universität
Augsburg
University

Diskussionspapier WI-124

Bepreisungsansätze für verstopfte UMTS-Mobilfunknetzwerke

von

Dennis Kundisch, Axel Schell¹

November 2002

in: Pousttchi, K. Turowski, K., Hrsg., Mobile Commerce - Anwendungen und
Perspektiven - 3. Workshop Mobile Commerce, GI-Edition Lecture Notes in
Informatics, Augsburg, Februar 2003, 25. Band, Köllen Druck + Verlag, Bonn, 2003,
S. 102-116

¹ Allianz Versicherungs-AG, IS-ADV

Bepreisungsansätze für verstopfte UMTS Mobilfunknetzwerke

Dr. Dennis O. Kundisch

Universität Augsburg

Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik und Financial Engineering

Universitätsstraße 16

86135 Augsburg

Telefon: +49-821-598-4141

Fax: +49-821-598-4225

Email: Dennis.Kundisch@WiWi.Uni-Augsburg.de

Dr. Axel J. Schell

Allianz Versicherungs-AG

IS-ADV

Fritz-Schäffer-Str. 9

81737 München

Telefon: +49-89-3800-19344

Fax: +49-89-3800-7353

Email: Axel.Schell@Allianz.de

Bepreisungsansätze für verstopfte UMTS Mobilfunknetzwerke*

Zusammenfassung:

Europäische Telekommunikationsfirmen haben in den vergangenen 2 Jahren Milliarden von Euro ausgegeben, um zum einen eine UMTS Lizenz für den Betrieb eines Mobilfunknetzwerkes der 3. Generation zu erhalten und zum anderen die dafür notwendige Infrastruktur aufzubauen. Vor dem Hintergrund der bereits in Teilen von GSM Netzwerken festzustellenden Überlastungssituationen stellt sich die Frage, ob sich diese Situation in den UMTS Netzwerken durch den Einsatz neuer Technologien und Applikationen wie Videokonferenzen, lokalisierter Dienste und anderer bandbreitenintensiver Applikationen in der Zukunft noch verschlechtern wird. Basierend auf einer Einschätzung von zukünftigen Überlastungssituationen in UMTS Netzwerken werden mögliche Bepreisungsmechanismen vorgestellt und hinsichtlich ihrer Eignung zur Lösung der erwarteten Probleme evaluiert.

Schlüsselworte: UMTS, Bepreisung, Mobilfunk, Überlastung, Quality of Service

1. Einleitung

"The current Internet gold rush will be dwarfed by what is about to happen with wireless Internet access"
The Economist, 9. Oktober 1999

In Europa sind mittlerweile alle UMTS Lizenzversteigerungen und -vergaben zu Ende gegangen, mehrere hundert Milliarden Euro wurden von den Telefongesellschaften für den neuen zukünftigen Mobilfunkstandard UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) bezahlt. Auch wenn Mobilfunknetzwerke auf Basis von UMTS die Nutzungsmöglichkeit von bandbreitenintensiven hoch interaktiven Multimedia Anwendungen versprechen, ist noch nicht sicher, ob die Mobilfunknutzer überhaupt von diesen „anytime anywhere“ Diensten in dieser Form Gebrauch machen werden können. Aber auch nach einer momentanen Phase der Ernüchterung rechnen Experten ab dem Jahre 2005 mit Milliardenumsätzen im Mobile Business [Ecin02]

* Die Ausführungen dieses Beitrags sind eine Erweiterung von [KuSc01] und basieren teilweise auf Ideen in [Sche02].

Doch bereits heute kommt es bei GSM Netzwerken in Ballungszentren zu Stausituationen bei Sendestationen, die zu einer eingeschränkten Netzfunktionalität führen [Telt00b]. Durch den ermöglichten Einsatz von neuen Applikationen in UMTS Netzwerken wie beispielsweise ortsabhängiger Dienste, Videokonferenzen und anderen bandbreitenintensiven Anwendungen, könnte sich diese Problemsituation in Zukunft weiter verschlechtern. Wenn Mobilfunkanbieter ihren Kunden keine angemessene Dienstqualität für verschiedene Anwendungen anbieten bzw. sogar garantieren können, könnte dies - ähnlich zu der Situation im Internet - auf Grund nicht realisierter Umsätze zu Milliarden Verlusten der Telekommunikationsunternehmen und Contentlieferanten führen [FrKS00][BüKP01].

Die Einführung von geeigneten Bepreisungsmechanismen ist eine häufig gewählte und geeignete Maßnahme, um solche Probleme auf ökonomische Weise zu lösen. Immer wenn es um die Allokation begrenzter Kapazitäten geht, sind Bepreisungsmechanismen für unterschiedlichste Anwendungen i.d.R. ein geeignetes Mittel, um die knappen Ressourcen effizient unter den Benutzern aufzuteilen.

In diesem Beitrag soll versucht werden bereits bekannte Bepreisungsmodelle, die für den Einsatz im Internet vorgeschlagen wurden, bezüglich deren Übertragbarkeit auf das Mobilfunknetz zu untersuchen. Dabei wird das Ziel verfolgt antizipierte Probleme im Bereich des Mobile Business bereits heute zu durchdenken und erste Lösungsansätze zu erarbeiten, bevor eine Volkswirtschaft die potenziell entstehenden Kosten tragen muss. Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 werden mögliche neue UMTS Applikationen beschrieben und ein kurzer Überblick über die technische Funktionsweise von UMTS Netzwerken gegeben. Anschließend wird erläutert, warum gravierende Probleme mit dem Servicequalitätslevel sowie Engpaßsituationen bzw. Datenstaus zu erwarten sind. Kapitel 3 beschäftigt sich mit der Vorstellung und einer kurzen Taxonomy von verschiedenen Bepreisungsansätzen. Eine Evaluierung und Diskussion dieser Ansätze und ein möglicher Lösungsweg folgen in Kapitel 4. Eine Zusammenfassung und ein Ausblick in Kapitel 5 schließen den Beitrag ab.

2. UMTS, Applikationen und Stau

„UMTS – A set of services which we cannot imagine today with a technology that does not yet exist for user needs which we do not know.“

Juha Rapeli, Chair of the European Telecommunications Standards Institute

Die momentan gängigen Netzwerke basieren auf dem GSM Standard, der es erlaubt, Daten nur mit einer Transferrate von bis zu 9.6 Kbit/s zu übertragen. Eine neue Infrastruktur wird notwendig, wenn es darum geht, den Benutzern einen größeren Komfort und mehr Möglichkeiten zu bieten, von mobilen Endgeräten aus auf das Internet und dessen Dienste zuzugreifen. Standards für neue Netzwerk- und Übertragungstechnologie werden von diesen Überlegungen geprägt. GPRS, HSCSD und UMTS konkurrieren nicht mit WAP, sie werden die Akzeptanz und die Verbreitung von WAP (als Protokoll) und mobilen ortsabhängigen auf WAP basierenden Diensten fördern. Sie wurden hauptsächlich als „Enabler“ von neuen innovativen mobilen Diensten entwickelt. Dank dieser Weiterentwicklung der Netzwerke werden in einigen Jahren Videokonferenzen und geographische Positionierungsdienste in ganz Europa zum Standard werden. Zunächst sollen einige dieser neuen Dienste und ihre Übertragungscharakteristika vorgestellt werden.

