

# Netzzugang im NGN-Core

Patrick Anell  
Stephan Jay  
Thomas Plückebaum

Bad Honnef, August 2008

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

Rhöndorfer Str. 68, 53604 Bad Honnef

Postfach 20 00, 53588 Bad Honnef

Tel 02224-9225-0

Fax 02224-9225-63

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

eMail [info@wik.org](mailto:info@wik.org)

[Impressum](#)

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

ISSN 1865-8997

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>IX</b>
<b>Summary</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundkonzept Next Generation Network (NGN)</b>	<b>5</b>
2.1 Charakteristika eines Next Generation Networks (NGN)	5
2.2 Architektur eines NGN	8
2.2.1 Der ITU-Entwurf als Grundlage	8
2.2.2 Die Spezifikationen von ETSI	11
2.3 Relevanz des IP Multimedia Subsystems	13
2.4 Ausblick und erste Fragestellungen für die Regulierung	19
<b>3 Dienstrealisierung und Netzzugang im NGN unter Berücksichtigung unterschiedlicher Geschäftsmodelle</b>	<b>21</b>
3.1 Generelle netzseitige Realisierung ausgewählter Dienste	21
3.1.1 Heutige Dienstnutzung als Grundlage der Dienstauswahl	21
3.1.2 Architektur von Voice over IP	24
3.1.3 Architektur von Videodiensten	29
3.2 Differenzierung und Vorstrukturierung der Geschäftsmodelle im NGN	37
3.2.1 Bündelung von Dienst und Anschluss – Implikationen für Bitstrom im NGN?	38
3.2.2 Grundlegende Geschäftsmodellvarianten beim nicht gebündelten Angebot von Diensten	40
3.3 Anforderung an den Netzzugang im NGN - Analyse von exemplarischen Szenarien	44
3.3.1 Szenarienbildung anhand der Aufteilung der vertikalen Funktionen im NGN	44
3.3.2 Verknüpfung der Varianten mit den kooperativen und nichtkooperativen Service Provider Modellen für den Zugang zum eigenen Endkunden	48
3.3.3 VoIP Szenarien	49
3.3.4 Video Szenarien	56
3.3.5 Quality of Service über Netzgrenzen	61
3.3.6 Zusammenfassung der kritischen Schnittstellen	63

3.4 Zwischenfazit: Existieren Hinweise auf (neue) Essential Facilities im NGN?	66
<b>4 Qualitätsrealisierung und Probleme der Kostenallokation</b>	<b>71</b>
4.1 Kostenallokation bei Überdimensionierung	75
4.2 Kostenallokation bei Verkehrspriorisierung	76
4.3 Kostenallokation bei Kapazitätsreservierung	77
4.4 Zusammenfassung	78
<b>5 Abschließendes Fazit</b>	<b>79</b>
<b>Anhang A: Weitere Abbildungen</b>	<b>82</b>
<b>Anhang B: NGN- und OSI-Schichtenmodell im Vergleich</b>	<b>86</b>
<b>Anhang C: Vergleich der internationalen Sicht zur IP-Interconnection im NGN</b>	<b>89</b>
<b>Anhang D: Übersicht über Schlüsseldokumente der relevanten Standards</b>	<b>92</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>93</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Architektur eines NGN (nach ITU-Definition)	9
Abbildung 2-2	Standardisierung im Bereich NGN im Zeitverlauf	13
Abbildung 2-3	Funktionaler Aufbau eines NGN mit IP Multimedia Subsystem (vereinfachte Darstellung)	15
Abbildung 2-4	Diensterbringung in PSTN und NGN	18
Abbildung 3-1	VoIP Architektur bei unterschiedlichen Gesprächsvarianten	25
Abbildung 3-2	Die Architektur von Skype	28
Abbildung 3-3	Abruf von Inhalten / Peering / Transitleistungen: Quellserver in fernem Netz	32
Abbildung 3-4	Abruf von Inhalten / Peering / Transitleistungen: Quellserver im eigenen Netz	33
Abbildung 3-5	Funktionsweise Peer-to-Peer – Videodienste	34
Abbildung 3-6	Architektur für Videodienste	36
Abbildung 3-7	Ausgangspunkt der Szenariengenerierung	37
Abbildung 3-8	Netzzugangsoptionen: Unbundling und Bitstrom	39
Abbildung 3-9	Geschäfts- / Zahlungsbeziehungen zwischen Service Provider, Netzbetreiber und Endkunde	42
Abbildung 3-10	Varianten der vertikalen Wertschöpfungsaufteilung der verschiedenen Funktionen im NGN	46
Abbildung 3-11	Zusammenschaltungsvarianten bei VoIP	51
Abbildung 3-12	Beispiel für IP-Zusammenschaltung ohne und mit Session Border Controllers	55
Abbildung 3-13	Zusammenschaltungsvarianten bei Video	57
Abbildung 3-14	Diensttransport über mehrere IP-Zusammenschaltungen hinweg	61
Abbildung 3-15	Kritische Schnittstellen im NGN	64
Abbildung 3-16	Mögliche Ursachen für Bottlenecks im NGN	66
Abbildung 4-1	Verkehrspriorisierung	72
Abbildung 4-2	Weighted Fair Queuing	73
Abbildung 4-3	Aggregiertes Verkehrsaufkommen unterschiedlicher Klassen im Tagesablauf (rein indikativ)	76
Abbildung-Anhang-A 1	Generelle NGN Architektur nach ETSI	82
Abbildung-Anhang-A 2	NGN-Architektur mit IMS nach ETSI	83

Abbildung-Anhang-A 3	Schnittstelle zwischen Diensteschicht und Anwendungsschicht abgeleitet aus ETSI Architektur	84
Abbildung-Anhang-A 4	Teufelskreis	84
Abbildung-Anhang-A 5	Multicast-Baum	85
Abbildung-Anhang-B 1	Aufbau des OSI-Schichtenmodells (schematische Darstellung)	87
Abbildung-Anhang-B 2	Annäherung der Funktionen von OSI- und NGN-Schichten	88

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1-1	Gegenstand der Studie	3
Tabelle 3-1	QoS Anforderungen ausgewählter Anwendungen	22
Tabelle 3-2	Verkehrsverteilung nach Protokollen in Deutschland (August/September 2007)	23
Tabelle 3-3	Zusammenschaltungsvarianten bei VoIP	50
Tabelle 4-1	Technische Vor- und Nachteile von Überdimensionierung, Verkehrspriorisierung und Kapazitätsreservierung zur Gewährleistung von Qualität	74
Tabelle 5-1	Charakterisierung zukünftiger Netzbetreibervarianten anhand ihres Umgangs mit Quality of Service	80



## Abkürzungsverzeichnis

3 GPP	3rd Generation Partnership Project
AAA	Authentication, Authorization, Accounting
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AKNN	Arbeitskreis für Nummerierung und Netzzusammenschaltung
ANI	Application Network Interface
Arcep	L'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes
ASP	Application Service Provider
BAN	Broadband Access Network
BBC	British Broadcasting Corporation
CDMA	Code Division Multiple Access
CSCF	Call Session Control Function
DNS	Domain Name System
DRM	Digital Rights Management
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
ENUM	Telephone Number Mapping
ERG	European Regulators Group
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FTTH	Fibre to the Home
FTTx	Fibre to the x
HDTV	High Definition Television
HSS	Home Subscriber Server
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IMS	IP Multimedia Subsystem
IPTV	Internet Protocol Television
ITU	International Telecommunications Union

MPLS	Multiprotocol Label Switching
MRF	Multimedia Resource Function
NACF	Network Attachment Control Function
NGN	Next Generation Network
NNI	Network Network Interface
NNTP	Network News Transfer Protocol
OSI	Open Systems Interconnection
FTP	File Transfer Protocol
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RACF	Resource and Admission Control Function
RTP	Real-Time Transport Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SLF	Subscriber Location Function
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
TDM	Time Division Multiplex
ULL	Unbundled Local Loop
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNI	User Network Interface
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over IP
VPN	Virtual Private Network
WLAN	Wireless Local Area Network

## Zusammenfassung

Die Migration zu Next Generation Networks (NGN) birgt komplexe Fragestellungen aus den Bereichen Next Generation Access und Next Generation Core. In dieser Studie werden Implikationen für den Netzzugang im NGN Core untersucht. Dies geschieht im Hinblick auf die Frage, welche Problemfelder die Architektur des NGN-Core für den Netzzugang aufwirft und welche Auswirkungen das auf regulatorische und wettbewerbspolitische Aspekte hat.

Zunächst wird NGN-Architektur anhand der Entwürfe der wesentlichen Standardisierungsinstitutionen dargelegt, um ein Verständnis für die funktionalen Zusammenhänge des NGN auf Basis des IP Multimedia Subsystems (IMS) zu generieren. Diese Analyse erlaubt bereits erste Rückschlüsse auf potenzielle Bottleneck-Funktionen in der Struktur des NGN-Core. Die Studie legt dann die netzseitige Realisierung von VoIP und Videodiensten dar und verdeutlicht jeweils das Innovations- und Konfliktpotenzial von Peer-to-Peer Architekturen und die Positionierung unterschiedlicher Anbietertypen. Auf dieser Basis werden dann grundlegende Szenarien für die Interaktion von Anbietern im NGN erarbeitet. Dabei wird auch auf die Rolle von Wholesale Access und Interconnection eingegangen. Um die Analyse von kritischen Schnittstellen und Funktionen greifbarer zu machen, werden im Anschluss je vier Szenarien für die Zusammenschaltung bei VoIP und Videostreaming entwickelt. Die Studie betrachtet außerdem die Probleme der Sicherstellung von Quality of Service über Netzgrenzen, sowie Probleme der adäquaten und verursachungsgerechten Kostenallokation bei unterschiedlichen Verfahren zur Gewährleistung von Quality of Service.

Im Ergebnis wird deutlich, dass das IMS-basierte NGN das Potenzial enthält, die zukünftige Dienstbereitstellung sowohl offener und wettbewerblicher als auch geschlossener und weniger wettbewerblich zu gestalten. In welche Richtung sich die tatsächlichen Beziehungen der Marktakteure entwickeln werden, muss im Zuge konkreterer Implementierungen beobachtet werden. Dabei muss die Regulierung ihr Augenmerk auf die identifizierten Bottlenecks und Schnittstellen richten, um notfalls gegenzusteuern.

Allerdings hängt die Relevanz der Problempotenziale in entscheidendem Maße davon ab, wie dominant das IMS-basierte NGN Konzept überhaupt in Zukunft wird und in welchem Maße Netzbetreiber sich als vertikal integrierte Anbieter begreifen. Das IMS-basierte NGN muss sich außerdem am Markt erst einmal durch vom Nutzer wahrgenommene höhere Qualität und unter Ausnutzung einer dadurch generierten erhöhten Zahlungsbereitschaft gegenüber einem rein Internetbasierten Modell oder einer Variante ohne Qualitätsdifferenzierung durchsetzen. In diesem Kontext gilt es auch besonders, den Zugang von Endkunden zu diskriminierungsfreiem Best Effort IP-Verkehr sicherzustellen, um das Innovationspotenzial der freien Anbieterwahl im Internetmodell nicht zu gefährden.

## Summary

The migration to Next Generation Networks (NGN) holds complex questions from the fields of Next Generation Access and Next Generation Core. This study analyzes implications on interconnection, access and competition policy in the NGN Core.

The structure of the NGN-Architecture is laid out using drafts of key standardisation organisations as reference in order to develop an understanding of the functional relations of the IMS- (IP Multimedia Subsystem) based NGN. This analysis already allows to evaluate potential bottleneck functions in the structure of the NGN-Core. The study then details the network side of service implementation for VoIP and Videostreaming, highlighting the potential for innovation and conflict of peer-to-peer architectures and the positioning of different types of providers. This allows to develop basic variants for the interaction of players in the NGN and evaluates the relevance of wholesale access and interconnection. In order to make the analysis of critical interfaces and functions more tangible the study develops four scenarios for interconnection of VoIP and Videostreaming respectively. Furthermore the study addresses problems of realising Quality of Service over network boundaries and problems of adequate cost allocation within different strategies for realising Quality of Service.

Conclusions are that the IMS-based NGN has the potential to either make future service provisioning more open and competitive as well as more closed and less competitive. It needs to be monitored how actual relations of market players develop as NGN implementation becomes more concrete. Regulatory authorities need to monitor the identified bottlenecks and interfaces in order to initiate countermeasures if necessary.

However, the relevance of the problems described is heavily dependent on how dominant the IMS-based NGN architecture will actually be in the future and to what degree network operators will become strongly vertically integrated players. In addition, the IMS-based NGN needs to prove itself in the competition with Internet-based or basic QoS enabled services through higher quality and by reaping the willingness of end users to pay for such premium services. In this context it appears crucial to ensure the access to non-discriminating best-effort IP-traffic in order to preserve the potential for innovation of the Internet model.

## 1 Einleitung

Mit der Weiterentwicklung der Telekommunikationsnetze zu *Next Generation Networks* (NGN) werden unterschiedliche Dienste<sup>1</sup>, die zuvor über getrennte logische und/oder physische Infrastrukturen geführt wurden, nun auf einer gemeinsamen Plattform realisiert. Die Motivation der Netzbetreiber für die Netzmigration entsteht aus dem Potenzial für Kostensenkungen und neuen Umsätzen, möglicherweise auch mit dem Ziel, mehr Kontrolle über die Erbringung der Dienste zu erlangen<sup>2</sup>. Die Konvergenz der Netze wirft eine Vielzahl komplexer und sich gegenseitig beeinflussender Problembereiche auf, die es unter regulierungs- und wettbewerbspolitischen Gesichtspunkten zu analysieren gilt. Diese können grob zwei Kategorien zugeordnet werden:

- **Next Generation Access:** Implikationen des Umbaus der Anschlussnetze zu FTTx<sup>3</sup> für Unbundling, Bitstrom, Kollokation, Zugang zu Leerrohren / dark oder active fiber, In-Haus Verkabelung bei FTTB/H, Breitbandkabel ...
- **Next Generation Core:** Implikationen der Migration der Netze zu einer gemeinsamen All-IP Plattform für Quality of Service, Interconnection, Abrechnungssysteme, Netzneutralität, ...

Die in Konsultationsverfahren bereits intensiv bearbeiteten regulierungsspezifischen Fragestellungen der Migration zum NGN sind vor allen Dingen in der ersten Gruppe zu finden. Besonders ein adäquater Schutz vor Stranded Investments von Netzbetreibern, die auf Unbundling setzen - in einer Phase der ersten FTTx Ausbaugebiete von europäischen Incumbents - sowie die Bestimmung der Anforderungen einer „Fully Fledged Alternative“<sup>4</sup> zum Phase Out von Hauptverteilerstandorten zählen zu den kritischen Faktoren.

Zu den Schlüsselfragen im zweiten Bereich zählt, inwiefern die dem NGN inhärente (funktionale) Trennung von Anwendungs-, Dienste- und Transportschicht sich auf den Netzzugang auswirkt. Unter Netzzugang verstehen wir grundsätzlich jede Form von Wholesale Access und Interconnection (Zusammenschaltung). Der Begriff wurde bewusst offen gewählt, da sich im NGN möglicherweise neue Formen herausbilden mö-

---

1 Die Begriffe Dienst, Anwendung und Applikation haben in Abhängigkeit vom gewählten Betrachtungsschwerpunkt unterschiedliche Bedeutungen. Aus technischer Sicht haben „Dienste“ und „Anwendungen“ beispielsweise im ISO / OSI (siehe auch Anhang B) eine ganz andere Bedeutung als dies aus Marketingsicht der Fall ist. In dieser Studie benutzen wir die Begriffe in der Regel synonym im Sinne einer pragmatischen Sicht aus Perspektive des Endkunden. Ein Dienst wird somit von einem oder mehreren Dienstleistern (Service Provider) an Endkunden angeboten. Die Beispiele, die in dieser Studie verwandt werden, sind VoIP und Videostreaming. Dienst, Anwendung und Applikation werden soweit nicht anders gekennzeichnet (z.B. bei der dt. Bezeichnung der Schichten des NGN) synonym verwandt.