2.1 Zukünftige Anwendungen für UMTS

Die heutigen (mobilen) Telefonnetze sind hauptsächlich leitungsvermittelt und damit abhängig von der jeweiligen Verfügbarkeit einer freien Leitung. Paketvermittelte Netzwerke hingegen, die z.B. das Internet Protokoll (IP) benutzen, unterhalten nur eine virtuelle Verbindung zwischen zwei entfernten Knoten, die nur bei Bedarf für kurze Zeit aufgebaut und anschließend sofort wieder abgebaut wird. Durch diese Art der Datenübertragung werden nicht nur neue Dienste ermöglicht sondern auch neue Abrechnungsverfahren. Für viele der neuen Dienste und Anwendungen ist eine konstant hohe Bandbreite notwendig, die bisher noch nicht zur Verfügung stand.

Jedoch ist nicht nur die maximal zur Verfügung stehende Bandbreite ein Kriterium von enormer Bedeutung sondern auch die Art und Weise, wie die Anwendungen mit Verzögerungen, Übertragungsfehlern und Paketverlusten zurecht kommen. Viele Streaming Anwendungen werden kei-

nen großen Qualitätsverlust bei der Präsentation aufweisen, falls einige Datenpakete beim Transport verloren gehen. Jedoch kann sich die Qualität einer Videokonferenz, die zwei oder mehr Mobilfunkanwender miteinander durchführen, stark abnehmen, falls es zu größeren Verzögerungen bei der Datenübertragung kommt. Hingegen kann ein heruntergeladenes Programm erst dann ausgeführt werden, wenn das letzte Paket des Downloads angekommen ist. Somit verändert sich die Dienstqualität, die der Nutzer von verschiedenen Applikationen erwartet, unter verschiedenen Umständen erheblich. Tabelle 1 stellt verschiedene Anwendungen mit den dazugehörigen Übertragungscharakteristika vor, sowie die jeweiligen Anforderungen an Zuverlässigkeit und Transferraten für ein sichergestelltes einwandfreies Funktionieren der Applikationen.

Typ	Anwendung	Transferrate	Verzögerung	Verzögerungsvarianz	Zuverlässigkeit
Conversational / real time	Sprachkonversation	4-25 Kbit/s	<150 ms	<1 ms	<3% FER*
	Video Konferenz	32-384 Kbit/s	<150 ms		<1% FER
	Telemetrie (Steuerung)	<28.8 Kbit/s	<250 ms		~0% FER
	Spiele	<1 Kbit/s	<1 Sek		<3% FER
Inter-active	Sprachnachrichten	4-13 Kbit/s	4 Sek/Seite	<1 ms	<3% FER
	WWW surfen		4 Sek		
	E-Commerce		<10 Sek		<0% FER
Streaming	Audio	32-384 Kbit/s	<10 Sek	<1 ms	<1% FER
	Video	32-384 Kbit/s	<10 Sek		<1% FER
	Telemetrie (Überwachung)	<28.8 Kbit/s			~0% FER

*FER = False Enrolment Rate

Tabelle 1: Übertragungscharakteristika von zukünftigen UMTS Applikationen [Umts00].

Besonders für „Video on demand“ als auch für andere hoch interaktive Applikationen werden Bandbreiten von bis zu 2Mbit/s notwendig werden [3GGe01].

Im nächsten Kapitel wollen wir die technischen Voraussetzungen, die es UMTS ermöglicht, solche Bandbreiten bereitzustellen, genauer betrachten.

2.2 Der UMTS Standard

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ist der zukünftige Standard für Mobilfunknetzwerke. Unter Standard sollen im folgenden dokumentierte Übereinkünfte verstanden werden, die technische Spezifikationen oder andere präzise Kriterien enthalten, welche als dauerhafte Regeln, Richtlinien oder Kriteriendefinitionen verwendet werden. Standards gewährleisten, daß die darauf aufbauenden Materialien, Produkte, Anwendungen, Prozesse und Dienstleistungen ihre Bestimmungen bestmöglich erfüllen. Mit Übertragungsraten, die bis zu 200 mal über den heutigen liegen, wird es durch den UMTS Standard erstmals möglich sein, qualitativ hochwertige Multimedia Applikationen und Videokonferenz Produkte zu nutzen. UMTS gehört zu den sogenannten „Dritte Generation“ Mobilfunknetzwerken, die paketorientiert breitbandige Übertragungen von digitalisierter Sprache, Video und Text bei einer Datentransferrate von bis zu 2 Mbit/s ermöglichen. UMTS bietet die Möglichkeit des „virtuellen Zuhause“, einer Umgebung, bei der ein sich bewegendes Benutzer durch eine Kombination von satelliten- und landübergreifenden Verbindungen die Möglichkeit hat, die gleichen Dienste zu nutzen, egal wo er sich gerade befindet, ob unterwegs, im Büro oder zu Hause. Abbildung 1 zeigt schematisch vereinfacht und im Überblick die Basis UMTS Referenzarchitektur.

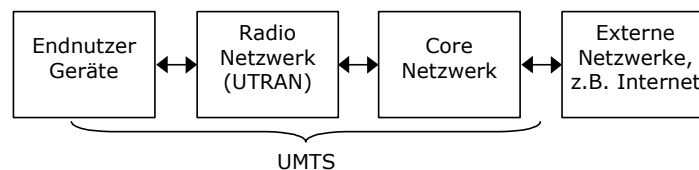


Abbildung 1: UMTS Referenz Architektur [Schi00].

Die International Telecommunication Union (ITU) hat zwei verschiedene Zugriffsmöglichkeiten für das zukünftige UMTS Netzwerk festgelegt: Den UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA)/Time Division Duplex (TDD) Modus für schmalbandige Anwendungen und den UTRA/Frequency Division Duplex (FDD) Modus für bandbreitenintensive Applikationen. Die jeweilige UMTS Zelle erkennt, welcher der beiden Modi nachgefragt wird und wechselt in den jeweiligen Modus [Schi00]. Es gibt drei verschiedene

Formen von Zellen in UMTS Netzwerken [Um97], die in Abbildung 2 grafisch veranschaulicht sind.

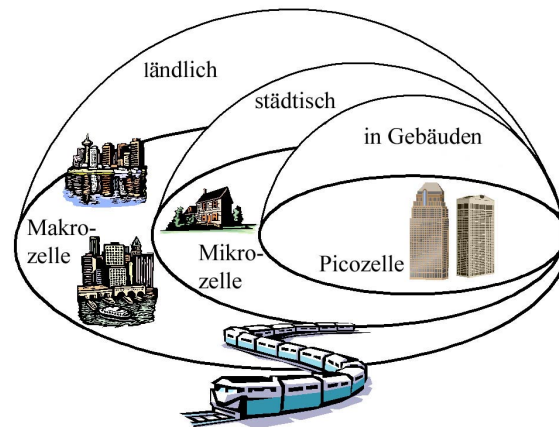


Abbildung 2: Typen von Zellen bei UMTS.

- Bandbreiten von bis zu 2 Mbit/s werden nur in sogenannten **Picozellen** auf Flughäfen, Messen und in speziellen Gebäuden möglich sein
- Die maximale Übertragungsrate von **Mikrozellen**, die beispielsweise in städtischen Gebieten zu finden sein werden, sinkt auf eine maximale Bandbreite von 384 Kbit/s
- In Vorstadtgebieten (**Makrozellen**) werden noch Übertragungsraten von bis zu 144 Kbit/s erreicht werden.

Des Weiteren ist eine Satelliten Zelle geplant, welche die Meere und die wenig bewohnten ländlichen Gegenden abdecken soll. Jedoch sind hierfür die Spezifikationen noch nicht endgültig festgelegt und nur sehr wenige Satellitenfrequenzbänder sind bisher versteigert worden.

Neben den größeren Bandbreiten bietet UMTS noch als weitere wichtige Neuerung die Einführung von vier verschiedenen „Quality of Service“ (QoS) Klassen [3GPP99], nämlich „conversational“, „streaming“, „interactive“ und „background“. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die geplanten Charakteristika der jeweiligen Klasse.

Klasse	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Grundlegende Charakteristika	Konversationsmuster, zeitlicher Zusammenhang zwischen Informationsentität und Datenfluß ist wichtig	Konstanter Fluß, zeitlicher Zusammenhang zwischen Informationsentität und Datenfluß ist wichtig	Frage-Antwort-Muster	Keine Vorgabe bzgl. Downloadgeschwindigkeit
Beispielanwendung	Sprache	Video	WWW Surfen	Download von Emails im Hintergrund

Tabelle 2: UMTS Quality of Service Klassen, in Anlehnung an [3GPP99].

Die oben genannten Bandbreiten erscheinen auf den ersten Blick zunächst beeindruckend. Nichtsdestotrotz ist die Hauptthese dieses Beitrags, daß Bandbreite an Sendestationen oftmals eine knappe Ressource sein wird. Der Fokus dieses Beitrags soll daher auf das effiziente und effektive Management der Schnittstelle zwischen Endgeräten der Benutzer und dem UTRA Netzwerk gelegt werden (vgl. Abbildung 1). Doch als erstes wollen wir argumentieren, warum wir der Überzeugung sind, daß es in UMTS Netzwerken überhaupt zu Stau Problemen kommen wird.

2.3 UMTS und Stau?

Stau Probleme sind aus dem Internet bereits ein bekanntes Problem. Wird die knappe Ressource Bandbreite und/oder Routerverarbeitungskapazität nicht anreizkompatibel unter den Nutzern verteilt, kann dies zu der bei öffentlichen Gütern bekannten Problematik der „Tragedy of the Commons“ kommen. Kontraproduktive Anreizstrukturen führen dabei zu einer Übernutzung der öffentlichen Ressource durch einzelne Nutzer, was zu negativen Externalitäten bei allen Nutzern führt. Diese externen Kosten wären vermeidbar, denn in der Regel gibt es Nutzer, die bereit wären, für eine entsprechende Servicequalität auch mehr zu bezahlen. Aufgrund der folgenden Argumente kann man davon ausgehen, dass ähnliche Engpasssituationen auch in den UMTS Netzwerken auftreten werden.

- Bitfehlerraten sind in Funknetzwerken wesentlich höher als dies bei vergleichbaren Kupferverbindungen der Fall ist [Schi00].
- Der Slow-Start-Algorithmus ist in Festnetzen zwar sehr wirkungsvoll, kann aber die Leistungsfähigkeit von TCP drastisch verschlechtern, wenn er mit mobilen Sendern und Empfängern zusammenarbeiten muß [Schi00].
- Bei mobilen Endgeräten können Datenpakete oftmals nicht schnell genug innerhalb eines Netzwerkes weitergeleitet werden, wenn sich das Gerät an einer Sendestation ausbucht und an einer benachbarten Sendestation einbucht [Schi00].
- Die reale Datentransferrate sinkt mit dem wachsenden Abstand zur nächsten Sendestation [Telt00a].
- Falls mobile Endgeräte mit einer Geschwindigkeit von bereits mehr als 10 km/h bewegt werden, fängt die Datenübertragungsrate an zu sinken. Bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h steht nur noch ein Sechstel der maximalen Übertragungsrate zur Verfügung [Bech00][Cerb00]. Es ist daher fraglich, ob es UMTS Telefondienste, beispielsweise in Hochgeschwindigkeitszügen, jemals geben wird [Telt00a].
- Die Verkehrscharakteristiken in drahtlosen Netzwerken sind selbstähnlich [SaTe99], infolgedessen ist die Varianz der Nutzung aus mathematischer Sicht infinit. Dieser Sachverhalt erschwert eine effiziente Nutzung dieser Ressource aufgrund der erschwerten Vorhersagbarkeit.
- Es wird eine stark steigende Nachfrage nach bandbreitenintensiven Anwendungen in den nächsten Jahren prognostiziert [Cerb00] [Ecin02].
- Ebenso wird prognostiziert, daß die Anzahl der Nutzer von mobilen Internetdiensten schon in den nächsten Jahren die Anzahl der weltweiten PC-basierten Internet Nutzern überholt. (siehe Abbildung 3).

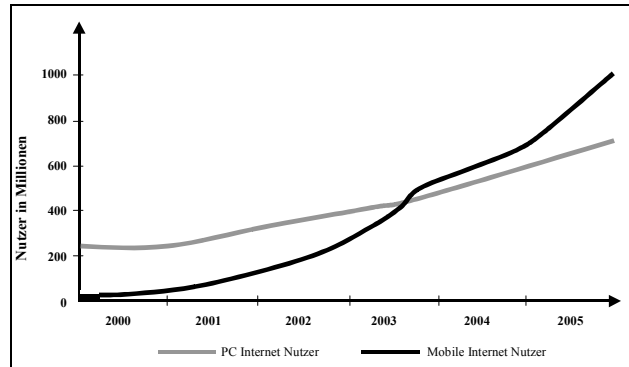


Abbildung 3: PC Internet Nutzer vs. Mobile Internet Nutzer [Erci00]

- Je mehr UMTS Geräte bei ein und derselben Sendestation eingebucht sind, desto mehr sinkt die zur Verfügung stehende Bandbreite pro Nutzer [Umts98]. Dieser enorm wichtige Punkt soll im folgenden genauer betrachtet werden.

Bei den UMTS Lizenzversteigerungen in einigen wichtigen Europäischen Ländern haben die meisten Mobilfunkunternehmen 2x10MHz (gepaart) Frequenzbänder und eine 5MHz (ungepaarte) Frequenz ersteigert bzw. gekauft.

Angenommen, ein Nutzer möchte einen 2 Mbit/s Dienst bzw. mehrere bandbreite intensive Anwendungen mit jeweils 384 Kbit/s gleichzeitig nutzen und konsumiert damit die kompletten Ressourcen einer ganzen Picozelle und somit das gesamte (ungepaarte) 5MHz Frequenzband. Diese Zelle ist somit vollständig von nur einem einzigen Benutzer blockiert. Die darüberliegende Mikrozelle kann dann wiederum lediglich neun weitere Nutzer mit der maximalen Bandbreite versorgen [oV01][Umts98]. Dies wiederum bedeutet, daß die darüberliegende Makrozelle alle anderen Nutzer im Umkreis der Picozelle bedienen muß. Bei einer wachsenden Verbreitung von Multimedia Applikationen kann davon ausgegangen werden, daß auch eine große Nachfrage nach diesen Diensten bestehen wird.