2 Oder auch die bisher nur für die Sprachdienste bestehende Kontrolle auf die anderen, neuen Dienste auszudehnen.

3 FTTx = Fiber to the x (gängigerweise Fiber to the -Home, -Building, -Curb).

4 Vgl. OPTA (2006): S. 11.

gen<sup>5</sup>. In dieser Studie wird das Augenmerk auf diese und verwandte Fragestellungen gerichtet. Die meisten Elemente von Next Generation Access werden nicht berücksichtigt, lediglich der Bitstromzugang wird in die Analyse mit einbezogen, weil der Zugang zu ihm sowohl im Anschluss- als auch im Kernnetz erfolgen kann und Gewährleistung von Quality of Service eine große Rolle spielen wird. Allerdings zeigt sich im Verlauf der Analyse, dass eine weitere Betrachtung von Bitstromzugang nicht notwendig ist, sodass im Wesentlichen Fragestellungen der IP-Zusammenschaltung zu analysieren sind. Weiterhin wird im Zusammenhang mit der adäquaten Allokation der Zusatzkosten von Qualität teilweise Bezug auf Bandbreiten im Anschlussnetz genommen.

Das Ziel dieser Studie ist es vor allem

1. die in Aussicht stehenden **Netzarchitekturen des NGN-Core** so zu veranschaulichen, dass sich daraus die möglichen Implikationen für Regulierung und Wettbewerbspolitik ableiten lassen (Kapitel 2),
2. die unterschiedliche **netzseitige Realisierung** zukunftsweisender Dienste und daraus resultierend **Anforderungen an den Netzzugang** bzw. an Interconnection im NGN zu analysieren: Neben den unterschiedlichen Ansprüchen an Quality of Service weisen Dienste wie Voice over IP, IPTV, Video on Demand und einfaches Web-Browsing auch Unterschiede in ihrer netzseitigen Realisierung auf. In Kapitel 3 wird die Architektur ausgewählter Dienste untersucht, um daraus Anforderungen an den Netzzugang in unterschiedlichen Beziehungen zwischen Service Provider<sup>6</sup> und Endkunde ableiten zu können. Durch die Entwicklung von Netzzugangsszenarien werden mögliche Bottlenecks / Essential Facilities analysiert, die im NGN Core entstehen können.
3. **Fragestellungen der Kostenallokation** bei differenzierter Qualitätsrealisierung zu analysieren: Die Bereitstellung dienstespezifischer Qualität erfordert die Möglichkeit, Verkehr in unterschiedlichen Güteklassen führen zu können. Dabei stellt sich aus marktlicher und regulatorischer Sicht folglich die Frage, welcher Aufpreis für eine höhere Qualität zu bezahlen wäre. Idealerweise müsste der Preis für unterschiedliche Qualitätsklassen auf kostenorientierte Analysen zurückgehen. Dieser Fragestellung wird in Kapitel 4 nachgegangen.

Damit werden zwar vorrangig Themen des Core-Netzes behandelt, einige qualitätsbezogenen Aspekte beziehen sich jedoch zusätzlich auch auf Zugangs- und Aggregationsnetze. Tabelle 1-1 gibt einen Überblick über den Gegenstand der Studie und stellt die berücksichtigten und nicht berücksichtigten Elemente dar.

---

<sup>5</sup> Vgl. auch die Definitionen „Zugang“ in der Zugangsrichtlinie 2002/19/EG und im TKG § 3 Nr. 34. In beiden wird die Zusammenschaltung als besondere Form des Zugangs definiert.

<sup>6</sup> Im Verlauf der Studie wird „Service Provider“ als Begriff für einen Dienstleister gegenüber dem Endkunden verwandt, der nicht zugleich auch die Anschlussleitung des Endkunden kontrolliert. Er kann gleichwohl aber durchaus ein integrierter Netzbetreiber sein. Schon heute gibt es Beispiele, bei denen integrierte Netzbetreiber einzelne Dienste auch den Kunden anderer Netzbetreiber zugänglich machen (Beispiel T-Com öffnete sein Videoportal für alle Interessenten; vgl. Heise online (2008)).

Tabelle 1-1 Gegenstand der Studie

Bestandteil	Kein Bestandteil
Architektur des NGN: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktur nach ITU, ETSI</li> <li>• Schichtentrennung,</li> <li>• IP Multimedia Subsystem</li> </ul>	Passive Zugangsvorleistungen (Unbundling), Kollokation, Phase out von Hauptverteilerstandorten, ...
Dienstrealisierung in einem All-IP Netz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Architekturen und Serverstandorte,</li> <li>• Auswirkungen auf Peering &amp; Transitverkehr zwischen Netzbetreibern</li> </ul>	Detailanalyse der technischen Realisierung von QoS
Implikationen unterschiedlicher Geschäftsmodelle für Netzzugang	Managementsysteme, detaillierte technische Protokolle, endkundenseitige Aspekte
Bedeutung von Quality of Service für die Dienstbringung und Auswirkungen auf Kostenallokation	Abrechnungssysteme und Preissetzungsprinzipien (Bill & Keep, Calling Party's Network Pays, ...)

Bei der Bearbeitung des Themas offenbarten sich mehrere Hürden. Zum einen impliziert der Wechsel zum NGN regulierungsökonomische Problembereiche in sehr vielen, mit einander verbunden Gebieten. Dies gilt auch dann, wenn wie hier geschehen rein auf den NGN-Core abgestellt wird. Zur Fokussierung müssen daher wie oben beschriebenen Aspekte ausgeklammert werden.

Zum anderen erschließen sich viele Problemfelder erst bei detaillierter Analyse der technischen, vor allem aber auch der *funktionellen* Architekturen. Wir haben in dieser Studie versucht, einen Kompromiss aus Detailtiefe und Verständlichkeit bei der (technisch/funktionalen) Modellbeschreibung zu finden, sodass die ökonomischen Implikationen transportiert werden können. Dazu ist es jedoch unumgänglich einen Überblick der Standardisierungsbemühungen hinsichtlich NGN-Architekturen zu geben.

Darüber hinaus sollte bei der Rezeption dieser Studie berücksichtigt werden, dass obgleich Standards der NGN Architekturen entwickelt worden sind<sup>7</sup>, die tatsächliche Implementierung in existierenden Netzen eigentlich noch aussteht. Anders gesagt, die gegenwärtige Implementierung von NGN Funktionalitäten bei den Netzbetreibern setzt die Spezifikationen der bisher festgelegten Standards noch nicht in vollem Umfang um. Darüber hinaus gilt, dass noch weitgehend unklar ist, wie die tatsächliche Implementierung von verschiedenen Funktionen des NGN tatsächlich Hard- und Softwaremäßig erfolgt, d.h. inwieweit eine Aggregation von Funktionen in einem einzigen „Gerät“ vorgenommen wird. Bei der Analyse hat sich gezeigt, dass viele der Systembeschreibungen der Herstellerindustrie auf die funktionalen Zusammenhänge zwischen Ebenen und Einheiten des NGN abstellen. Dementsprechend ist der Abstraktionsgrad teils hoch.

<sup>7</sup> Genauer gesagt gilt, dass die Standardisierung im Bereich NGN ein Prozess ist, der noch nicht abgeschlossen ist.

Vor diesem Hintergrund beruht die Er- und Bearbeitung regulierungsökonomischer Problemfelder in dieser Studie primär auf einer theoretischen und nicht auf einer praktischen Ebene. Dieser Ansatz wird bisher auch in den Diskussionsbeiträgen der Bundesnetzagentur, anderer Regulierer oder der European Regulators Group (ERG) verfolgt. Um dennoch zu belastbaren und zumindest potenziell Praxis relevanten Aussagen zu kommen, haben wir in dieser Arbeit versucht, die Beurteilung von möglichen zukünftigen regulierungsökonomischen Problemfeldern durch konkretere Geschäftsmodelle greifbarer zu machen.

Im Anhang wird ergänzend ein Überblick über den Stand der Regulierung in ausgewählten europäischen Ländern im Bereich IP-Interconnection gegeben.

## 2 Grundkonzept Next Generation Network (NGN)

Die heutigen Telekommunikationsmärkte sind geprägt von der Migration herkömmlicher leitungsvermittelter Netze hin zu Next Generation Networks (NGN). Treiber dieser Entwicklung sind sowohl technologische als auch ökonomische Vorteile, die sich aus der Nutzung eines konvergenten Netzes für alle Dienste ergeben. Konkret sind in diesem Kontext folgende Treiber für den Aufbau eines NGN zu nennen<sup>8</sup>:

- Realisierung von Synergiepotentialen durch die Nutzung einer konvergenten Netzinfrastruktur für Data, Voice und Multimedia.
- Verbreitung von IP basierten breitbandigen Festnetzanschlüssen.
- Fehlende Weiterentwicklung von leitungsbasierten TDM Plattformen durch die Herstellerindustrie.

Die Implementierung von Next Generation Networks wirkt als Enabler für die Bereitstellung neuer Applikationen. Um die Dienstleistung im NGN gezielt untersuchen zu können, ist es unumgänglich die Charakteristiken und Funktionalitäten eines Next Generation Networks einer genauen Betrachtung zu unterziehen. Dabei ist im Vorhinein zu bemerken, dass der Begriff „Next Generation Network“ keine konkrete Netzwerkarchitektur bezeichnet, sondern vielmehr eine Referenz-Netztypologie vorgibt, die jedoch in der praktischen Implementierung verschiedene Varianten erleben kann. In den folgenden Unterkapiteln erfolgt eine Heranführung an den Begriff und die Charakteristika eines „Next Generation Network“. Als Einstieg in diese Thematik empfiehlt es sich zunächst die NGN-Referenz-Architektur der International Telecommunications Union (ITU)<sup>9</sup> zu betrachten.

### 2.1 Charakteristika eines Next Generation Networks (NGN)

Der Begriff „Next Generation Network (NGN)“ bezeichnet keine allgemeingültige Netzarchitektur, sondern eine Reihe alternativer Netzarchitekturen, die sich anhand verschiedener Charakteristiken vom traditionellen leitungsvermittelten Public Switched Telephone Network (PSTN) unterscheiden lassen. Die International Telecommunications Union (ITU) als eine der treibenden Institutionen im Rahmen der Standardisierung des NGN-Konzeptes definiert NGN folgendermaßen:

*„A Next Generation Network (NGN) is a packet-based network able to provide services including Telecommunication Services and able to make use of multiple broadband, QoS-enabled transport technologies and in which service-related functions are inde-*

---

<sup>8</sup> Vgl. Swisscom (2006): S.3.

<sup>9</sup> Die ITU ist eine weltweit tätige Unterorganisation der Vereinten Nationen, in der Regierungen und der private Telekommunikationssektor den Aufbau und Betrieb von Telekommunikationsnetzen und -diensten koordinieren.

*pendent from underlying transport-related technologies. It enables unfettered access for users to networks and to competing service providers and/or services of their choice. It supports generalized mobility which will allow consistent and ubiquitous provision of services to users<sup>10</sup>”.*

Aufbauend auf dieser Basisdefinition definiert die ITU 14 technische Charakteristika eines NGN. Im NGN...

1. ...erfolgt die Datenübermittlung, im Gegensatz zum traditionellen Leitungsvermittelten Telefonnetz, **paketvermittelt** unter Nutzung des Internet Protokolls (IP).
2. ...sind die **Dienstefunktionalitäten unabhängig von der zugrunde liegenden Transporttechnologie**. D.h. im NGN bestehen (im Gegensatz zum traditionellen Telefonnetz) keine unmittelbaren Abhängigkeiten zwischen dem realisierten Dienst und der zugrunde liegenden Transporttechnologie. Hierdurch ist es im NGN möglich, neue Dienste zu implementieren ohne tiefgreifende Modifikationen der Transporttechnologie vorzunehmen.
3. ...erfolgt eine **Separierung der Steuerfunktionen** des Netzes in funktionale Komponenten
4. ...erfolgt eine **Entkopplung der Diensteebringung vom Netzbetrieb**. Der Zugang zum Netz ist für Diensteanbieter über nicht-proprietäre Schnittstellen möglich.
5. ...ermöglicht die Netzinfrastruktur auf der Grundlage von Dienste-Modulen die Realisierung eines **breiten Dienstes- bzw. Anwendungsspektrums**, einschließlich Echtzeit-, Streaming-, Nichtezeit- und Multimediendiensten.
6. ...sind ausreichende **Breitbandkapazitäten** für multimediale Dienste mit der Fähigkeit zur Realisierung von **Quality of Service** verfügbar.
7. ...ist **Kompatibilität mit bestehenden Netzen** (wie beispielsweise dem traditionellen Telefonnetz) via offene Schnittstellen gewährleistet.
8. ...ist Realisierung genereller **Mobilität** gewährleistet, d.h. die Fähigkeit der Nutzer unabhängig vom jeweiligen Standort oder der jeweiligen technischen Umgebung Zugang zu Telekommunikationsdiensten zu erhalten.
9. ...haben Nutzer **uneingeschränkten Zugang** zu dem Dienstangebot verschiedener Anbieter.

---

<sup>10</sup> Vgl. ITU Y.2001 (2004): S. 2.

10. ...existieren **verschiedene Nutzer-Identifikationsschemata** parallel, d.h. die Identifikation und Autorisierung von Nutzern im NGN ist nicht nur auf Basis **eines** Identifikationsschemas (beispielsweise E.164 oder ENUM) möglich.
11. ...ist die Gewährleistung gleicher Dienstmerkmale für einen gleichen Dienst realisierbar.
12. ...ist die Realisierung Festnetz-Mobilfunk-**konvergenter Dienste** möglich.
13. ...ist die Nutzung **verschiedener Anschlusstechnologien** im Bereich der letzten Meile praktikabel. Beispielsweise ist es im NGN möglich unterschiedliche Accesstechnologien wie beispielsweise ADSL, UMTS, CDMA einzubeziehen.
14. ...ist die **Einhaltung regulatorischer Anforderungen** (Beispielsweise in den Themengebieten Notfallkommunikation und Datensicherheit) gewährleistet.

In Expertenkreisen herrscht Uneinigkeit, ob nur von einem NGN gesprochen werden soll, wenn alle dieser 14 von der ITU definierten Charakteristiken zutreffen. Der Arbeitskreis für technische und betriebliche Fragen der Nummerierung und Netzzusammenschaltung (AKNN)<sup>11</sup> sieht lediglich sieben der vorgenannten Kriterien als notwendige Kriterien an, die erfüllt sein müssen, damit ein Netz ein Next Generation Network darstellt. Diese sind<sup>12</sup>:

- Paketvermittelte Datenübermittlung (ITU-Charakteristikum Nr. 1)
- Unabhängigkeit der Dienstefunktionalitäten von der zugrunde liegenden Transporttechnologie (ITU-Charakteristikum Nr. 2)
- die Netzinfrastruktur ermöglicht die Realisierung eines breiten Dienstes- bzw. Anwendungsspektrums (ITU-Charakteristikum Nr. 5)
- ausreichende Breitbandkapazitäten für multimediale Dienste mit der Fähigkeit zur Realisierung von Quality of Service sind im Netz verfügbar (ITU-Charakteristikum Nr. 6)
- im Netz existieren verschiedene Nutzer-Identifikationsschemata parallel (ITU-Charakteristikum Nr. 10)
- im Netz ist die Nutzung verschiedener Anschlusstechnologien im Bereich der letzten Meile praktikabel (ITU-Charakteristikum Nr. 13)
- im Netz ist die Einhaltung regulatorischer Anforderungen gewährleistet (ITU-Charakteristikum Nr. 14)

---

<sup>11</sup> Der Arbeitskreis für technische und betriebliche Fragen der Nummerierung und Netzzusammenschaltung (AKNN) ist ein sich selbst organisierender Arbeitskreis von Telekommunikationsdienstleistern in Deutschland. Der Fokus der Arbeit des AKNN ist die Definition von Richtlinien im Rahmen des Betriebs deutscher Telekommunikationsnetze, wobei der besondere Augenmerk auf dem Festnetz liegt.