In Deutschland ist es sogar so, daß ein Mobilfunkanbieter gar kein ungepaartes 5 MHz Frequenzband ersteigern konnte und somit nicht in der Lage sein wird (mit eigenen Frequenzen) einen 2 Mbit/s Dienst anzubieten. Stellt man sich nun den kommenden Mobilfunkboom in Form von stark wachsendem Datenaufkommen und stark steigender Nutzerzahl bei fixen Bandbreitenkapazitäten vor, so ist unseres Erachtens zu erwarten, daß die Sendestationen entweder temporär vollständig durch einzelne Nutzer blockiert sein werden oder den an einer Sendestation ein-

gebuchten Nutzern nicht die gewünschte bzw. erforderliche Servicequalität (QoS) für ihre Dienste geboten werden kann.

Unserer Ansicht nach können in solchen Situationen Bepreisungsmechanismen Abhilfe leisten und die Nutzer davor bewahren, daß das Mobile Netzwerk zu einer frustrierenden Erfahrung wird. Insbesondere für Geschäftskunden, bei denen die Zahlungsbereitschaft tendenziell höher als bei Privatkunden eingeschätzt wird, ist es wichtig, daß die angebotenen Dienste auch zuverlässig und zum Zeitpunkt des Bedarfs genutzt werden können.

3. Bepreisungsmechanismen und Anforderungen

Angesichts des bevorstehenden UMTS Standards und den vorhersehbaren Engpaßsituationen stellt sich die Frage, ob bereits entwickelte oder schon angewandte Bepreisungsmodelle im TCP/IP Umfeld, wie beispielsweise dem Internet, auf UMTS Mobilfunknetzwerke übertragen werden können. Im nachfolgenden Abschnitt wollen wir kurz einige repräsentative Bepreisungsmodelle und -mechanismen vorstellen und kategorisieren. Anschließend wird ihre Anwendbarkeit in Kapitel 4 geprüft.

Gerade im Umfeld der TCP/IP Netzwerke wurde in den vorangegangenen Jahren viel Forschungsarbeit geleistet (eine Reihe von richtungsweisen Artikeln sind in [BaMc97] zu finden, eine gelungene Klassifizierung und Evaluation von Bepreisungsmechanismen ist bei [GeBö00] zu finden, siehe auch [BüKP01] [Bohn94] [Clar97] [Cocc93] [Gupt97] [Gupt99] [MacK97] [MaVa94a] [MaVa94b] [MaVa97] [McBa97] [Odl99a] [Odl99b] [Parr92] [Shen93]. Eine neuere Arbeit, welche ein Konzept für das Design von Internet Tarifen vorschlägt, findet sich in [ReSt01]).

Obwohl bereits eine große Anzahl vielversprechender und interessanter Vorschläge existiert, wie man in den TCP/IP Netzwerken die begrenzten Bandbreiten und begrenzten Routerkapazitäten effizient nutzen kann, befindet sich bisher keiner dieser Ansätze im heutigen öffentlichen Internet in Anwendung. Offensichtlich ist eines der Probleme beim Einsatz dieser Ansätze die extrem dezentralisierte Struktur des Internets und die enorm vielen verschiedenen Interessengruppen im Internet(umfeld). Jedoch scheint ein gleich wichtiges Argument die – insbesondere von den Endbenutzern – gewünschte bzw. geforderte Transparenz, Einfachheit und Vorhersagbarkeit des Bepreisungsmechanismus zu sein. Wenn

der Bepreisungsmechanismus für den Nutzer in der Handhabung und/oder Abrechnung zu kompliziert ist, wird er ihn nicht akzeptieren und die Nutzung des Dienstes tendenziell reduzieren oder sogar ganz einstellen.

Im Internet sind die meisten Bepreisungsmechanismen für private Benutzer normalerweise in Form von Flat Fees oder zeit- und nutzungsabhängigen Gebühren gestaltet. Daher wird es nicht ganz einfach sein, einen komplizierteren dynamischen Bepreisungsmechanismus einzuführen, auch wenn – ohne die substanziellen sozialen Kosten zu berücksichtigen, die insbesondere bei einem komplizierten Bepreisungsschema entstehen – aus rationaler Sicht nur anreizkompatible, auslastungsabhängige Bepreisungsansätze die soziale Wohlfahrt des Netzes zu maximieren vermögen.

Zur Kategorisierung von Preismechanismen lassen sich zumindest zwei Dimensionen unterscheiden [GeBö00]. Tabelle 3 zeigt eine Kategorisierung von verschiedenen Bepreisungsmechanismen entlang dieser Dimensionen. Diese Liste von Mechanismen ist selbstverständlich keineswegs als vollständig anzusehen. Unseres Erachtens ist es jedoch viel zentraler, die grundsätzlichen Vor- und Nachteile der vier Felder der Matrix in Tabelle 3 zu verstehen, als sich mit jedem denkbaren Bepreisungsmechanismus auseinanderzusetzen.

QoS	Ja	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paris Metro Pricing [Odly99a][Odly99b] 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Smart Market Approach [Mack97][MaVa94a][MaVa94b][MaVa97] ▪ Dynamic Optimal Prices [Gupt97][Gupt99]
	Nein	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flat fee ▪ Usage fee 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posted Peak Load Prices [Parr92]
		<i>Nein</i>	<i>Ja(statisch und dynamisch)</i>

Auslastungsbasiert

Tabelle 3: Kategorisierung verschiedener Bepreisungsmechanismen

Im folgenden sollen die einzelnen Mechanismen in der Matrix kurz vorgestellt werden.

Grundsätzlich ist unter einer Flat Fee die „kostenlose“ Nutzung einer bestimmten Bandbreite für eine gewisse Zeit (z.B. einen Monat) zu verstehen. Ebenso ist eine Usage Fee generell an eine gewisse Bandbreite in Kombination mit kürzeren Zeitfenstern gebunden (z.B. Minuten oder Stunden). Genauso könnte eine Usage Fee auch von der Anzahl der

übertragenen Datenpakete abhängen. Oft werden zweiteilige Tarife angeboten, die eine Kombination von Flat Fee (als Zugangsgebühr) und Usage Fee (als Nutzungsgebühr) darstellen.

Im Posted Peak Load Pricing Ansatz [Parr92] werden verschiedene Preise für verschiedene Tages- und Nachtzeiten angeboten, die an historische oder zu erwartende Auslastungsbedingungen angepaßt sind. Die dem Ansatz zugrunde liegende Annahme ist, daß es eine Korrelation zwischen der Nutzung des Dienstes und der Zeit gibt.

Paris Metro Pricing [Odly99a][Odly99b] bietet verschiedene Dienstklassen zu unterschiedlichen fixen Preisen an. Die zur Verfügung stehende physische Bandbreite wird dabei logisch in mehrere Kanäle aufgeteilt, da sonst höher priorisierte Kanäle weniger hoch priorisierte Kanäle komplett blockieren könnten. Die zugrundeliegende Annahme ist, daß die Nutzer aufgrund Ihrer Erfahrungen und Erwartungen selbst den geeigneten Kanal für den nachgefragten Dienst wählen werden („self-selection“). Dies führt automatisch zu verschiedenen Auslastungsniveaus in den verschiedenen Kanälen. Dabei gibt es keine Servicegarantie, sondern nur einen erwarteten Servicelevel pro Kanal.

Beim Smart Markt Approach [Mack97][MaVa94a][MaVa94b][MaVa97] geben die Nutzer einzelne Gebote für ihre zu übertragenden Datenpakete ab. Gemäß dieser Gebote werden die Datenpakete am jeweiligen Engpaß sortiert (im Internet sind dies die Router). Der Preis, der dann für die Übertragung des jeweiligen Paketes verlangt wird, ist dann das höchste Gebot des gerade nicht mehr transportierten Datenpaketes. In diesem Sinne ähnelt der Smart Market Ansatz einer Vickrey Auktion. Sieht man von der technischen und organisatorischen Durchführbarkeit einmal ab, wären die so festgelegten Preise optimal. Beim Dynamical Optimal Pricing [Gupt97][Gupt99] liegt der Fokus des Ansatzes auf der Festlegung von „nahezu“ optimalen Preisen. Der Hauptgedanke dabei ist, fortlaufend dynamisch optimale Preise zu bestimmen, die auf der stochastischen Gleichgewichtstheorie basieren.

In der Tat gibt es viele mögliche Stellen auf dem Weg vom Sender zum Empfänger, an denen möglicherweise Datenstaus entstehen können. In unseren Betrachtungen gehen wir davon aus, daß der größte Engpaß die Schnittstelle zwischen dem Funknetz und den Geräten der Nutzer ist und wir somit eine große Zahl dezentraler Stauverursacher haben, nämlich die Sendestationen. Dort und nur an dieser Stelle wollen wir einen geeigneten Bepreisungsmechanismus einsetzen. Natürlich sind wir uns dessen bewußt, daß durch den Einsatz eines Preismechanismus speziell an den Sendestationen sich der Engpaß an eine andere Stelle im Netz verschiebt. Die Erfahrungen aus dem Internet haben jedoch – zumindest bisher – gezeigt, daß umfassendere Lösungen, d.h. Ansätze, die den

ganzen Weg vom Sender bis zum Empfänger einbeziehen, kaum zu realisieren sind.

4. Bewertung der Bepreisungsansätze

Bevor wir die oben genannten Bepreisungsmechanismen auf ihre mögliche Anwendbarkeit untersuchen, sollten wir uns zuerst über das Ziel des gewünschten Bepreisungsansatzes klar sein.

4.1 Anforderungen an einen Bepreisungsmechanismus

Die folgenden Punkte fassen die Anforderungen an einen geeigneten Bepreisungsmechanismus zusammen [BüKP01]:

- **Kostendeckung:** Die Bepreisung soll dem Anbieter eine angemessene Kostendeckung ermöglichen. Die Dienste umfassen u.a. Übertragung, Routing von Datenpaketen, Unterhalten der Infrastruktur und die Administration der Netzwerke.
- **Signal für den optimalen Zeitpunkt und Allokation einer weiteren Investition:** Idealerweise würde ein optimaler Preismechanismus zur richtigen Zeit signalisieren, wann und wo weitere Investitionen notwendig sind und ob bereits genügend Gewinne für die Durchführung dieser Investitionen erwirtschaftet wurden.
- **Anwendbarkeit und Einfachheit:** Der Bepreisungsmechanismus sollte einfach einzuführen und so einfach wie möglich für die Benutzer nachvollziehbar sein. Dies schließt sowohl ein praktikables als auch ein zuverlässiges und sicheres Berechnungs- und Abrechnungsverfahren ein.
- **Anreizkompatibilität:** Der Bepreisungsmechanismus sollte von der Benutzung der Ressource abschrecken, falls die Sendestation verstopft ist. Außerdem sollte die Nutzung im Falle einer Unterauslastung und im Falle von freien Kapazitäten gefördert werden.

Das Oberziel, welches mit einem solchen Bepreisungsmechanismus verfolgt werden sollte, ist natürlich die Maximierung der sozialen Wohlfahrt des Netzes, also die Maximierung der Summe der Produzenten- und Konsumentenrente. Dies wird jedoch i.d.R. nur möglich sein, wenn auf der einen Seite die Bedürfnisse des Endkunden ausreichend bei der Gestaltung des Bepreisungsmechanismus berücksichtigt wurden und damit

vom Nutzer akzeptiert wird und auf der anderen Seite Über- oder Fehl-investitionen auf Seiten der Anbieter vermieden werden können. Die vier genannten Unterziele sind daher als konkretisierte Anforderungen an einen Bepreisungsmechanismus zu verstehen, die zur Erfüllung des Oberziels beitragen.

Im Folgenden werden die vorgestellten Bepreisungsmechanismen anhand dieser Anforderungen bewertet.

4.2 Diskussion

Generell ist zunächst anzumerken, daß es unseres Erachtens keinen Sinn macht, verschiedene Applikationen von vorneherein unterschiedlich zu bepreisen. Eine Anbindung von Anwendung an den Preis macht aus folgenden Gründen keinen Sinn (vgl. auch [BüKP01]):

- Jeder Nutzer bewertet den gleichen Dienst zu unterschiedlichen Zeiten und in unterschiedlichen Umständen verschieden.
- Verschiedene Nutzer bewerten den gleichen Service unterschiedlich.
- Nur ein Nutzer selbst weiß um seine Zahlungsbereitschaft für einen bestimmten Service – und selbst diese stützt sich in der Regel letztendlich auf Erwartungen.
- Nutzungsmuster und der Kontext, in dem bestimmte Anwendungen verwendet werden, können sich sehr schnell ändern.
- Falls neue Anwendungen hinzukommen, wäre jeweils ein neuer Preis festzulegen – und in der Tat ist mit einer Reihe von neuen Anwendungen zu rechnen, für die noch keine Erfahrungswerte vorliegen.

Damit sollte also ein Preismechanismus losgelöst von der Anwendung vielmehr bestimmte Übertragungscharakteristika berücksichtigen. Wie passen nun die verschiedenen Preismodelle mit den oben formulierten Anforderungen zusammen?

Wenn die Bepreisung nicht vom Auslastungsstatus abhängt und es zudem keine verschiedenen Dienstgüteklassen gibt, profitieren sowohl der Nutzer als auch der Netzbetreiber von einem maximal einfachen Ansatz. Flat Fee und Usage Fee Mechanismen sind einfach zu verstehen und können auch einfach eingeführt und angewendet werden, ohne daß neues Equipment angeschafft oder installiert werden muß. Zusätzlich profitieren sowohl der Nutzer als auch der Netzbetreiber von vorhersehbaren Erlösen und Kosten, was bei beiden Anspruchsgruppen zu mehr Planungssicherheit führt. Jedoch bleiben die Möglichkeiten von UMTS mit der Unterstützung verschiedener QoS Klassen ungenützt. In einem sol-

chen Szenario ist es sehr fragwürdig, ob bandbreitenintensive Anwendungen überhaupt angewendet werden könnten, da die Sendestationen von vielen Nutzern ausgelastet sind und somit kein Nutzer höhere Bandbreiten für seine Services nutzen kann. Zudem erhält der Nutzer im Falle eines „best-effort“ Service keine Qualitätsgarantie für die angebotenen Dienste. Des Weiteren ist das Bepreisungsschema weder anreizkompatibel, noch werden Signale, wann und wo die nächste Investition vorgenommen werden soll, gegeben. Alles in allem sind Flat und Usage Based Fees für „best-effort“ Services geeignet, werden aber wohl in ihrer reinen Form nicht der geeignetste Ansatz für ein UMTS Netzwerk mit seiner Vielzahl an unterschiedlichsten Applikationen sein. Vielmehr könnte man sich vorstellen, eine Flat Fee als einen Basisbaustein für die Bepreisung zu verwenden.