<sup>12</sup> Vgl: AKNN (2007): S. 5 f.

## 2.2 Architektur eines NGN

### 2.2.1 Der ITU-Entwurf als Grundlage

Die ITU unterscheidet in ihrem idealtypischen NGN-Konzept zwischen zwei funktionalen Schichten. Diese sind das Transport Stratum (im weiteren Verlauf auch synonym Transport Layer oder Transportschicht) und das Service Stratum (im weiteren Verlauf auch synonym Service Stratum oder Diensteschicht). Oberhalb des Service Stratums befinden sich in der logischen ITU-Referenzarchitektur die Applikationen („Applications“). Diese funktionalen Elemente können auch als separates Application Stratum interpretiert werden (im weiteren Verlauf synonym Application Layer oder Anwendungsschicht). Im Folgenden wird daher zwischen drei funktionalen Schichten im NGN unterschieden<sup>13</sup>:

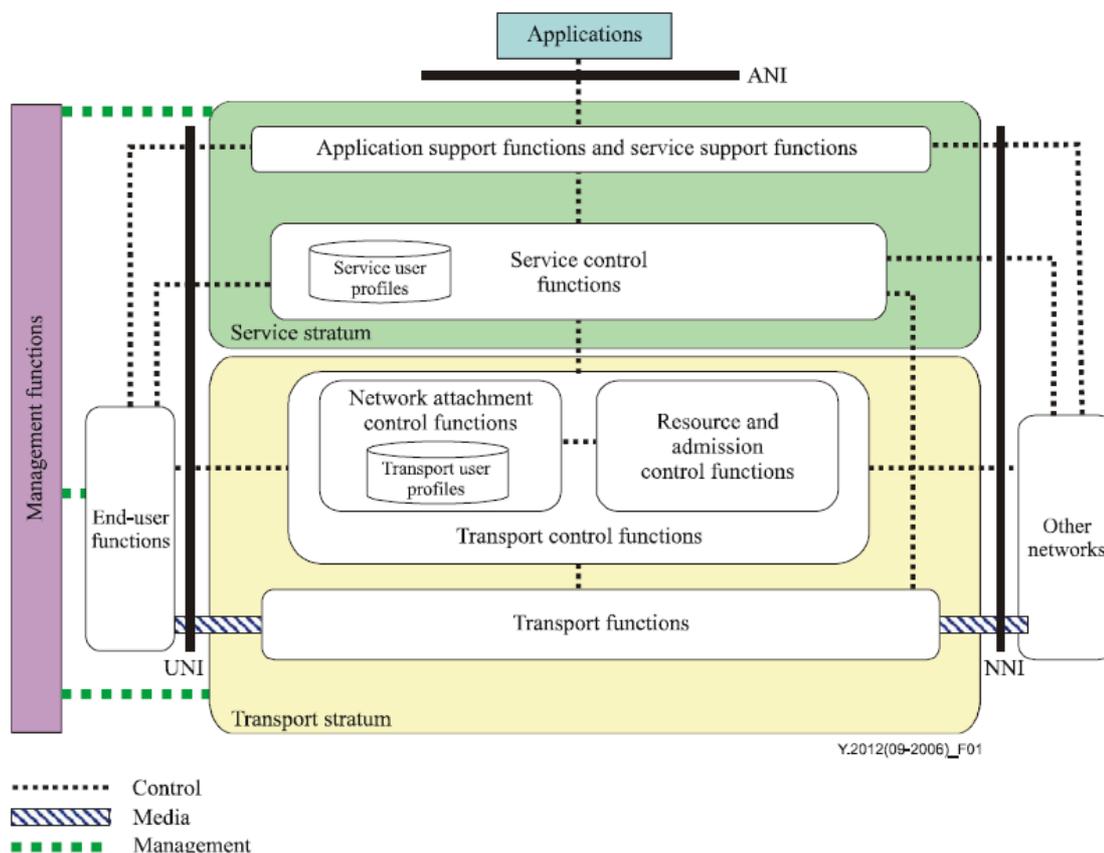
- Anwendungsschicht (Application Stratum)
- Diensteschicht (Service Stratum)
- Transportschicht (Transport Stratum)

Diese Referenzarchitektur für ein Next Generation Network ist in Abbildung 2.1 dargestellt und schlüsselt funktionale Zusammenhänge auf mehreren Ebenen auf:

---

<sup>13</sup> So auch Trick, Weber (2007): S.419f.

Abbildung 2-1 Architektur eines NGN (nach ITU-Definition)



Quelle: ITU (2006).

Im Folgenden werden die spezifischen Funktionalitäten dieser drei Schichten erläutert.

Die **Transportschicht** ist der Teil eines NGN, in welchem der physische Datenverkehr erfolgt. Es unterteilt sich in zwei funktionale Gruppen: *Transport Functions* (die eigentlichen Transport Funktionen) und *Transport Control Functions* (Steuerungsfunktionen, z.B. um QoS-Parameter zu gewährleisten (vgl. Abbildung 2-1)).

Die Transport Control Functions sind schichtenspezifische Steuerungsfunktionen der Transportschicht. Hierzu zählen die *Network Attachment Control Function (NACF)* und die *Resource and Admission Control Function (RACF)*<sup>14</sup>. Die Network Attachment Control Function erfüllt im Transport Stratum des ITU-NGN Aufgaben der IP-Adressvergabe und der IP-basierten Zugangskontrolle basierend auf Benutzerprofilen. Hierzu verwaltet die Network Attachment Control Function die zentrale Nutzerdatenbank der Transportschicht (die so genannten Transport User Profiles). Die ITU be-

<sup>14</sup> In den ETSI Tispan-Spezifikationen werden abweichend die Benennungen *Network Attachment Sub-system (NASS)* und *Resource and Admission Control Subsystem (RACF)* verwendet.

schreibt die Funktionalitäten der Network Attachment Control Function (NACF) unter anderem wie folgt<sup>15</sup>:

- Dynamische Bereitstellung von IP-Adressen und anderer nutzerspezifischer Parameter,
- Authentisierung des Endnutzers und Netzes und
- Autorisierung des Netzzugangs.

Die Resource Admission Control Function (RACF) dient im ITU-NGN primär zur Verwaltung und Zuteilung von Netzressourcen. Hierzu interagiert die RACF mit den Transport Functions des Transports Stratum, um folgende Funktionalitäten zu kontrollieren<sup>16</sup>:

- Die Reservierung von Bandbreite für eine Session oder Applikation,
- Priorisierung von Datenpaketen,
- Verkehrsklassifizierung und
- Firewall-Funktionalitäten.

Die *Transport Functions* der Transportschicht binden das NGN an die physischen Transportnetze an. Hierbei kann es sich um eine Vielzahl verschiedener paketvermittelter Zugangsnetze handeln. Beispielsweise sind in diesem Kontext unter anderem xDSL-basierte Netze, FTTx-basierte Netze, Kabelnetze, UMTS-Netze, CDMA-basierte Netze und WLANs zu nennen<sup>17</sup>. Das traditionelle Telefonnetz (PSTN) kann als leitungsvermittelltes Netz mittels Gateways ebenfalls in die Transportschicht eines ITU-NGN integriert werden.

Die Funktionalitäten der **Diensteschicht** können gleichfalls in zwei maßgebliche funktionale Gruppen unterteilt werden: (1) *Service Control Functions* und (2) *Application Support Functions/Service Support Functions*. Zu den Service Control Functions, also den spezifischen Steuerungsfunktionalitäten der Diensteschicht, gehören primär die Authentisierungs- und Autorisierungsfunktionen der Diensteschicht. Hierzu verwalten die Service Control Functions die Service User Profiles, die zentrale Nutzerdatenbank des Service Stratum. Darüber hinaus steuern die Service Control Functions die Ressourcenvergabe auf Ebene der Diensteschicht. Die Application Support Functions und Service Support Functions übernehmen Funktionalitäten der Registrierung, Authentifizierung und Autorisierung und weisen in Interaktion mit den Service Control Functions den jeweiligen Applikationen diejenigen NGN-Dienste zu, die sie benötigen<sup>18</sup>.

---

<sup>15</sup> Vgl. ITU Y.2012 (2006): S. 12.

<sup>16</sup> Vgl. ITU Y.2012 (2006): S. 13 und ITU Y.2111 (2006): S. 5.

<sup>17</sup> Vgl. ITU Y.2012 (2006): S. 9.

<sup>18</sup> Vgl. ITU Y.2012 (2006): S. 14.

Die dritte funktionale Schicht im NGN, die **Anwendungsschicht** besteht aus den so genannten Application Servern (AS). Die ITU fokussiert ihre Anstrengungen zwar auf Transport- und Diensteschicht, impliziert jedoch in den Standards durch die zu definierenden Referenzpunkte und Schnittstellen die Existenz der Anwendungsschicht und ihren Application Servern.<sup>19</sup> Diese übernehmen die Funktionalität des Hostens von Anwendungsprogrammen („Applications“) und die Bereitstellung von Dienstehalten („Content“)<sup>20</sup>. Die Application Server erhalten die Dienstehinformation (welcher Dienst soll von wem genutzt werden) durch Interaktion mit den Service Control Functions und den Application Support Functions der Diensteschicht. Diese Interaktion erfolgt unter Verwendung einer nicht-proprietären Schnittstelle, dem Application Network Interface (ANI). Beispiele für Applikationen auf dieser Ebene sind aus dem Bereich Voice over IP beispielsweise Call Waiting, verschiedene Caller ID bezogene Elemente und auch Lawful Interception („Staatlich erlaubtes Abhören“).<sup>21</sup>

Darüber hinaus verfügt das ITU-NGN als letzte maßgebliche funktionale Komponente über so genannte *Management Functions*, die logisch neben bzw. hinter dem Schichtenmodell angeordnet sind. Diese Funktionen steuern das gesamte NGN, um Dienste zentral mit der benötigten Qualität, Sicherheit und Verlässlichkeit auszustatten. Die ITU beschreibt die expliziten Aufgaben der Management Functions folgendermaßen<sup>22</sup>:

- Fault management,
- Configuration management,
- Accounting management,
- Performance management,
- Security management.

## 2.2.2 Die Spezifikationen von ETSI

Neben der ITU existieren zwei weitere relevante Institutionen im Bereich der Standardisierung von Next Generation Networks. Dieses ist zum Ersten die Arbeitsgruppe *TISPAN (Telecoms and Internet converged Services and Protocols for Advanced Network)* des *Europäischen Institutes für Telekommunikationsnormen (ETSI)*<sup>23</sup> und zum Zweiten das *3rd Generation Partnership Project (3GPP)*.

---

<sup>19</sup> Siehe z.B. Y.2012, S. 12. „NGN Service Architecture“.

<sup>20</sup> Im Verlauf der weiteren Arbeit verwenden wir den Begriff Content und Service Provider übergreifend für Anwendungen (z.B. Voice over IP) und Inhalte (z.B. Videostreaming).

<sup>21</sup> ERG (2007a): S. 42.

<sup>22</sup> Vgl. ITU Y.2012 (2006): S. 14.

<sup>23</sup> Das ETSI wurde 1988 auf Initiative der Europäischen Kommission gegründet, um europaweit einheitliche Standards im Telekommunikationssektor zu implementieren. Zu den ETSI-Mitgliedern zählen unter anderem Netzbetreiber, Diensteanbieter und Hersteller aus ca. 50 Ländern.

Während die ITU im Rahmen ihrer Arbeit zur Standardisierung von Next Generation Networks primär ein allgemeines Modell zum vollständigen Ersatz leitungsvermittelter durch paketvermittelte Netze spezifiziert und somit den Fokus ihrer Arbeit auf der Definition grundlegender Netztypologien und –funktionen sieht, widmet sich ETSI TISPAN der konkreten Ausarbeitung praktikabler Implementierungen. Beispielsweise erarbeitet ETSI TISPAN konkrete Implementierungskonzepte für die Migration von leitungsvermittelten PSTN/ISDN-Infrastrukturen zu paketvermittelten Netzen. Darüber hinaus ist ETSI TISPAN treibende Kraft im Bereich der Spezifizierung von interoperablen Netzwerkprotokollen und –schnittstellen, die es Netzbetreibern ermöglichen sollen, NGN-Strategien auf Basis standardisierter Netzwerkkomponenten zu entwickeln.

Grundsätzlich ist die Struktur der ETSI Spezifikation dem ITU-Entwurf sehr ähnlich, auch wenn die ETSI auf der Diensteschicht beispielsweise keine separaten Application Support Functions/Service Support Functions vorsieht. Der ETSI Entwurf erscheint zunächst jedoch als reines Zwei-Schichten Modell, bei dem die Application Server im Gegensatz zur ITU auf der Diensteschicht integriert sind.<sup>24</sup> Allerdings kann man die Spezifikation auch so deuten, dass ein zur ITU äquivalentes Application-Network-Interface existiert, an dem man eine Dreiteilung und separate Anwendungsschicht festmachen kann.<sup>25</sup>

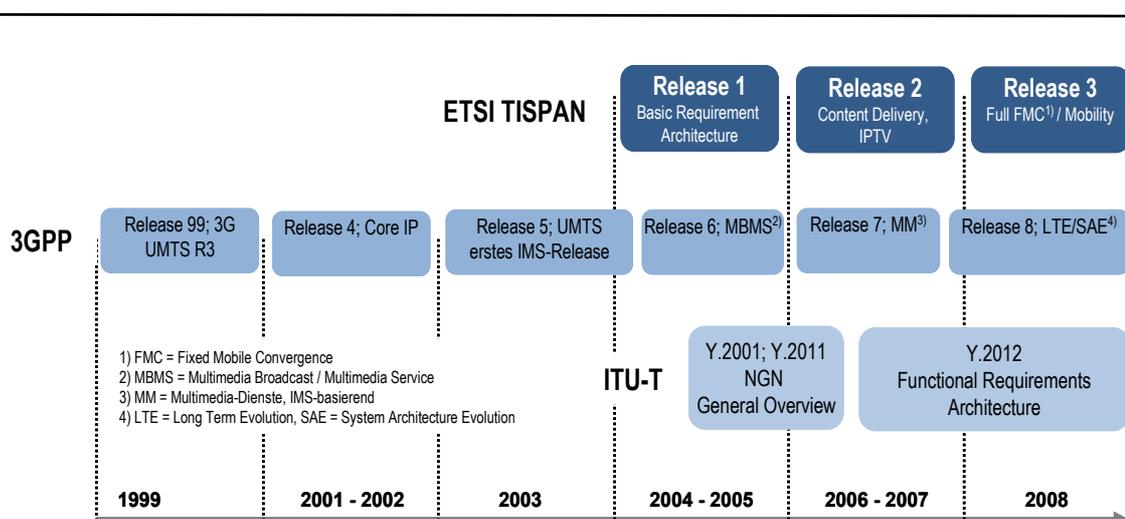
Das 3rd Generation Partnership Project (3GPP) ist eine Arbeitsgruppe, die sich primär aus Mobilfunkbetreibern zusammensetzt. Der Fokus der Standardisierungsarbeit des 3rd Generation Partnership Project liegt analog zu ETSI TISPAN auf der Erarbeitung konkreter Spezifikationen für NGN-Schnittstellen. Der Kernansatz ist hierbei die Entwicklung eines Next Generation Networks auf Basis der UMTS-Technologie. Abbildung 2-2 verdeutlicht die verschiedenen Standardisierungsinitiativen im Zeitverlauf.