Betrachten wir nun die Situation, bei welcher der Bepreisungsmechanismus noch nicht zwischen verschiedenen Serviceklassen unterscheidet, aber bereits auslastungsabhängige Preise angeboten werden. Sind diese auslastungsabhängigen Preise statisch, wie z.B. beim Posted Peak Load Ansatz, dann haben wir entgegengesetzte Effekte zu berücksichtigen. Auf der einen Seite profitieren sowohl die Nutzer als auch die Netzbetreiber von einem relativ transparenten und einfach durchschaubaren Preismechanismus, auf der anderen Seite aber läßt sich die Annahme der hohen Korrelation zwischen der Tageszeit und dem Benutzungsgrad des Netzwerkes gerade im Zeitalter, in dem Internet Applikationen auch für Anwender mittels mobiler Datenübertragungstechnologie verfügbar werden, wohl kaum in der Form halten. Somit erwarten wir, daß die Anreizkompatibilität sich über die Zeit hinweg verringert. Darüber hinaus zeigt die Auslastung im Internet eine (mathematisch) unendliche Varianz [SaTe99][BüKP01], so daß in Spitzenzeiten, zu denen ein sehr hoher Preis bezahlt werden muß, unbenutzte freie Kapazität für kurze Zeitscheiben zur Verfügung steht. Genauso wie bei den Flat und Usage Fee Schemata wird diese Gruppe der Bepreisungsansätze auf Grund mangelnder Service Klassen und somit QoS Möglichkeiten grundsätzlich eher verworfen.

Als Zwischenfazit können wir festhalten, daß uns die Unterstützung von verschiedenen Service Klassen als ein essentiell wichtiges Element eines vorzuschlagenden Bepreisungsmechanismus sein sollte. Wie sieht es also mit einer Kombination von QoS und auslastungsabhängigen Preisen aus?

Durch Abgeben eines sehr niedrigen Gebotes beim Smart Market Szenario können die Mobilfunkbenutzer mit dem aus dem Internet gewohnten „best-effort“ Service versorgt werden. Durch das Ändern der Höhe seines Gebotes erklärt der Benutzer implizit seine gewünschte QoS-Klasse. Eine weitere Aufteilung in Serviceklassen ist nicht notwendig und würde

zu einer ineffizienten Nutzung der Bandbreitenkapazität führen. Ein Problem dieses Ansatzes sind die immensen Datenmengen, die für die Ermittlung der Preise gesammelt und ausgewertet werden müssen. Bereits wenige Benutzer können eine so große Datenflut erzeugen, daß die Kosten, diese Daten zu verarbeiten und zu analysieren höher sind als die Erlöse, die mit diesem Mechanismus zu erzielen sind. Das Hauptproblem dieses Ansatzes liegt aber in der Preistransparenz für den Mobilkunden. Sich ständig ändernde Preise und nicht auf die Anforderungen verschiedener Anwendungen abgestimmte Übertragungscharakteristika machen diesen Ansatz für den Nutzer zu einem anstrengenden Unterfangen. Beispielsweise könnte sich der Preis mitten in einer wichtigen Datenübertragung so stark ändern, daß die Übertragung abgebrochen wird und somit auch die bereits gesendeten Datenpakete wertlos sind. Eine zusätzliche Schwierigkeit ist der strategische Anreiz für die Netzbetreiber, bei einer solchen Bepreisung an den Sendestationen den Datenverkehr und damit die Auslastung künstlich hochzuhalten. Dies führt logischerweise zu (künstlich) höheren Preisen [Craw97]. Die Argumente gegen den Dynamical Optimal Pricing Ansatz sind den oben aufgeführten vom Grunde her sehr ähnlich und sollen an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden. Das bedeutet also, auch wenn diese dynamischen Konzepte theoretisch – gegeben die Nutzerakzeptanz spiele keine Rolle – den sozialen Wert des Netzes maximieren, ist ihre Anwendbarkeit aufgrund der Nutzerakzeptanz und der technischen und organisatorischen Probleme zumindest stark in Frage zu stellen und damit der tatsächliche soziale Wert des Netzes nicht maximal.

Zum Schluss möchten wir noch einen Blick auf die Ansätze werfen, die verschiedene Serviceklassen vorsehen, die Preise aber nicht laufend nach Erfahrungswerten der Nutzung aus vergangenen Perioden oder auf Grund der aktuellen Datenübertragungssituation angepaßt werden. Durch die festen Preise genießen die Kunden den Vorteil eines transparenten Marktes und haben eine große Sicherheit, was die Höhe ihrer Telekommunikationskosten anbelangt. Auch die Provider werden auf Grund der vielen Erfahrungen aus der Vergangenheit eine große Sicherheit haben, was die erwarteten Erlöse angeht. Da UMTS bereits mehrere Service Klassen vorsieht, könnte der Paris Metro Pricing Ansatz recht einfach implementiert werden. Vier verschiedene Kanäle (vgl. Tabelle 2) könnten an den Sendestationen logisch für die vier verschiedenen Service Klassen reserviert werden. Alleine schon durch die Einführung von verschiedenen Serviceklassen zu unterschiedlichen Preisen ist es dem Nutzer möglich, die richtige Klasse mit dem dazugehörigen Preis entsprechend seinen Bedürfnissen zu wählen. Vor allem vor dem Hintergrund, daß verschiedene Nutzer verschiedene Dienste und Applikationen unterschiedlich bewerten und jeder User einen einzelnen Dienst für sich

zu unterschiedlichen Zeiten als unterschiedlich wichtig einstuft, ist solch ein Konzept als sehr sinnvoll anzusehen.

Obwohl fixe Preise in dem Sinne nicht anreizkompatibel sind, daß Nutzer davon abgehalten werden die jeweilige Ressource zu nutzen, obwohl schon eine sehr hohe Auslastung herrscht, bieten fixe Preise auf der anderen Seite den großen Vorteil, daß sie über die Zeit und auch beim Einbuchen an einer anderen Sendestation keiner Schwankung unterliegen. Natürlich sind die Preise bei Paris Metro Pricing nicht für immer fix, sondern können je nach Gesamtauslastung des Netzes und nach Nutzung einzelner Serviceklassen, periodisch – z.B. viertel- oder halbjährlich – angepaßt werden.

Der Mangel, daß kein Qualitätsniveau zugesichert werden kann, stellt keinen prohibitiven Nachteil dar, weil die Basis für eine Kaufentscheidung meist die erwartete und nicht die garantierte Qualitätsklasse ist [Odly99a]. Beispielsweise kennt man den Wert eines Buches erst dann, wenn man es gelesen hat und nicht schon beim Kauf. In der Regel muß man jedoch eine gewisse Erwartung über den Wert des Buches gehabt haben, denn sonst hätte man es nicht gekauft. In diesem Zusammenhang sollte klar geworden sein, daß der Paris Metro Pricing Ansatz keine einfach zu quantifizierende greifbare Zielfunktion maximiert. Somit wird hier die Optimalitätsbedingung der Einfachheit, Benutzerfreundlichkeit und Benutzerakzeptanz geopfert [Odly99b].

Jedoch bleibt immer noch ein ungelöstes Problem übrig, welches an sich nur von Ansätzen wie z.B. dem Smart Market Approach gelöst wird: Das richtige Signal für den optimalen Zeitpunkt und die genaue Allokation von zukünftigen Investitionen. Sowohl Flat und Usage Fees als auch Paris Metro Pricing alleine können solche Signale nicht geben. Jedoch können hier andere Mittel herangezogen werden, um diesbezüglich zu Aussagen zu kommen. Verschiedene Indikatoren könnten an den jeweiligen Sendestationen erfaßt werden, wie z.B. die Anzahl der abgewiesenen Benutzer während einer gewissen Zeitspanne, die maximale, minimale und durchschnittliche QoS zu bestimmten Zeiten u.s.w. Müssen auf Dauer zu viele Nutzer abgewiesen werden, macht eine weitere Sendestation ökonomisch Sinn.

4.3 Konklusion

Tabelle 4 faßt die zentralen Ergebnisse der letzten Abschnitte noch einmal zusammen. Es wird deutlich, daß die lastabhängigen und QoS sensitiven Ansätze zwar grundsätzlich in fast allen Kategorien überlegen sind, jedoch aufgrund der nicht gegebenen technischen und organisatorischen

Umsetzbarkeit, sowie der zu vermutenden fehlenden Nutzerakzeptanz nicht einführbar sind.

	Kein QoS / Keine last- abhängigen Preise	Kein QoS / Lastabhängi- ge Preise	QoS / Last- abhängige Preise	QoS / Keine lastabhängi- gen Preise
Kosten- deckung	+	+	+	+
Optimales Signal	--	+/-	++	-
Anwendbar- keit und Einfachheit	++	+	-- <small>(führt zur Abwertung)</small>	++
Anreizkom- patibilität	--	+	++	+
Maximierung des Sozialen Wertes des Netzes	-	+/-	-	+

Tabelle 4: Zusammenfassende Bewertung

Es liegt also nahe, den Paris Metro Pricing Ansatz als Lösung der antizipierten Auslastungssituationen vorzuschlagen. Mithin macht es aber auch durchaus Sinn, die „background“ Klasse bzw. Kanal mit einer Flat Fee zu bepreisen. Viele Klein- und Kleinstübertragungen sowie nicht zeitkritische Datenübertragungen (vgl. auch Tabelle 1) im Allgemeinen könnten so ohne großen Billing-Aufwand durchgeführt werden unter gleichzeitiger Ausnutzung von Auslastungstälern. Mit diesem Vorschlag wollen wir nun noch einige Limitierungen unserer Analyse diskutieren.

4.4 Limitierungen

Der Beitrag ist auf einem spekulativen Niveau verfaßt, befindet sich doch noch kein UMTS Netzwerk in flächendeckendem Einsatz. Damit werden Probleme diskutiert, die vielleicht gar nicht entstehen werden. Wir sind jedoch der Ansicht, daß wir einige gute Gründe präsentiert haben, warum es zu Engpaßsituationen kommen wird. Und auch wenn es Engpässe in diesem Ausmaß nicht geben wird, ist die Unterstützung von verschiedenen Serviceklassen aus unserer Sicht notwendig und damit sollte auch ein Bepreisungsmechanismus solche Serviceklassen unterstützen.

Eine weitere Limitierung ist die qualitative Argumentation für und gegen einzelne Ansätze. Zum einen ist es momentan noch nicht möglich, empirisches Material über UMTS Netzwerke zu erhalten. Zum anderen ist das Nutzerkalkül nur sehr schwer in quantitativer Form abzubilden, wenn es beispielsweise darum geht, einen Anruf zu tätigen oder eine Email zu empfangen.

Schließlich ist zu bemängeln, daß wir nur eine kleine Auswahl von verschiedenen Bepreisungsansätzen betrachtet haben. Dies ist sicherlich zutreffend, wobei wir in der Analysephase wesentlich mehr Ansätze in die Überlegungen mit einbezogen haben, jedoch für die Argumentation letztlich nur wenige Vertreter pro Feld in der Matrix ausgewählt haben (siehe Tabelle 3). Auch wenn wir als Konklusion einen konkreten Ansatz bzw. eine Kombination von Ansätzen vorschlagen, sind wir der Meinung, daß das grundsätzliche Verständnis für die einzelnen Felder der Matrix von zentraler Bedeutung ist. Dieser Artikel hier soll einen Beitrag leisten, dieses Verständnis zu fördern und eine Diskussion anzustoßen, bevor es zu hohen Auslastungen und damit frustrierten Nutzern kommt.

Die diskutierten Limitierungen schließen den Beitrag ab. Im folgenden Abschnitt wollen wir die zentralen Ergebnisse kurz zusammenfassen und einen Ausblick geben.

5. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag haben wir dargestellt, warum wir der Meinung sind, daß es auch und gerade in den zukünftigen UMTS Netzwerken zu Datenstau Problemen kommen wird. Insbesondere die Sendestationen wurden als Engpaß identifiziert. Zur Lösung dieser Probleme wurden Bepreisungsmechanismen vorgestellt und auf deren Eignung zur Lösung der Probleme bewertet. Der Paris Metro Pricing Ansatz als ein Ansatz, der die Möglichkeit verschiedener Serviceklassen ohne stauabhängige Bepreisung bietet, in Kombination mit einer Flat Fee für den „background“ Kanal erscheinen durch ihre Einfachheit und die Möglichkeit der raschen und vergleichsweise unkomplizierten Einführbarkeit als ökonomisch sinnvolle Lösung. Darüber hinaus eignet sich diese Ansatzkombination für ein mit den mobilen Netzwerken konvergierendes Internet besonders gut, um diese gemeinsam angemessen zu bepreisen.