---

<sup>24</sup> Vgl. Abbildung-Anhang-A 1 aus ETSI Standard 282007 im Anhang.

<sup>25</sup> Vgl. Abbildung-Anhang-A 3 ebenfalls aus ETSI Standard 282007 im Anhang. Dort sind Schnittstellen zwischen funktionalen Elementen der Diensteschicht und den Application Servern eingezeichnet, die effektiv auch als Trennlinie zur Anwendungsschicht ausgelegt werden können.

Abbildung 2-2 Standardisierung im Bereich NGN im Zeitverlauf



Quelle: In Anlehnung an Catbert, ITU, ETSI TISPAN und 3GPP.

Um konträre Entwicklungen zu vermeiden arbeitet ETSI TISPAN eng mit dem 3rd Generation Partnership Project zusammen. Die Zusammenarbeit dieser zwei Institutionen führte zur Spezifikation des so genannten *IP Multimedia Subsystems (IMS)*.

### 2.3 Relevanz des IP Multimedia Subsystems

Das IP Multimedia Subsystem bezeichnet eine offene, standardisierte Systemarchitektur, welche Zugriff auf unterschiedliche Dienste aus verschiedenen Netzwerken (wie Mobilfunknetze, „traditionelle“ Sprachnetze (PSTN) und Datennetze) ermöglicht. Das IP Multimedia Subsystem besteht aus verschiedenen funktionalen Elementen und Schnittstellen und ermöglicht die Erbringung IP-basierter Dienste unter Verwendung gemeinsamer Service Control Functions für verschiedene Plattformen. Nach Einschätzung sowohl der ITU als auch ETSI ist das IP Multimedia Subsystem ein wichtiger Bestandteil zukünftiger NGN-Infrastrukturen.<sup>26</sup> Beide Gremien haben daher in ihren Entwürfen die Integration eines IMS berücksichtigt. Effektiv stellt das IMS eine vollständige Architektur für die Realisierung der Diensteschicht in den Entwürfen der ITU oder ETSI dar.

<sup>26</sup> Vgl. ERG (2008): S. 164. Hier heißt es „...according to ITU-T and ETSI, the 3GPP core IP Multimedia Subsystem is expected to be a key building block for NGN specifications...”

Alternative paketvermittelte Infrastrukturen wie reine *Softswitch-Netzwerke* finden primär Verwendung zur Realisierung nur einer Dienstart (z.B. Sprache).<sup>27</sup> Softswitch-Netze haben jedoch im Vergleich zum IMS den Vorteil der weniger komplexen Implementierung im Vergleich zu multidienstfähigen IMS-Lösungen. Der Vorteil des IMS liegt hingegen unter anderem in der einfacheren Möglichkeit der Realisierung mehrerer multimedialer Dienste und in der Nutzung offener standardisierter Schnittstellen, wodurch die Implementierung neuer Dienste in IMS-Netzwerken in der Regel ohne physische Umbauten im Netzwerk umgesetzt werden kann. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird das IMS von Standardisierungsinstitutionen und Netzbetreibern offenbar als relevanteste Spezifikation zur Realisierung der Funktionen des Service Stratum eines NGN angesehen.

Gleichwohl ist der Einsatz eines IMS nicht die einzige mögliche Strategie. Wie oben dargelegt ist beispielsweise auch eine reine Softswitch-Architektur denkbar. Darüber hinaus erscheint die Vision des NGN uneinheitlich, je nachdem aus welcher Perspektive die Vorzüge des NGN aufgezeichnet werden. So ist davon auszugehen, dass viele Netzbetreiber ihre Rolle weniger in der Bereitstellung einer reinen Transportleistung und der damit verbundenen Dienstvielfalt durch mannigfaltige Service Provider sehen, sondern sich umso mehr um ein vertikal integriertes Dienstportfolio bemühen. Auch deshalb ist es notwendig, ein grundlegendes Verständnis der Implikationen von Schichtentrennung und Netzzugang im NGN aufzubauen. Im Folgenden wird die Funktionsweise und die Architektur eines IMS-basierten NGN detailliert beleuchtet.

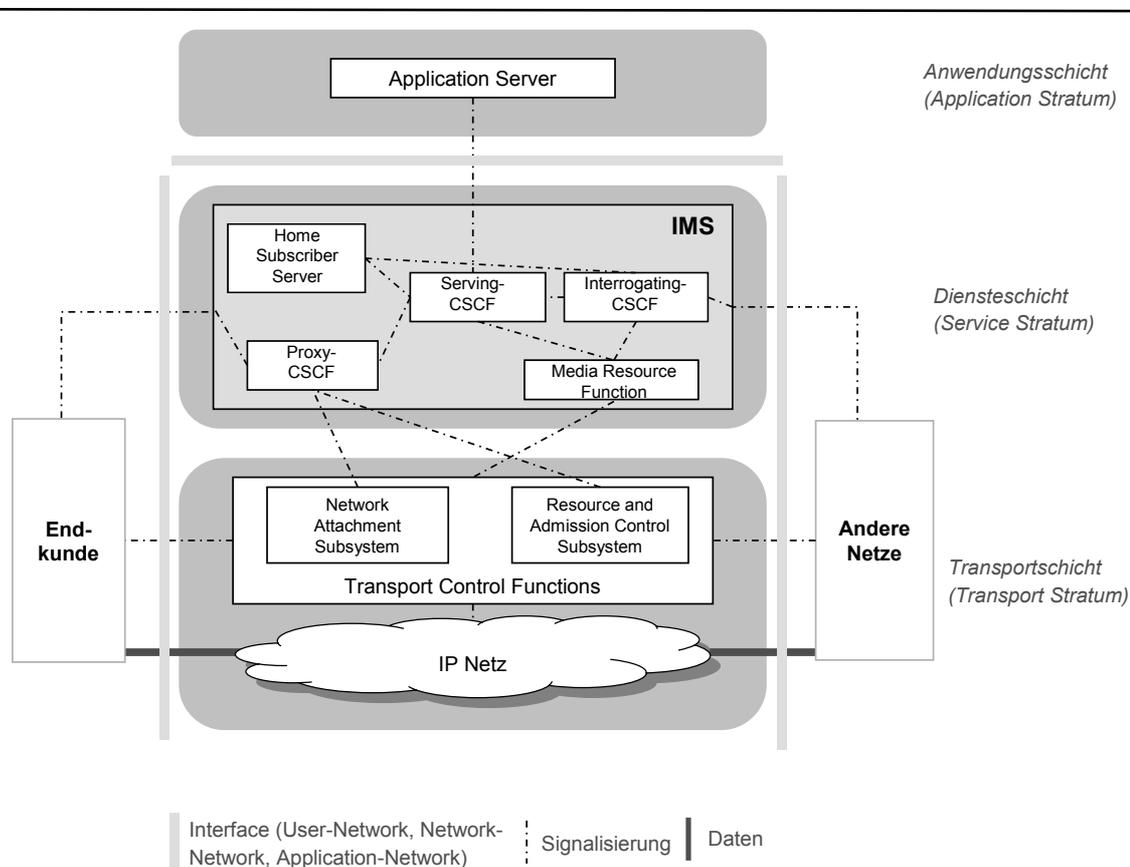
Zum Verständnis des typologischen Aufbaus und der Funktionsweise eines IMS-basierten NGN dient folgende Visualisierung (Abbildung 2-3). Für die weitere Bearbeitung unterstellen wir nun diese konsolidierte Struktur als maßgebliche Darstellung. Eine Bearbeitung im tieferen funktionellen Detail erfolgt nicht.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> Eine weitere Alternative zum IP Multimedia Subsystem könnte in Zukunft die Mobile Web Services (MWS)-Lösung werden. Diese ist allerdings in der Praxis zum gegenwärtigen Zeitpunkt von minderer Relevanz.

<sup>28</sup> Für eine zusammenfassende Analyse der Standards mit tieferer Darstellung der funktionellen Zusammenhänge von ITU und ETSI Architektur sowie dem IMS siehe z.B. Massner (2007) und Knightson/Morita/Towle (2005). Die relevanten Standards sind in Anhang D noch einmal systematisch aufgeführt.

Abbildung 2-3 Funktionaler Aufbau eines NGN mit IP Multimedia Subsystem (vereinfachte Darstellung)



Quelle: In Anlehnung an ITU, ETSI TISPAN, 3 GPP

Das IMS ist der Funktionsbereich, der die Sessions und Calls steuert. Die beiden wesentlichen Elemente des IMS sind die Call Session Control Function und der Home Subscriber Server. Zusätzlich kann die Media Resource Function notwendig werden (siehe Abbildung 2-3). Diese Elemente werden im Folgenden beschrieben.

Die *Call Session Control Function (CSCF)* ist der zentrale Routing-Punkt für das Netz und erfüllt Aufgaben im Call- und Session Management wie Verbindungsaufbau und Anrufweiterleitung. Zur Signalisierung verwendet die CSCF das Session Initiation Protocol (SIP). Das von der Internet Engineering Task Force (IETF)<sup>29</sup> entwickelte SIP ähnelt in Aufbau und Funktionalität den Internetprotokollen HTTP und SMTP. Das SIP ist ein Netzwerkprotokoll, das zum Aufbau, zur Steuerung und zum Abbau einer Kommu-

<sup>29</sup> Die IETF ist eine internationale Vereinigung von Netzwerktechnikern, Herstellern, Netzbetreibern und Anwendern, deren Aufgabengebiet primär in der technische Weiterentwicklung und Standardisierung des Internets liegt.

nikationssitzung zwischen zwei und mehr Teilnehmern dient. Das SIP hat den Vorteil, dass es nicht für ein spezielles Netz oder für spezifische Anwendungen definiert wurde und daher einen modularen, flexiblen und erweiterbaren Charakter aufweist<sup>30</sup>. SIP kann unter anderem auch dazu benutzt werden, beliebige Sessions (z.B. Voice over IP, Konferenzen und Spiele) zu verwalten. Somit kann die CSCF technisch auch als SIP-Server aufgefasst werden<sup>31</sup>. Die CSCF besteht aus drei funktionalen Elementen:

- Proxy-CSCF (P-CSCF),
- Serving-CSCF (S-CSCF),
- Interrogating-CSCF (I-CSCF).

Die *Proxy-CSCF* dient als erster Kontaktpunkt für Endgeräte im IMS<sup>32</sup>. Es leitet SIP-Nachrichten weiter an die *Serving-CSCF* und erfüllt Aufgaben für die Autorisierung von Netzwerkressourcen für IMS-Sitzungen. Die *Proxy-CSCF* sichert nach erfolgreicher Autorisierung den anderen IMS-Knoten im Netz die festgestellte Identität des Nutzers zu, so dass andere Netzknoten dies nicht wiederholen müssen<sup>33</sup>.

Die *Serving-CSCF* übernimmt im IMS die Funktionalitäten der Dienstabwicklung und des Session-Aufbaus<sup>34</sup>. Somit muss die *Serving-CSCF* als die maßgebliche CSCF-Funktionalität angesehen werden. Im Rahmen der Dienstabwicklung erfolgt zunächst die Nutzerregistrierung. Hierzu lädt die *Serving-CSCF* die relevanten Nutzerdaten wie Identität des Nutzers und Authentifizierungsdaten von der zentralen Nutzerdatenbank (im IMS dem Home Subscriber Server), um Dienste gemäß dem jeweiligen Nutzerprofil erbringen zu können. Die Kommunikation zwischen *Serving-CSCF* und Home Subscriber Server erfolgt unter Verwendung des Session Initiation Protocols (SIP)<sup>35</sup>. Im Anschluss erfolgt der Sessionaufbau, hierzu lokalisiert die *Serving-CSCF* die gegenwärtige Kontaktadresse des Nutzers und stellt im Falle einer Sprach-Session den Kontakt zum gewünschten Gesprächspartner her. Je nachdem, ob der gewünschte Gesprächspartner über eine SIP-Kennung oder einer herkömmliche Telefonnummer verfügt, nutzt die *Serving-CSCF* die Funktionen Domain Name System (DNS)<sup>36</sup> oder Telephone Number Mapping (ENUM)<sup>37</sup>.

---

<sup>30</sup> Vgl. Kesting (2007): S. 25.

<sup>31</sup> Er sorgt im Zusammenspiel mit der Transportschicht aber auch für adäquate Transportqualität.

<sup>32</sup> Vgl. 3GPP TS 23.002 (2007), S. 28.

<sup>33</sup> Vgl. Andresen (2006), S. 4.

<sup>34</sup> Vgl. 3GPP TS 23.228 (2008), S. 39.

<sup>35</sup> Vgl. 3GPP TS 23.218 (2008), S. 15.

<sup>36</sup> Domain Name Service (DNS) bezeichnet einen Dienst, der Domainnamen zugehörige IP-Adressen zuordnet.

<sup>37</sup> Telephone Number Mapping (ENUM) bezeichnet einen Dienst, der für die Umwandlung traditioneller Telefonnummern in IP-Adressen genutzt wird. ENUM ermöglicht es dem Nutzer unter derselben Nummer sowohl via Internettelefonie, als auch im traditionellen PSTN erreichbar zu sein.

Die *Interrogating-CSCF* ist ein optionales Element im Netzwerk. Es dient zur Abgrenzung einzelner Netzwerke (zum Beispiel zwischen verschiedenen Betreiberdomänen) und dem Verbergen von Komponenten im jeweils dahinter liegenden Netz<sup>38</sup>. Die *Interrogating-CSCF* ermöglicht beispielsweise ein Interworking zwischen zwei IMS-Netzen, ohne dass das abgebende Netz die Kennungen der funktionalen Elemente des empfangenden IMS-Netzes (darunter HSS und CSCF) kennen muss, sondern nur die der *Interrogating-CSCF*<sup>39</sup>. Somit dient die *Interrogating-CSCF* primär der Verminderung des Koordinationsbedarfes verschiedener IMS-Netzbetreiber untereinander.

Für den Großteil der im IMS realisierten Dienste (Basisdienste wie Voice, Data, usw.) übernimmt die Call Session Control Function (CSCF) das Dienstemanagement. Wenn eine IMS-Applikation jedoch eine zusätzliche mediale oder interaktive Funktion benötigt, ist zur Dienstrealisierung ein weiteres Infrastrukturelement erforderlich, die *Multimedia Resource Function (MRF)*. Die MRF übernimmt im IMS die Funktionalität des Verwaltens und Steuerns von Mediastreams und interaktiven Anwendungen<sup>40</sup>. Die MRF ermöglicht die Realisierung medialer Dienste wie Konferenzschaltungen oder Sprachdialogsysteme<sup>41</sup>. Darüber hinaus nimmt die MRF die Funktionalität des Resource-Managements wahr<sup>42</sup>, d.h. sie reserviert Kapazitäten für Sessions und lehnt im Überlastfall Sessions ab. Somit setzt die *Multimedia Resource Function* zusätzlich auch Quality of Service-Anforderungen durch.

Der *Home Subscriber Server (HSS)* ist eine zentralisierte Datenbank die primär zur Benutzeridentifikation und zur Zugangsautorisierung dient. Explizit werden folgende Benutzerinformationen im HSS erfasst<sup>43</sup>:

- Die Benutzeridentität,
- Die Netzposition bzw. den derzeitigen Aufenthaltsort des Nutzers (beispielsweise die derzeitige IP-Adresse des Nutzers, aber auch die aktuelle Adresse des Netzzuganges, über den der Nutzer den Dienst nutzt (z.B. für Notruf)),
- Informationen zur Nutzerautorisierung (beispielsweise Informationen über abonnierte Dienste des Nutzers),
- Sicherheitsinformationen.

Durch die zentrale Speicherung der Nutzerinformationen auf dem Home Subscriber Server kann jeder im IMS realisierte Dienst auf diese Informationen zugreifen. Somit ist es im IMS möglich, verschiedene Dienste unter einer Anmeldung anbieten zu können.

---

<sup>38</sup> Vgl. Schaller et al. (2005), S. 29.

<sup>39</sup> Vgl. Andresen (2006), S. 4.

<sup>40</sup> Vgl. 3GPP TS 23.228 (2008): S. 42.

<sup>41</sup> Vgl. Schaller et al. (2005): S. 29.

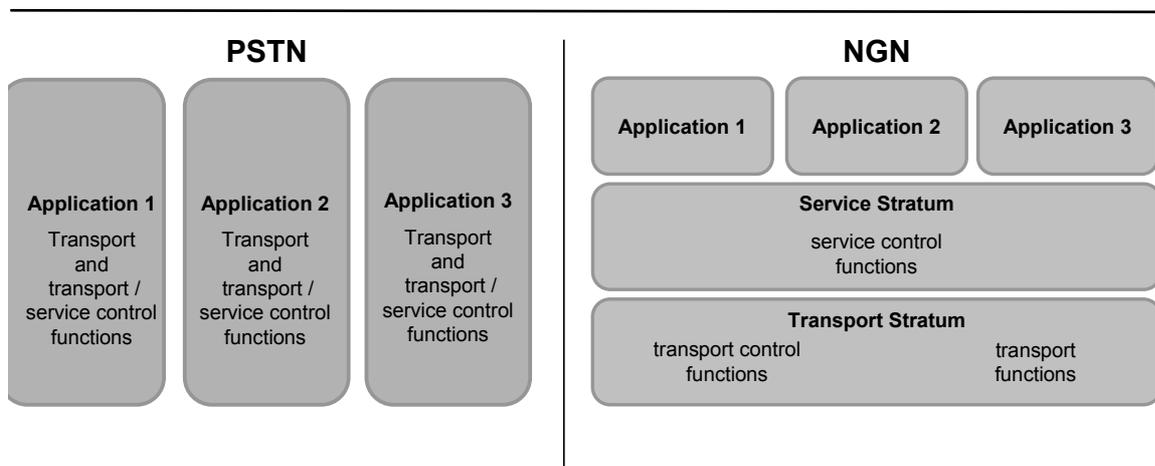
<sup>42</sup> Vgl. 3GPP TS 23.228 (2008): S. 42.

<sup>43</sup> Vgl. 3GPP TS 23.002 (2007): S. 15f.

Im Rahmen der Dienstrealisierung kommuniziert der Home Subscriber Server mit der Call Session Control Function (CSCF), die als zentrales Steuerelement im IMS auf die im HSS gespeicherten Nutzerinformationen zugreift<sup>44</sup>. Zur Kommunikation zwischen Home Subscriber Server und Call Session Control Function findet das Authentifizierungs-, Autorisierungs- und Accountingprotokoll *Diameter* Verwendung. Ist in einem IMS-Netzwerk mehr als ein Home Subscriber Server implementiert, wird die Funktionalität einer so genannten Subscriber Location Function (SLF) benötigt, um das Nutzerprofil eines bestimmten Nutzers bzw. den Standort dieses Profils zu lokalisieren<sup>45</sup>.

Aus diesem funktionalen Aufbau eines NGN wird unter anderem ein maßgeblicher Unterschied zwischen der Dienstleistung in einem NGN und im PSTN deutlich. Das Grundprinzip eines NGN basiert auf der funktionalen Trennung der maßgeblichen Netzfunktionen. D.h. im IP-basierten NGN werden im Gegensatz zum leitungsvermittelten PSTN die unterschiedlichen Netzfunktionen wie Transportfunktion, Steuerfunktion (Signalisierung) und die eigentliche Applikation auf unterschiedlichen logischen Netzebenen realisiert. Abbildung 2-4 stellt die Dienstleistung in beiden Netzinfrastrukturen gegenüber.

Abbildung 2-4 Dienstleistung in PSTN und NGN



Im PSTN benötigt jeder realisierte Dienst wie beispielsweise Sprachtelefonie, Fax oder Datenfernübertragungsdienste eine spezifische Steuerungs- und Transportfunktionalität. Demzufolge ist es notwendig, für jeden zusätzlich im PSTN implementierten Dienst neue Steuerungs- und Transportfunktionalitäten logisch und physisch zu implementieren. Bei einer stetig wachsenden Anzahl an Applikationen würde dies im PSTN eine

<sup>44</sup> Vgl. Ericsson (2007): S. 13.

<sup>45</sup> Vgl. Ericsson (2007): S. 14.

extrem komplexe und teure Netzinfrastruktur zur Folge haben<sup>46</sup>. Im NGN ist die Dienstbringung unabhängig vom zu realisierenden Dienst und basiert auf der gemeinsamen Nutzung der Funktionalitäten des Service und des Transport Stratum. Im Unterschied zum PSTN ist es somit in Netzstrukturen der nächsten Generation aus Sicht des Netzbetreibers wesentlich einfacher möglich, neue Applikationen zu implementieren, da zur Implementierung eines neuen Dienstes keine umfangreichen Netzumbauten oder –erweiterungen erforderlich sind<sup>47</sup>. Dieser Vorteil des NGN resultiert aus der funktionalen Trennung zwischen Transport- und Diensteschicht. Folglich zählt zu den Treibern der Implementierung die Möglichkeit der Bereitstellung von verschiedenen Diensten auf Basis einer gemeinsamen NGN-Infrastruktur.

In den letzten beiden Kapiteln wurden die Charakteristika eines NGN nach Definition der ITU und die NGN-Infrastruktur mit IP Multimedia Subsystem nach Definition von 3GPP und ETSI TISPAN detailliert erörtert. Beide Ansätze zeigen erhebliche Gemeinsamkeiten. Letztendlich geht es beim IMS um nichts anderes als die vollständige und umfassende Spezifikation des Service Stratum eines NGN. Im folgenden Unterkapitel werden aus diesen funktionalen Zusammenhängen erste Fragestellungen für die Regulierung abgeleitet.

## 2.4 Ausblick und erste Fragestellungen für die Regulierung

Eines der wesentlichen Merkmale eines Next Generation Networks ist die funktionale Trennung unterschiedlicher Netzebenen in Transport und Dienst, die prinzipiell von zwei unterschiedlichen Akteuren betrieben werden können, die auch beide in einem direkten Geschäftsverhältnis mit dem Endkunden stehen können. Aus dieser funktionalen Trennung ergeben sich erhebliche Potenziale für die Gestaltung und Implementierung neuer Dienste, da in NGN-basierten Netzinfrastrukturen Applikationen mit deutlich weniger Aufwand implementiert werden können, als dies in traditionellen leitungsvermittelten Netzen der Fall ist (vgl. Kapitel 2.1). Diese Vereinfachungen im Prozess der Dienstimplementierung könnten im Idealfall sowohl den Netzbetreibern als auch den reinen Diensteanbietern zu Gute kommen.

Mit Hinblick auf die zuvor beschriebenen generellen Schnittstellen im NGN zeigt sich, dass die Sessionsteuerung nicht einfach zwischen zwei Endpunkten (z.B. zwei Telefone, oder ein PC und ein Server) erfolgt, sondern in einem kontrollierten und zentralen, sozusagen dienstunspezifischen, Modell. Daraus kann zumindest in der Theorie eine verbesserte Qualität, Single-Sign-On Sicherheit etc. resultieren.

---

<sup>46</sup> Vgl. Ericsson (2007): S. 5.

<sup>47</sup> Vgl. Schnaller et al (2005): S. 28.

Allerdings besteht in dieser kontrollierten Umgebung, die viele Funktionen in der Intelligenz des IMS vereint, auch die Gefahr, dass Bottlenecks entstehen. Das kann dann der Fall sein, wenn Interoperabilität und Zusammenschaltung beeinträchtigt werden. Die European Regulators Group (ERG) identifiziert die folgenden Funktionen als potenzielle Bottlenecks:<sup>48</sup>

- der Home Subscriber Server,
- User Profile / User Identity,
- Location Information,
- Call Session Control Function,
- Charging Collection Function / Online Charging System,<sup>49</sup>
- Policy Decision Function<sup>50</sup>,
- Border Gateway Control Function<sup>51</sup>,
- Authentication,<sup>52</sup>
- Terminal Capabilities<sup>53</sup>, sowie
- die Beschränkung des Zugangs zu SIP Servern, die Rufnummerinformationen enthalten.

Es stellt sich die Frage, inwiefern Netzzugang streng an die einzelnen Ebenen des NGN gekoppelt sein sollte, oder ob es eher eine dienstespezifische Zusammenschaltung geben muss. In diesem Kontext stellt sich ebenfalls die Frage, ob es neue Formen von Netzzugang und Zusammenschaltung geben wird, die sich möglicherweise besonders auf das Zusammenspiel von reinen Diensteanbietern und Netzbetreibern auswirken. Schließlich soll es im NGN möglich sein, qualitätsdifferenzierten Datentransport mit umfangreicheren und zentralisierten Steuerungsmöglichkeiten über unterschiedliche Anschlussnetze hinweg zu gewährleisten. Dies könnte Dienste und Geschäftsmodelle der Marktakteure beeinflussen. Die Analyse dieser Auswirkungen und die Ableitung von Implikationen für die Regulierung ist Thema des folgenden Kapitels

---

<sup>48</sup> ERG (2008), pp. 68-75; 101-102.

<sup>49</sup> Bestandteile der „Charging and accounting functions“, welche Entgelt- und Datensammelfunktionen umsetzt.

<sup>50</sup> Bestandteil des „Resource and Admission Control Subsystems“ der Transportkontrollfunktionen.

<sup>51</sup> Schnittstelle zwischen verschiedenen Netzen auf Transport und/oder Diensteschicht. Siehe auch Kapitel 3.3.3 und Abbildung 3-12.

<sup>52</sup> Funktionen zur Nutzerauthentifizierung / -authentifizierung auf Transport und Diensteschicht.

<sup>53</sup> Funktionen der Endgeräte.

### 3 Dienstrealisierung und Netzzugang im NGN unter Berücksichtigung unterschiedlicher Geschäftsmodelle

Wie im vorherigen Abschnitt gezeigt wurde ist die Besonderheit des NGN, dass unterschiedlichste Dienste<sup>54</sup> über eine gemeinsame IP-Plattform geführt werden, wobei zukünftig noch weniger die Notwendigkeit für die Einheit von Dienstleister und Netzbetreiber bestehen wird. Das bedeutet zum einen, dass Verkehr in unterschiedlichen Qualitätsklassen geführt werden muss, die den angebotenen Dienst adäquat transportieren. Es stellt sich zum anderen die Frage, welche Anforderungen an den Netzzugang im NGN aus den unterschiedlichen Architekturen der netzseitigen Dienstrealisierung und dem Verhältnis von Anschlussnetzbetreiber und Service Provider resultieren.

In diesem Kapitel wird daher als Grundlage der Analyse die Architektur von VoIP und Videodiensten als repräsentative Dienste im NGN aufgeschlüsselt (Kapitel 3.1). Im Anschluss werden bei der Analyse von Einflussfaktoren auf die Dienstrealisierung unterschiedliche Geschäftsmodelle aufgezeigt (Kapitel 3.2). Zur Ableitung von Anforderungen an den Netzzugang werden dann Zugangsszenarien für ausgewählte und feiner detaillierte Geschäftsmodelle bei Voice over IP und Videostreaming aufgestellt (Kapitel 3.3). Zum Ende dieses Kapitels (3.4) wird ein Zwischenfazit gezogen, bevor in Kapitel 4 Probleme der Kostenallokation erörtert werden.

#### 3.1 Generelle netzseitige Realisierung ausgewählter Dienste

Bevor im weiteren Verlauf dieses Kapitels die Anforderungen der Dienste an den Netzzugang im NGN abgeleitet werden, wird zunächst die generelle netzseitige Realisierung – losgelöst vom OSI- oder NGN-Schichtenmodell – dargelegt. Im nun folgenden Unterkapitel geben wir einen Überblick über die tatsächliche Dienstnutzung zum heutigen Zeitpunkt.

##### 3.1.1 Heutige Dienstnutzung als Grundlage der Dienstausswahl

Bei der Auswahl von Diensten für eine nähere Betrachtung fließen zwei Aspekte ein, zum einen die Nutzung der Dienste (welche Dienste werden wie intensiv genutzt)<sup>55</sup> und zum anderen die Auswirkungen der jeweiligen Dienste auf die Netzlast. Eine Analyse der heutigen Nutzung und Verkehrsverteilung stellt dabei die Grundlage für die Dienstausswahl dar.

---

<sup>54</sup> Innerhalb der Arbeit bezeichnen wir –sofern nicht anders gekennzeichnet - mit „Dienst“ Services wie VoIP oder Videostreaming, die für den Endkunden so transparent sind. Mit Dienst ist also kein „Dienst“ gemeint, den eine Schicht einer anderen zur Verfügung stellt, wie dies bspw. im ISO/OSI Modell der Fall ist.

<sup>55</sup> Schwerpunkt der Betrachtung ist der Privatkundenmarkt.

In vorangegangenen Studien wurde bereits die Nachfrage nach und die Nutzungsintensität von Internetdiensten untersucht. Es zeigte sich, dass heute vor allem Suchmaschinennutzung, e-mail, online shopping und banking als „etablierte Dienste“ (bereits Teil des schmalbandigen Internetdienstportfolios) und Video on Demand, VoIP, IPTV, Online Gaming und Internet Radio als „neue Internetdienste“ (aufkommende Dienste auf Basis breitbandiger Anschlüsse) genutzt werden.<sup>56</sup> Die hier als „neue“ Internetdienste klassifizierten Dienste erscheinen uns aufgrund ihrer wachsenden Bedeutung und ihrer ausgewiesenen unterschiedlichen Anforderungen an Qualität wesentlich für die Analyse der Umsetzung im NGN (siehe Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1 QoS Anforderungen ausgewählter Anwendungen

Anwendung	Delay	Jitter	Paketverlust
Einfacher Internetverkehr	unkritisch	unkritisch	unkritisch
Video on Demand	wichtig	wichtig	<b>kritisch</b>
IPTV	<b>kritisch</b>	<b>kritisch</b>	<b>kritisch</b>
VoIP	<b>sehr kritisch</b>	<b>sehr kritisch</b>	<b>sehr kritisch</b>

Quelle: In Anlehnung an Jay / Plückebaum (2007a): S. 7.