Literatur

- [3GPP99] 3GPP: 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects, QoS Concept (3G TR 23.907 version 1.1.0). http://www.3gpp.org/ftp/TSG_SA/TSG_SA/TSGS_04/Docs/PDF/sp-99322.pdf, 1999, Abruf am 2001-03-04.
- [3GGe01] 3G-Generation.com. http://www.3g-generation.com/marketing_data.htm, 2001, Abruf am 2001-02-14.
- [BaMc97] Bailey, J.; McKnight, L.: Internet Economics. MIT Press, Massachusetts 1997.
- [Bech00] Bechler, M.; Ritter, H.; Schiller, J. H.: Quality of Service in Mobile and Wireless Networks: The Need for Proactive and Adaptive Applications, in Proceedings of 33th Annual IEEE Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2000.
- [BüKP01] Büchs, M.; Kundisch, D.; Pyrka, P.: Physical and Virtual Mobility - Analogies Between Traffic and Virtual Highways. In: Mayinger, F. (Hrsg.): Mobility and Traffic in the 21st Century, Springer, Hamburg 2001.
- [Bohn94] Bohn, R.; Braun, H.; Claffy, K.; Wolff, S.: Mitigating the coming Internet crunch: multiple service levels via Precedence, Technical Report, University of California, San Diego, <ftp://ftp.sdsc.edu/pub/sdsc/anr/papers/precedence.ps.Z>, 1994, Abruf am 2001-02-11.
- [Cerb00] Cerboni, A.; Stohrdahl, B.; Ylönen, M.; Katsianis, D.; Elnegaard, N.; Burdy, L.: Evaluation of demand for next-generation mobile services. http://www.its2000.org.ar/conference/cerboni_stordahl_ylonen_otros.pdf, 2000, Abruf am 2001-02-19.
- [Clar97] Clark, D.: Cost Allocation and Pricing in the Internet. In: Internet Economics, ed. by J. Bailey, L. McKnight MIT Press, Massachusetts 1997, S. 215-252.
- [Cocc93] Cocchi, R. ; Shenker, S.; Estrin, D.; Zhang, L.: Pricing in Computer Networks: Motivation, Formulation, and Example. In: IEEE/ACM Transactions on Networking 1, (1993) 6, S. 614-627.
- [Craw97] Crawford, D.: Internet Services: A Market for Bandwidth or Market for Communication. In: Bailey, J.; McKnight, L. (Hrsg.): Internet Economics. MIT Press, Massachusetts (1997) S. 379-400.
- [Ecin02] Electronic Commerce Info Net: Milliardenumsätze im Mobile Business - aber erst ab 2005. 18.09.2002, <http://www.ecin.de/news/2002/09/18/04801/>, Abruf am 2002-11-14.

- [Eric00] Ericsson: Von GSM zu UMTS, [www.ericsson.de/technologien/umts_info /von_gsm_zu_umts.pdf](http://www.ericsson.de/technologien/umts_info/von_gsm_zu_umts.pdf), 2000, Abruf am 2001-02-13.
- [FrKS00] Frank, M.; Kundisch, D.; Schell, A.: Elektronischer Vertrieb von Dienstleistungen: Optimaler Serverstandort als Warehouse Location Problem. In: Bodendorf, F.; Grauer, M. (Hrsg.): Verbundtagung Wirtschaftsinformatik 2000, Shaker Verlag, Aachen 2000, S.208-222.
- [GeBö00] Gerpott, T.; Böhm, S.: Ansätze zur Preisbildung für Internet-Transportdienste. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 42 (2000) 3, S. 233-243.
- [Gupt97] Gupta, A.; Stahl, D.; Whinston, A.: Priority Pricing of Integrated Services Networks. In: Bailey, J.; McKnight, L. (Hrsg.): Internet Economics. MIT Press, Massachusetts 1997, S. 323-352.
- [Gupt99] Gupta, A.; Stahl, D.; Whinston, A.: The Economics of Network Management. In: Association for Computing Machinery, Communications of the ACM 42 (1999) 9, S. 57-63.
- [KuSc01] Kundisch, D.; Schell, A.J.: Mobile Pricing for Congested UMTS Networks, in: Proceedings of The 2nd International Conference on Internet Computing (IC'2001), Las Vegas 2001.
- [MacK97] MacKie-Mason, J.; Murphy, L.; Murphy, J.: Responsive Pricing in the Internet. In: Bailey, J.; McKnight, L. (Hrsg.): Internet Economics. MIT Press Massachusetts 1997, S. 279-304.
- [MaVa94a] MacKie-Mason, J.; Varian, H.: Pricing Congestible Network Resources. <http://www.sims.berkeley.edu/~hal/people/papers.html>, 1994, Abruf am 2001-03-03.
- [MaVa94b] MacKie-Mason, J.; Varian, H.: Some FAQs about Usage-based pricing. <http://www.sims.berkeley.edu/resources/infoecon/Pricing.htm>, 1994, Abruf am 2001-02-23.
- [MaVa97] MacKie-Mason, J.; Varian, H.: Economic FAQ's About the Internet. In: Bailey, J.; McKnight, L. (Hrsg.): Internet Economics. MIT Press, Massachusetts 1997, S. 27-62.
- [McBa97] McKnight, L., Bailey, J.: Introduction to Internet Economics. In: Bailey, J.; McKnight, L. (Hrsg.) Internet Economics. MIT Press, Massachusetts 1997, S. 3-26.
- [Obra00] Obradovic, V.; Delli-Priscoli, F.; Falo, L.; Valente, S.; Varasconi, L.; Giralda, A.: Quality of Service provisioning in VIRTUOUS project, in Proceedings of IST Mobile summit Conference 2000, Galway, Ireland, 2000.
- [Odly99a] Odlyzko, A.: Paris Metro Pricing: The minimalist differentiated services solution. In: Proceedings of the 7th International Workshop on Quality of Service IEEE 1999, S. 159-161.

- [Odly99b] Odlyzko, A.: Paris Metro Pricing for the Internet. In: Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce, London 1999, S. 140-147.
- [oV01] o.V.: Neue Netze braucht das Land. In: c't (2001) 4 2001, S. 121.
- [Parr92] Parris, C.; Keshav, S.; Ferrari, D.: A Framework for the Study of Pricing in Integrated Networks. Technical Report, International Computer Science Institute. <ftp://ftp.icsi.berkeley.edu/pub/techreports/1992/tr-92-016.ps.gz>, 1992, Abruf am 2001-02-18.
- [ReSt01] Nil Nove Sub Sole: Why Internet Charging Schemes look like as they do, Proceedings of 4th Berlin Internet Economics Workshop IEW 2001, Berlin, Mai 2001.
- [Schi00] Schiller, J.: Mobile Communications. Addison Wesley, München 2000.
- [SaTe99] Sahinglu, Z. Tekinay, S.: On Multimedia Networks: Self-Similar Traffic and Network Performance: In IEEE Communications Magazine, Januar 1999.
- [Sche02] Schell, A.J.: Preismechanismen für Netzwerkressourcen im Electronic und Mobile Commerce, Verlag Dr. Kovac, Hamburg 2002.
- [Shen93] Shenker, S.: Service models and pricing policies for an integrated services Internet. In: Proceedings of Public Access to the Internet, Harvard University 1993.
- [Telt00a] Teltarif.de Onlineverlag GmbH: Utopie und Realität – Probleme mit UMTS. www.teltarif.de/i/umts-utopie.html, 2000, Abruf am 2001-02-04.
- [Telt00b] Teltarif.de Onlineverlag GmbH: Die Vorteile von UMTS / Unterschiede zu GSM. <http://teltarif.net/i/umts-technik.html>, 2000, Abruf am 2001-03-06.
- [Umts97] UMTS Forum: A Regulatory Framework for UMTS, Report from the UMTS Forum, Nr.1 1997.
- [Umts98] UMTS Forum: Minimum spectrum demand per public terrestrial UMTS operator in the initial phase, Report from the UMTS Forum, Nr.5 1998.
- [Umts00] UMTS Forum: Enabling UMTS/Third Generation Services and Applications, Report from the UMTS Forum, Nr.11 2000.