Hinsichtlich des gesamten Verkehrsaufkommens zeigen Analysen des Internetverkehrs anhand der zugrunde liegenden Protokolle, dass sich die Verkehrsanteile der verschiedenen Anwendungen erheblich voneinander unterscheiden (siehe Tabelle 3-2).<sup>57</sup> Peer-to-Peer Filesharing verursachte in Deutschland 2007 den dominanten Anteil (ca. 70%) des Internetverkehrs. Die beherrschenden Anwendungen waren dabei *bittorrent* (ca. 66%) und *edonkey* (ca. 28%), welche beide den direkten Dateiaustausch zwischen Nutzern ermöglichen. An zweiter Stelle steht das reine Websurfen, also das Abrufen von Internetseiten (ca. 10%). Davon getrennt erfasst wurde „Mediastreaming“, d.h. Audio- und Videoinhalte von Webseiten wie *Youtube*. Diese Inhalte stellen ca. 8% des deutschen Verkehrs dar. An vierter Stelle steht eine Variante des Filesharings, die nicht auf Peer-to-Peer Verbindungen, sondern auf Client-Server Verbindungen basiert. Sogenannte „Direct Downloads Links“<sup>58</sup> sind für rund 4% des deutschen Verkehrs verantwortlich, wobei wiederum zwei dominante Akteure einen Großteil des Verkehrs auf sich vereinen (*rapidshare.com* mit 55% und *MegaUpload.com* mit 17%). Erst an fünfter Stelle steht dann VoIP/Skype mit weniger als 1% Verkehrsanteil. Sofern in einer NGN-Zukunft sämtliche Telefonie über VoIP abgewickelt wird, steht zu erwarten, dass sich die Volumina von VoIP entsprechend vergrößern.<sup>59</sup> Fraglich ist, ob sich dies auch auf

<sup>56</sup> Vgl. Anell, Patrick / Jay, Stephan / Plückebaum, Thomas (2007): S. 3-25.

<sup>57</sup> Vgl. im Folgenden *ipoque* (2007).

<sup>58</sup> Filehosting auf Servern, die der Anbieter betreibt (im Gegensatz zu Peer-to-Peer).

<sup>59</sup> Von den 179 Millionen Minuten abgehender Sprachverbindungen gingen 2007 bereits 55 Millionen (30,7 Prozent) per VoIP über DSL. 2006 waren es noch 28 Millionen Minuten (22,6 Prozent). Für 2008 darf hier mit einem weiteren deutlichen Anstieg gerechnet werden. Vgl. VATM (2008): S. 77.

Verkehrsanteile auswirkt.<sup>60</sup> Datenaustausch via File Transfer Protocol (FTP), E-Mail, Instant Messenger (IM), verschlüsselte Übertragungen<sup>61</sup> und Zugriff auf Usenet Newsgroups via Network News Transfer Protocol (NNTP) liegen jeweils deutlich unter 1% Verkehrsanteil.

Die Anteile verschiedener Dienste am Verkehrsaufkommen sind später bei Fragestellungen der Kostenallokation im Zusammenhang mit der Netzdimensionierung nochmals von Bedeutung (Kapitel 4). Ohne weiter darauf einzugehen sei an dieser Stelle angemerkt, dass bei Peer-to-Peer Filesharing Anwendungen rund 70% des deutschen Verkehrsvolumens auf zwei Anbieter zurückzuführen ist.

Tabelle 3-2 Verkehrsverteilung nach Protokollen in Deutschland (August/September 2007)

Protokoll	Internetverkehrsanteil in Deutschland
P2P	69.25%
HTTP	10.05%
Mediastreaming	7.75%
DDL	4.29%
VoIP/Skype	0.92%
FTP	0.50%
E-Mail	0.37%
IM (Instant Messenger)	0.32%
Tunnel/Verschlüsselung (SSL, IPsec, OpenVPN)	0.32%
NNTP (Network News Transfer Protocol)	0.08%

An 100% fehlende Werte (6,15%) = „Sonstige“ Protokolle  
Quelle: ipoque (2007).

In der Kombination von Nachfrageintensität und Netzlast zeigt sich, dass vor allem neue breitbandige Dienste zu analysieren sind. Im Folgenden werden exemplarisch Voice over IP und Videodienste in ihren unterschiedlichen Ausprägungen beschrieben. An beiden Beispielen kann gezeigt werden, dass die herkömmliche Client-Server Architektur vieler Dienste bereits heute durch innovative Peer-to-Peer Architekturen aufgebrochen wird (Beispiele: *Skype* für VoIP, *Joost* für IPTV).

<sup>60</sup> Marcus / Elixmann / Carter et. Al (2008): S. 42 erwarten einen weiterhin kleinen Anteil von VoIP am gesamten Verkehrsvolumen,

<sup>61</sup> Darunter fallen SSL (Secure Socket Layer), IPsec und OpenVPN.

### 3.1.2 Architektur von Voice over IP

#### 3.1.2.1 Basis der VoIP Realisierung

Wie bei der herkömmlichen PSTN/ISDN Telefonie teilt sich auch ein Telefonat über VoIP in zwei Vorgänge auf, nämlich den Verbindungsaufbau (Signalisierung) und die Gesprächsübertragung.<sup>62</sup>

Für die Signalisierung bei VoIP wird heute vorzugsweise der SIP Standard (Session Initiation Protocol) eingesetzt.<sup>63</sup> Beide Gesprächspartner besitzen wie bei der herkömmlichen PSTN/ISDN Telefonie eine eindeutige „Rufnummer“, den Uniform Resources Identifier (URI). Der SIP Server des VoIP Providers verwaltet die „Nummern“ und zugehörigen, veränderlichen IP-Adressen seiner Kunden, um so im Falle eines eingehenden Anrufs das Gespräch durchstellen zu können. Um das Gespräch mit einem VoIP-Kunden eines anderen Providers führen zu können, müssen sich beide Provider „zusammenschalten“, um die Adressdatenbanken austauschen zu können. Für den Verbindungsaufbau muss eine Real Time Transfer Protocol (RTP) Session generiert und nach Gesprächsende terminiert werden. Der Datentransfer in beide Richtungen erfolgt auf unabhängigen Verbindungen durch das IP-Netz/die IP-Netze, wobei die Pakete grundsätzlich auch in einer Richtung unterschiedliche Wege nehmen können.<sup>64</sup>

In einem All-IP Netz kann die Übertragung wie hier beschrieben vorgenommen werden. Soll jedoch Kommunikation zwischen IP und PSTN/ISDN Teilnehmern stattfinden, oder besteht keine IP-Zusammenschaltung zwischen den VoIP Providern, so muss ein Media Gateway zwischengeschaltet werden, das Gespräche von IP nach PSTN/ISDN und zurück übersetzt. Abbildung 3-1 verdeutlicht die Varianten im Gesprächsaufbau.

Entscheidend ist prinzipiell die Gewährleistung einer ausreichenden Übertragungsqualität mit Blick auf die Parameter Paketverlustrate, Paketlaufzeit und Paketlaufzeit-schwankung sowie ausreichende Bandbreite. Da VoIP ein symmetrischer Echtzeitdienst ist, sind alle Parameter als sehr kritisch einzuordnen. Die absolut benötigte Bandbreite ist jedoch klein und wird häufig mit rund 100kbps angegeben. Ein kurzer Vergleich dieser Qualitätsanforderungen mit den anderen Diensten wurde bereits in Tabelle 3-1 vorgenommen. Auf die technischen Varianten zur Qualitätsrealisierung wird an späterer Stelle zusammenfassend in Kapitel 4 eingegangen.

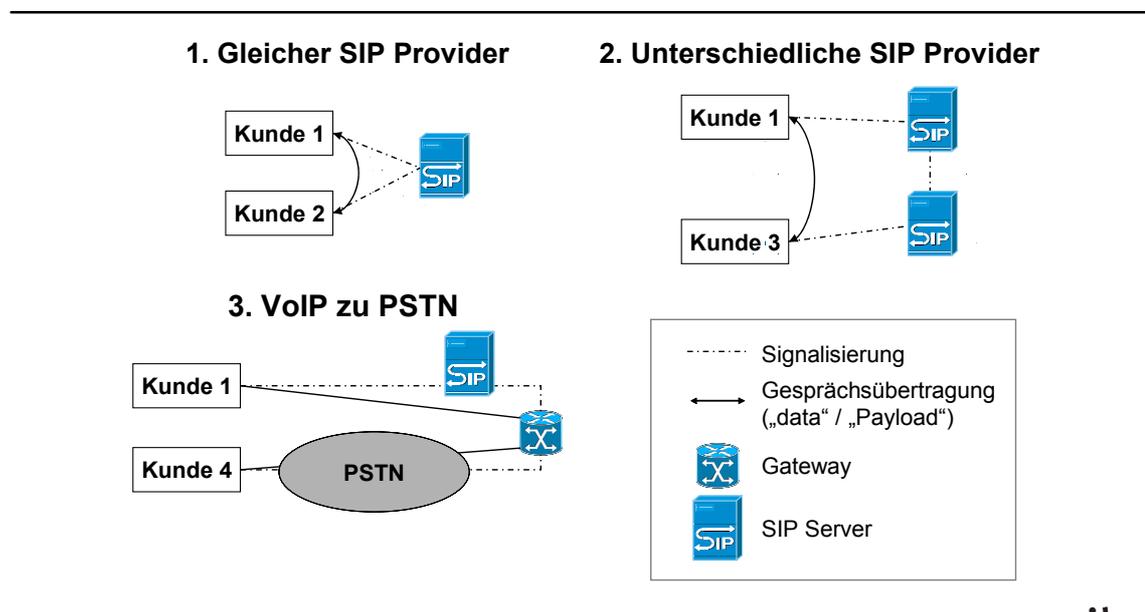
---

<sup>62</sup> Vgl. Rosauer, Bernhard (2006): S 656.

<sup>63</sup> Der ITU-Standard H.323 ist der zweite wichtigere VoIP-Standard. In Deutschland ist der Verkehr auf SIP Basis höher als der über H.323 oder auch IAX (vgl. ipoque (2007)). Für das hier aufzubauende Verständnis der VoIP Architektur soll das Augenmerk auf den SIP Standard beschränkt werden. Danach wird mit Skype eine alternative Architektur auf Peer-to-Peer Basis vorgestellt.

<sup>64</sup> Die Details der Audiocodierung seien an dieser Stelle vernachlässigt.

Abbildung 3-1 VoIP Architektur bei unterschiedlichen Gesprächsvarianten



Wesentlich im Kontext dieser Studie ist,

- dass beim Gesprächsaufbau die zur angerufenen Nummer gehörende IP-Adresse in einem (SIP-)Server nachgeschlagen wird, die Gespräche selber dann jedoch in direkter Kommunikation zwischen den Nutzern und nicht über den zentralen Server erfolgen.
- dass reine IP-Telefonie zwischen zwei Teilnehmern erfordert, dass die Gesprächspartner beide Kunden des gleichen VoIP-Providers sind, oder – wenn die Gesprächsteilnehmer bei unterschiedlichen VoIP Provider sind – dass sich VoIP Provider zusammengeschaltet haben.

### 3.1.2.2 Geschäftsmodellvarianten und die Qualität von VoIP im NGN

VoIP wird von unterschiedlichen Akteuren auf unterschiedliche Art und Weise angeboten. Für die vorliegende Studie sind nur die Services von Interesse, die auf die Substitution des herkömmlichen PSTN/ISDN abzielen, nicht jedoch bspw. der interne Einsatz von VoIP im lokalen oder Weitverkehrsnetz eines Unternehmens. Dabei sind in Abhängigkeit von der Bündelung des VoIP Dienstes mit dem Internetzugang zwei wesentliche Anbieterformen zu unterscheiden. Allen Akteuren gemein ist, dass sie sich zusammenschalten müssen, um Ihren Kunden Gespräche ins Netz anderer Anbieter zu ermöglichen, bzw. von dort angerufen werden zu können.

1. Spezialisierte VoIP Anbieter, welche das Internet als Transportmedium nutzen und kein Anschlussnetz betreiben (Beispiel: Vonage, SipGate). In diesem Fall kann nochmals unterschieden werden, ob der VoIP Anbieter die Vermittlungsleistung über zentrale Server (Vonage, SipGate) oder über eine Peer-to-Peer Architektur erbringt. Skype setzt für die „on-Net“<sup>65</sup> Kommunikation fast ausschließlich auf eine solche Peer-to-Peer Architektur (siehe unten). Zunächst sei die Peer-to-Peer Architektur ausgeblendet.
2. Netzbetreiber, die VoIP zusammen mit dem Breitbandzugang des Endkunden anbieten<sup>66</sup> (Beispiel: Tele2/QSC, zukünftig wohl alle Netzbetreiber).

Die erste Gruppe hat keine Kontrolle über die Qualität der Anschlussleitung des Endkunden. Die zweite Gruppe kann mindestens die Qualität in ihrem eigenen (Anschluss- und Kern-) Netz beeinflussen.

In einem NGN mit qualitätsdifferenzierten Verkehrsklassen, die über Netzgrenzen hinweg austauschbar sind, liegt es nah, dass die Netzbetreiber anstreben, sich über eine Premium-Qualität von Angeboten der ersten Anbietergruppe abzusetzen. In die deutsche Diskussion zur IP-Zusammenschaltung brachten diese daher den Begriff „Voice over NGN“ ein, als Abgrenzung von „Voice over Internet“ als Bezeichnung für Anbieter der ersten Gruppe.<sup>67</sup> Beim Versuch die beiden Anbietergruppen terminologisch abzugrenzen wird international hingegen allgemeiner von „Voice over Broadband“ für die Breitbandanbieter mit Bündelangeboten der 2. Gruppe gesprochen.<sup>68</sup> ARCEP bezog in ihrer Marktanalyse „Voice over Internet“ explizit nicht in den Markt für Festnetztelefonie ein und begründete dies mit der Notwendigkeit, die Telefonate Software-basiert am PC zu führen und der Tatsache, dass keine Kontrolle der Transportqualität möglich ist. Demgegenüber kommt die Bundesnetzagentur in Ihrer Analyse zu dem Schluss, dass zurzeit keine verlässlichen, qualitätsbasierten Abgrenzungskriterien für eine Differenzierung von Zusammenschaltung unterschiedlicher VoIP Anbietertypen vorliegen und VoIP

<sup>65</sup> Ein Anruf von einem Skype-Nutzer zum anderen, ohne den Einbezug von PSTN oder der Umsetzung des Rufnummernstandards E.164 im NGN.

<sup>66</sup> Es steht zur Debatte in welche Kategorie jene Internet Service Provider eingeordnet werden sollten, die ihren Endkunden den Internetzugang nicht auf Basis von eigener Infrastruktur auf der letzten Meile oder Local Loop Unbundling, sondern auf Grundlage aktiver Vorleistungen wie Bitstrom oder Resale anbieten. Sofern sie eine qualitätsdifferenzierte Vorleistung kaufen (können), wären sie eher zur zweiten Gruppe zu zählen. Was regulierte Vorleistungen des Incumbents angeht ist dies jedoch momentan in Europa in den seltensten Fällen möglich.

<sup>67</sup> Siehe BundesNetzAgentur (2008a): S. 6. „Im Rahmen des Abschlussberichts hat eine Gruppe von TK-Unternehmen [...] zwischen Voice over NGN (VoNGN) und Voice over Internet (VoI) differenziert. [...] Die Gruppe [...] geht dabei davon aus, dass bei VoNGN der angerufene Endkunde mit zugesicherter bzw. vereinbarter Qualität erreichbar sei. Dabei erbringe der terminierende Netzbetreiber, der die E.164 Rufnummer des angerufenen Endkunden geschaltet hat, die komplette erforderliche Wertschöpfung [...] und/oder stelle diese durch Dritte sicher. Des Weiteren erbringe der Netzbetreiber die Terminierungsleistung unter Einhaltung der definierten und messbaren Qualitätsparameter für die Verbindungen vom Netzübergang bis zum Endkunden. VoNGN sei damit Sprache über gemanagte IP-Netze oder hybride Netze, die wiederum einen qualitätsgesicherten Transport der Sprachpakete sicherstellten. VoI liege dagegen dann vor, wenn die Bedingungen von VoNGN nicht erfüllt seien.“

<sup>68</sup> ARCEP traf diese Unterscheidung 2005 bei der Marktanalyse von Schmalbandfestnetz (ehemals Märkte 1-6). Siehe Europäische Kommission (2005): S. 2. ARCEP (2005)

(mit Ausnahme reiner Peer-to-Peer Dienste) daher für den Moment weiterhin einheitlich zu betrachten ist. Denn es sei zum jetzigen Zeitpunkt unklar, „inwieweit eine tragfähige Differenzierung zwischen verschiedenen Realisierungsformen von Sprachdiensten auf der Basis von unterschiedlichen Sprach-/Dienstqualitäten möglich ist [...]“ und wie es „[...] in NGNs möglich sein wird, Mindestqualitäten tatsächlich zu garantieren.“ Entscheidend sei außerdem, „dass beide Dienstformen aus Sicht des Endkunden einen vergleichbaren Sprachqualitätsbereich erreichen.“<sup>69</sup>

Die Begründung der BundesNetzAgentur, der wir uns anschließen, offenbart ein großes Problem der Migration zum NGN. Einerseits soll das NGN sich gerade durch die differenzierte Behandlung unterschiedlicher Verkehrsklassen, also der Realisierung von Quality of Service auszeichnen (siehe Kapitel 2.1). Andererseits ist der Weg zu einheitlichen Verkehrsklassen und bspw. zu einer genauen Definition der Qualitätsparameter von VoIP sowie der Garantie für deren Einhaltung weiterhin unklar. Es ist sogar durchaus wahrscheinlich, dass bei fortgesetztem Wachstum des Verkehrsvolumens im Kern-Netz wenig bis keine Kapazitätsprobleme auftreten. Stattdessen liegen die Engpassfaktoren sehr wahrscheinlich eher in den Aggregations- und Anschlussnetzen (siehe dazu auch Kapitel 4.4), wo Qualitätsklassen hilfreich wären, um (Echtzeit-) kritischen Anwendungen an Engpassstellen zu schützen. Zwar gibt es Qualitätsklassen bereits seit vielen Jahren, jedoch nicht zwischen verschiedenen Netzen. Marcus, Elixmann, Carter et al führen dies auf Netzwerkexternalitäten und Transaktionskosten zurück.<sup>70</sup> Damit stellt sich grundsätzlich die Frage, ob eine der wesentlichen Charakteristika des NGN, die Qualitätsdifferenzierung, überhaupt von den Netzbetreibern netzübergreifend und weitflächig umgesetzt werden wird.

### 3.1.2.3 Die Relevanz von Peer-to-Peer Architekturen für VoIP am Beispiel von Skype

Unter den VoIP Providern der ersten Gruppe belegte Skype 2006 den ersten Platz in Europa, gefolgt von Vonage.<sup>71</sup> Auf dem US Markt sieht es genau umgekehrt aus: Vonage führt mit 47,5% der VoIP Minuten gegenüber Skype mit 11,8% Anteil.<sup>72</sup> Der Skype VoIP Dienst unterscheidet sich jedoch in der Funktionsweise erheblich von den bisher geschilderten Architekturen, da er fast ausschließlich auf Peer-to-Peer Kommunikation aufsetzt.

In einem Peer-to-Peer Netz übernehmen grundsätzlich alle Kommunikationspartner sowohl Client als auch Server Funktionen. Die Organisationsstruktur unterschiedlicher Peer-to-Peer Software unterscheidet sich jedoch in ihrem Zentralisierungsgrad z.B. hinsichtlich der Bearbeitung von Suchanfragen (gehen diese an einen zentralen Server oder direkt an andere Netzknoten, also andere Nutzer).

---

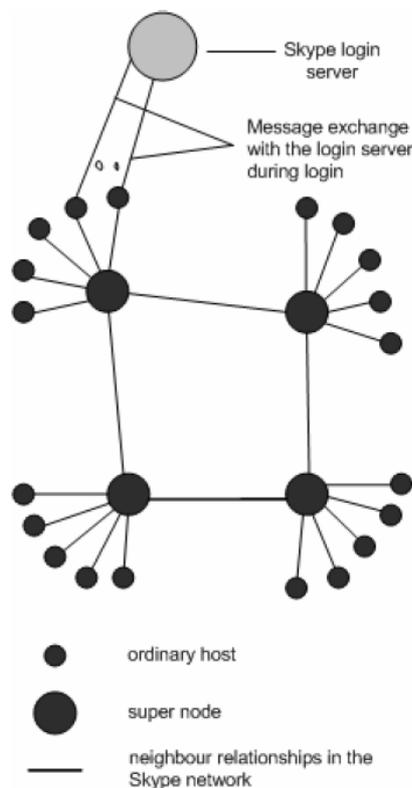
<sup>69</sup> Vgl. Bundesnetzagentur (2008a): S. 6-8.

<sup>70</sup> Vgl. Marcus / Elixmann / Carter et. al. (2008) : S. 91f.

<sup>71</sup> Vgl. Espiner (2006).

<sup>72</sup> Vgl. Frommer (2006).

Abbildung 3-2 Die Architektur von Skype



Quelle: Basset / Schulzrinne (2004)

Über die Architektur von Skype gibt es vorrangig nur indirekte Informationen aus der Analyse des (verschlüsselten) Datenstroms der Skype Clients.<sup>73</sup> Im Gegensatz zu einem SIP basierenden VoIP Provider setzt Skype zentral nur einen Login Server ein, der Nutzernamen und Passwörter verwaltet und die Authentifizierung abwickelt (siehe Abbildung 3-2).<sup>74</sup> Im Gegensatz zum SIP Server verknüpft dieser jedoch nicht Nutzernamen mit der aktuellen IP Adresse und steuert den Signalisierungsprozess beim Gesprächsaufbau. Während Vonage also die Signalisierung über zentrale Server abwickelt, unterhält Skype mit Ausnahme des Login Servers gar keine Netzinfrastruktur. Jeder Nutzer fungiert daher (in unterschiedlich großem Maße) als Knoten<sup>75</sup>, über den Signalisierung und Gesprächsübertragung dezentral abgewickelt werden.

<sup>73</sup> Vgl. im folgenden Baset / Schulzrinne (2004).

<sup>74</sup> Der Login Prozess bei Skype besteht daher aus zwei Stufen. Zunächst nutzt Skype bereits bekannte andere Skypeknoten um mit diesen zu kommunizieren und die Präsenz des Nutzers im Skype Netz ankündigen zu können (Beim erstmaligen Ausführen der Software sind bereits die IP-Adressen einer Reihe von Knoten voreingestellt.) Sofern dies erfolgreich ist, wird eine separate Verbindung zum Login Server zur Authentifizierung aufgebaut, der Server selber ist jedoch nicht Teil des Peer-to-Peer Netzes.

<sup>75</sup> Siehe zum Konzept der „Nodes“ und „Supernodes“ ebenfalls Baset / Schulzrinne (2004) sowie <http://www.skype.com/help/guides/skypeexplained/>

### 3.1.3 Architektur von Videodiensten

„Videodienste“ steht an dieser Stelle als Sammelbegriff für die senderinduzierte Ausstrahlung<sup>76</sup> von Fernsehprogrammen über breitbandige IP-Netze (IPTV) und den nutzerinduzierten Abruf von Videos (Video on Demand).<sup>77</sup> Der Kontrollgrad über den Verkehrsfluss unterscheidet sich zwischen den Anbietern, daher wird eine Unterscheidung getroffen, durch welche Art von Anbieter IPTV und Video on Demand erbracht werden. Diese Unterscheidung folgt im Wesentlichen der Differenzierung der Anbietergruppen bei VoIP.

1. Gruppe 1: Anbieter, ohne Kontrolle der Anbindung des Endkunden (Bsp. *YouTube*, *BBC iPlayer*) (vgl. Abschnitt 3.1.3.1).
2. Gruppe 2: Vertikal integrierte Anschlussnetzbetreiber (Triple Play Anbieter wie *T-Com*, *Arcor*, *Unity Media...*) (vgl. Abschnitt 3.1.3.2).

#### 3.1.3.1 Videodienste ohne Kontrolle der Anbindung des Endkunden

Der Abruf von Video/Audio aus dem Internet - also nicht aus Bündelangeboten des Anschlussnetzbetreibers - wird auch als Mediastreaming bezeichnet<sup>78</sup>. Das Mediastreaming zeichnet sich im Gegensatz zum bloßen Dateidownload dadurch aus, dass die Wiedergabe bereits sofort oder mit nur geringer Verzögerung nach Auswahl beginnt. Ein Beispiel für solche Dienste ist iTunes, bei dem sich Musik und Videos per Streaming vor dem Kauf Probehören lassen. Aus dem Bereich der Videoportale ist YouTube ein sehr bekanntes Beispiel für on-demand Abruf von Kurzfilmen, die von den Nutzern selber eingestellt werden. Dieser Markt für Videosharing zeichnet sich durch ein rasantes Wachstum aus.<sup>79</sup> Deutlicher Marktführer ist Google, der unter anderem das meistfrequentierte Videoportal YouTube betreibt. Im November 2007 waren die meistbesuchten amerikanischen Videoportale im Besitz von Google (~42% der amerikanischen Internetnutzer), Fox Interactive Media (~25%, besitzt u.a. MySpace), Yahoo! (~21%) und Time Warner Network (~17%).<sup>80</sup>

Beim on-demand Streaming<sup>81</sup> ist zu unterscheiden, ob das Streaming durch einen Server oder über einen bloßen Datendownload durch http erfolgt. Letzteres erfordert zunächst den vollständigen Download der Datei bevor die Wiedergabe beginnt, daher zählt die Bereitstellung über http streng genommen nicht zum eigentlichen Media-Streaming.

---

<sup>76</sup> Zur Unterscheidung zwischen Multicast und Unicast siehe Kapitel 3.1.3.2.

<sup>77</sup> Im weiteren Sinne könnte dies auch reine Audio-Inhalte umfassen.

<sup>78</sup> Vgl. ipoque (2007).

<sup>79</sup> Vgl. Pew Internet & American Life Project (2008).

<sup>80</sup> Vgl. Comscore (2008).

<sup>81</sup> Die Realisierung kann über unterschiedliche Formate wie z.B. Windows Media, Quicktime, RealMedia oder Flash erfolgen.

Die Videoübertragung als solche impliziert bereits hohe Datenvolumina und erhöhten Bandbreitenbedarf. Das hier zugrunde liegende Mediastreaming durch reine Service Provider zeichnet sich dadurch aus, dass die zu übertragenden Daten linear mit der Anzahl der Nutzer skalieren, weil sie für jeden Betrachter neu übertragen werden müssen.<sup>82</sup> Prinzipiell lassen sich drei Varianten unterscheiden, wie Mediastreaming Inhalte den Endkunden zugänglich gemacht können:<sup>83</sup>

1. Zentraler Server, der durch einen Netzbetreiber an das Internet angebunden wird.
2. Verteilte Server, die Daten lokal vorhalten und durch dedizierte Verbindungen aktualisiert werden (content delivery Plattformen).
3. Peer-to-Peer Architektur, bei der die Daten primär durch die Endkunden selbst bereitgestellt werden.

Im ersten Fall lässt der Inhaltenanbieter seine **zentrale Serverfarm** durch einen Netzbetreiber an das Internet anbinden. Alle Nutzer rufen die Inhalte dann durch diesen Netzbetreiber vom zentralen Server ab. Das führt dazu, dass der Verkehr von weiter entfernten Nutzern eine höhere Anzahl von Hops durchläuft, eine höhere Paketlaufzeit aufweist und somit möglicherweise zu einer schlechteren Nutzungsqualität führt. Darüber hinaus vergrößert jeder Abruf die Last in allen Netzen, durch die der Verkehr von der Quelle bis zum Nutzer geführt wird. Hierdurch wächst die Gefahr, dass Pakete in Spitzenzeiten nicht (zeitnah) zugestellt werden. Daher werden Ansätze gesucht, wie Engpassstellen umgangen werden können.

Je höher die Anforderungen an Echtzeit oder das Übertragungsvolumen durch die Masse an Kunden und/oder die zunehmende Größe der Dateien, umso schneller stößt ein Service Provider mit zentralen Servern an Grenzen. Im zweiten Fall werden daher statt eines zentralen **verteilter Server** eingesetzt und dezentral an das Internet angebunden. Für einen Abgleich der Daten sind dedizierte Verbindungen zwischen den Servern nötig, d.h. die Server bekommen ihre Daten möglicherweise zwar von einer zentralen Quelle, allerdings ist das Übertragungsvolumen zunächst unabhängig von der Anzahl der tatsächlichen Nutzer, da ein gegebenes Video nur einmal zum lokalen Server transportiert werden muss. Erst danach treten die Kunden wieder in 1-zu-1 Beziehungen (Unicast) an den Server heran und fordern Daten an. Dieses lokale Vorhalten von Inhalten wird auch als Replication oder Mirroring bezeichnet und ist charakteristisch für so genannte Content Delivery Networks, die mit den hier beschriebenen verteilten Serverfarmen arbeiten. Dies hat verschiedene positive Effekte: Zum einen werden die Anzahl der Hops und die Laufzeit für die meisten Nutzer verringert, was die Servicequalität verbessert. Zum anderen werden die Zusammenschaltungspunkte der Netzbetreiber

---

<sup>82</sup> Im Abschnitt über die Videodienste der Netzbetreiber werden die Unterschiede zwischen IPTV (Broadcasting / Multicasting) und Video on Demand (Unicasting) näher beschrieben.

<sup>83</sup> Ähnlich Norton (2007): S. 2ff.

weniger stark belastet, weil Inhalte weniger häufig über Netzgrenzen hinaus transportiert werden müssen.

International aufgestellte Akteure wie *Google*, *iTunes* oder *YouTube* würden mit einer zentralen Serverplattform sehr schnell an Grenzen stoßen.<sup>84</sup> Mittlerweile sind es jedoch nicht unbedingt die Inhalteanbieter selbst, welche die Content Delivery Networks betreiben, sondern spezialisierte Dienstleister wie z.B. *Akamai* und *Limelight*, die ihre Dienste dann an Inhalteanbieter offerieren. Die Netzbetreiber setzen ihrerseits Caching-Techniken ein, um oft abgerufene Inhalte für ihre Kunden kurzfristig nicht jedes Mal erneut herunterladen zu müssen. In Abbildung 3-3 ist ein Beispiel für zentrale Server und in Abbildung 3-4 für dezentrale Server illustriert.

In diesem Kontext und als Vorbereitung auf die Analyse in Kapitel 3.2f. muss der Austausch von Internetverkehr zwischen Netzbetreibern und die Anbindung von Inhalteanbietern an Netzbetreiber hinterfragt werden. Grundsätzlich liegt es in der Natur der Sache, dass Internet Access Provider ihren Kunden Zugang zum gesamten Internetadressraum (d.h. zu allen Autonomous Systems<sup>85</sup>) gewähren müssen. Um dieses tatsächlich umzusetzen gibt es zwei Alternativen: Transit und Peering. Beim Transit zahlt der Internet Access Provider ein nutzungsabhängiges Entgelt an einen Transitprovider, der wiederum durch sein eigenes Netz sowie durch seine Zusammenschaltungen den relevanten Internetraum zur Verfügung stellen kann. Dieser Transitprovider wird auch Upstream Provider für den nachfragenden Netzbetreiber genannt. Um weniger kostenpflichtigen Upstream-Transit kaufen zu müssen, gibt es Anreize für Netzbetreiber, Teile des Verkehrs mit ansatzweise gleichwertigen Partnern kostenlos auszutauschen, was als „Peering“ bezeichnet wird. Dadurch gewähren Sie sich, vereinfacht gesagt, gegenseitig Zugang zu ihren angeschlossenen Kunden. In Abbildung 3-3 sind auf der oberen Hälfte so genannte Tier 1 Carrier dargestellt, die den gesamten Internetraum ausschließlich durch Peerings erreichen (Netzbetreibers 1 und Netzbetreiber 2). Darunter sind Tier 2 Carrier, die den Internetraum durch Peerings und Transit erreichen (Netzbetreiber 3-5).<sup>86</sup>

---

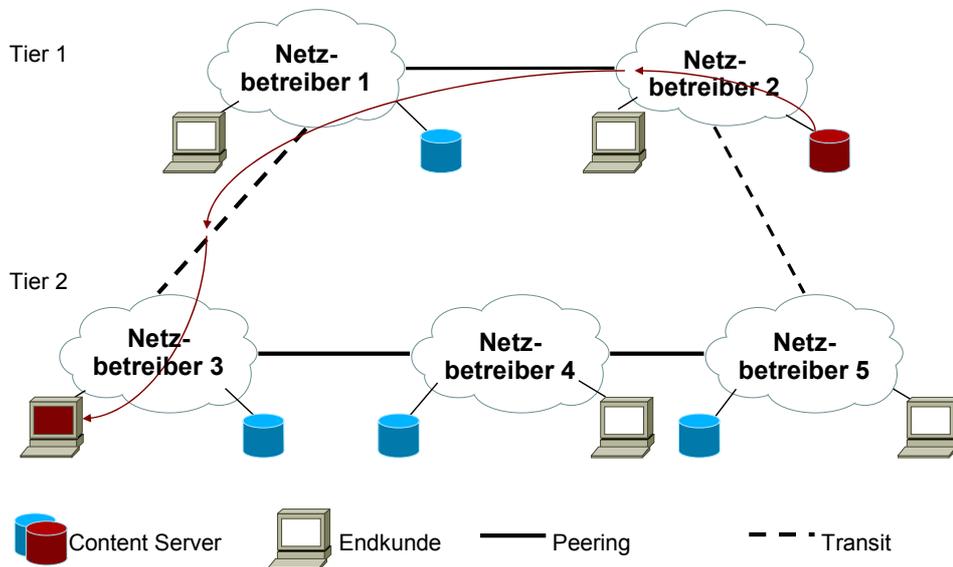
<sup>84</sup> Alle drei unterhalten nationale Ableger in verschiedenen Ländern.

<sup>85</sup> Siehe Elixmann / Scanlan et al. (2002): S. 27-30.

<sup>86</sup> Vgl. Norton (2001): S.1f. sowie Marcus/ Elixmann/ Carter et al (2008): S. 70f. für eine detaillierte Definition. Es gibt jedoch keine eindeutige Definition der Carrierhierarchie Tier 1 / Tier 2, siehe Bleich (2007): S. 88. Eine gängige Definition der hierarchischen Unterteilung von Netzbetreibern lautet (ähnlich Norton (2001) und Norton (2003):

- Tier 1 Carrier erreichen den gesamten Internetraum ausschließlich durch unbezahltes Peering
- Tier 2 Carrier erreichen den gesamten Internetraum durch unbezahltes Peering und bezahlten Transitverkehr
- Tier 3 Carrier erreichen den gesamten Internetraum nur durch bezahlten Transitverkehr.

Abbildung 3-3 Abruf von Inhalten / Peering / Transitleistungen: Quellserver in fernem Netz

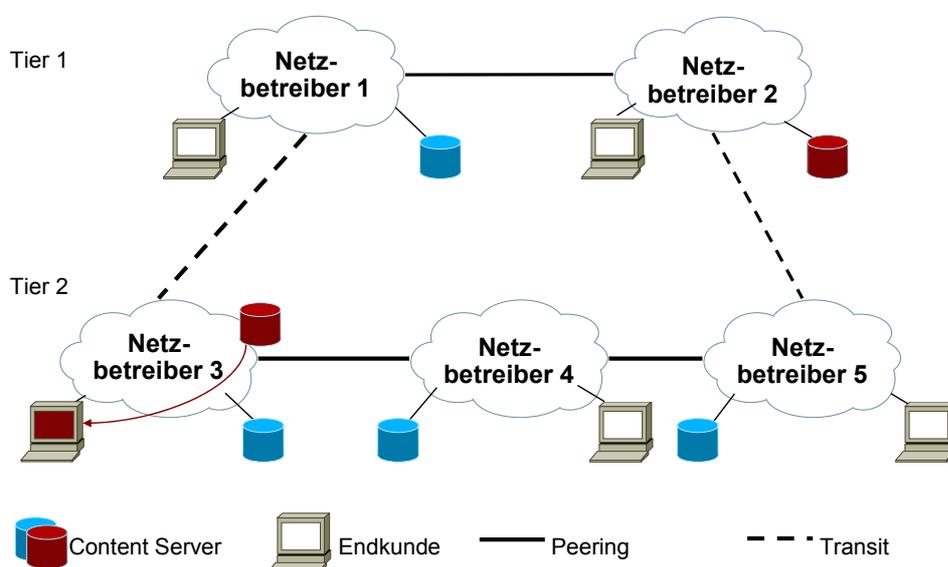


Aufgrund der wechselseitigen Abhängigkeit von Service Providern und Netzbetreibern muss in diesem Zusammenhang die Implementierung der Anbindung der (dezentralen) Server thematisiert werden. Große Service Provider wie Google bezahlen für die Anbindung ihrer Server an die Netze eines Netzbetreibers einerseits an große Netzbetreiber der Kategorie „Tier 1“<sup>87</sup>. Aussagen von involvierten Marktteilnehmern zufolge sind große Service Provider andererseits für den Anschluss der Server direkt in den Netzen kleinerer Netzbetreiber („Tier 2“ oder kleiner) teils nicht bereit, ein Entgelt zu entrichten.

Im Beispielfall könnte man annehmen, dass der Service Provider mit dem roten Server (Abbildung 3-3) ein Entgelt an Netzbetreiber 2 entrichtet, jedoch nicht bereit ist, an Netzbetreiber 3 zu zahlen. Sofern die Inhalte von großer Bedeutung für die Endkunden von Netzbetreiber 3 sind, besteht für Letzteren das Dilemma, dass er entweder den Server ohne Entgelt direkt in seinem Netz anbindet (Abbildung 3-4), oder die Nachteile einer entfernt liegenden „Quelle“ in Kauf nimmt. Diese sind wie oben angeführt längere Paketlaufzeiten, aber auch mehr Verkehr, der ihm von anderen Betreibern zugeführt werden muss, was wiederum die Peering- / Transitabkommen des Betreibers zu seinen Ungunsten verändert. Die Form der Kooperation zwischen dem Netzbetreiber des Endkunden und dem Service Provider des Endkunden wird nochmals in Kapitel 3.3 aufgegriffen.

<sup>87</sup> Die Gruppe der Tier-1 Carrier besteht fast ausschließlich aus amerikanischen Betreibern wie AT&T, Global Crossing oder Level 3.

Abbildung 3-4 Abruf von Inhalten / Peering / Transitleistungen: Quellserver im eigenen Netz



Auch jenseits von diesen spezifischen Fragestellungen der Entgeltung der Serveranbindung, die traditionell vom Content Provider / Service Provider bezahlt wurde, stellt sich grundsätzlich die ökonomisch sinnvolle Aufteilung der Distributionskosten für qualitativ hochwertige Dienste, die in Zukunft also eine zunehmend wichtige Rolle einnehmen wird. Das zeigt sich besonders am letzten Distributionsmodell, das auf **Peer-to-Peer Architektur** aufsetzt, sodass die Endkunden ihrerseits Inhalte für andere Endkunden vorhalten. Ein Beispiel für einen solchen Dienst ist der von der BBC angebotene *iPlayer*, der in Großbritannien inzwischen eine beachtliche Marktrelevanz erlangt hat.<sup>88</sup> Das Content-Portfolio des *iPlayer* umfasst Inhalte aller BBC-Kanäle, die jeweils in den letzten sieben Kalendertagen im traditionellen Fernsehen ausgestrahlt wurden, als Download-Version.

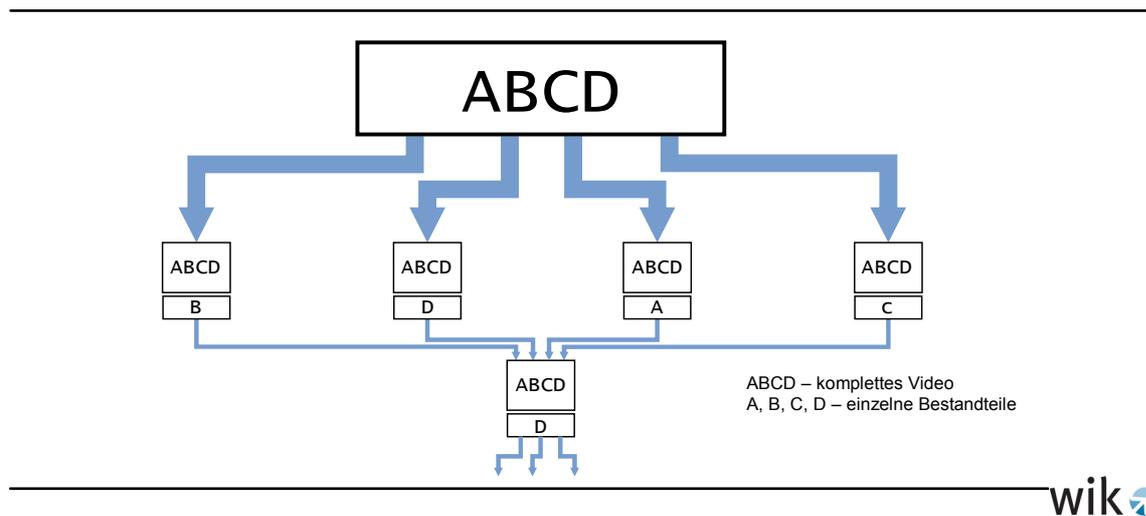
Für die Verbreitung sind zunächst Einspeisepunkte notwendig, die vom Anbieter selbst betrieben werden, denn an einer Stelle müssen die Inhalte dem Peer-to-Peer Netzwerk zugänglich gemacht werden; dies gilt zumindest dann, wenn nicht ausschließlich durch Nutzer generierte Inhalte, sondern auch anderes Material abrufbar sein soll.<sup>89</sup> In seiner idealisierten Form wirkt jeder Kunde dann nicht nur als Client sondern auch als Server für andere Endkunden. Bei der *iPlayer*-Nutzung werden die Kunden dann selbst zu Quellen für Videos. In Abbildung 3-5 empfängt der Nutzer ganz unten im Bild alle Inhal-

<sup>88</sup> Vgl. Pilzweger (2007).

<sup>89</sup> Das Angebot des *iPlayers* umfasst keine nutzergenerierten Inhalte.

te bereits direkt von anderen Teilnehmern des Peer-to-Peer Netzwerks. In der Abbildung empfangen einige Nutzer das komplette Videosignal („ABCD“) direkt von einem Server des Service Providers. Der Hauptteil der Nutzer empfängt dann Fragmente („A“, „B“, „C“, „D“) des Videosignals von anderen Nutzern und benötigt keine direkte Verbindung zum Server. Dies wurde stellvertretend für einen Anwender auf der unteren Ebene in der Abbildung dargestellt. Der iPlayer-Dienst verteilt auf diese Weise Fernsehinhalte unter Ausnutzung von Ressourcen der Endkunden.

Abbildung 3-5 Funktionsweise Peer-to-Peer – Videodienste



Quelle: In Anlehnung an Reiss (2007).

Dies hat aber auch zur Folge, dass – bei funktionierendem Modell - der absolute Großteil der Kosten faktisch von den (Anschluss-) Netzbetreibern getragen wird, die für den Transitteil des Verkehrs, der in ihr Netz einfließt, bezahlen bzw. ihre Netze überhaupt angemessen dimensionieren müssen. Nicht umsonst gab es bereits verschiedene Beispiele für die Einschränkung des Peer-to-Peer Verkehrs (Drosselung der Geschwindigkeit, ...) durch Netzbetreiber<sup>90</sup>. Somit hat Peer-to-Peer im Falle der Videodienste innovative Distributionsmechanismen hervorgebracht, die unter anderem (siehe die obigen Bemerkungen zum Verhältnis zwischen Inhalteanbietern und Netzbetreibern in die Netzneutralitätsdebatte<sup>91</sup> im NGN einfließen. Auf Grund der hohen Marktrelevanz des iPlayers kommt dieser Diskussion in Großbritannien eine aktuelle Brisanz zu. Hier werden die Stimmen seitens der Netzbetreiber zunehmend lauter, die eine Beteiligung des Service Providers BBC an den Kosten der durch die iPlayer-Nutzung induzierten Verkehrsmengenzunahme in ihren Transportnetzen fordern<sup>92</sup>.

<sup>90</sup> Unter anderem Comcast (USA), Tiscali (Deutschland). Vgl. Electronic Frontier Foundation (2007).

<sup>91</sup> Einen Überblick auf die europäische Perspektive der Netzneutralitätsdebatte gibt z.B. WIK Konferenz "Network Neutrality – Implications for Europe", Bonn, Germany, 3 – 4 Dezember 2007.

<sup>92</sup> Vgl. Sabbagh, Dan (2008).

### 3.1.3.2 IPTV und Video on Demand durch Anschlussnetzbetreiber

Viele Netzbetreiber sind derzeit bemüht, ihren Endkunden nicht nur die Internetanbindung und somit den reinen Zugang zu Inhalten aus dem Internet, sondern auch die Inhalte selbst anzubieten. Schließlich soll dadurch die Attraktivität des eigenen Angebots gesteigert und die Kundenbindung erhöht werden. Am Beispiel von IPTV und Video on Demand wird dies am deutlichsten.<sup>93</sup> Typischerweise werden IPTV-Programmpakete heute von Akteuren der Gruppe 2, also den Incumbents und den großen alternativen Netzbetreibern als Bündelangebote zusammen mit Breitbandzugang und Telefonie angeboten. Regelmäßig gehört zu diesem Portfolio auch der Abruf von Filmen „on-demand“.<sup>94</sup>

Der Bandbreitenengpass auf der Anschlussleitung erlaubt zurzeit keine Broadcast-Verteilung, so wie sie in heutigen Funk, TV-Kabel- oder Satellitennetzen durchgeführt wird.<sup>95</sup> Der effiziente Transport eines IPTV Dienstes basiert daher auf einer Multicast-Verteilung mit zentralen Serverstandorten im IP-Kernnetz (Abbildung 3-6). Bis zum letzten aggregierenden System vor dem Teilnehmeranschluss werden die Signale im Broadcast übertragen. Typischerweise bucht sich der Endkunde dann am DSLAM oder Access Switch auf die jeweils auch auf die Anschlussleitung zu übertragenden Programme ein.<sup>96</sup> Aus diesem Grunde hat ein lokales Vorhalten von Inhalten in einem Multicast-fähigen Netz für IPTV keine Vorteile.<sup>97</sup> Selten abgerufene Programme können im Multicast schon an der Wurzel des Verteilungsbaumes (Server) ausgeklammert werden, wenn sie nicht genutzt werden (siehe auch Abbildung-Anhang-A 5 im Anhang).

---

<sup>93</sup> Vgl. die intensiven Werbemaßnahmen für Videodienste beispielsweise von T-Home und maxdome.

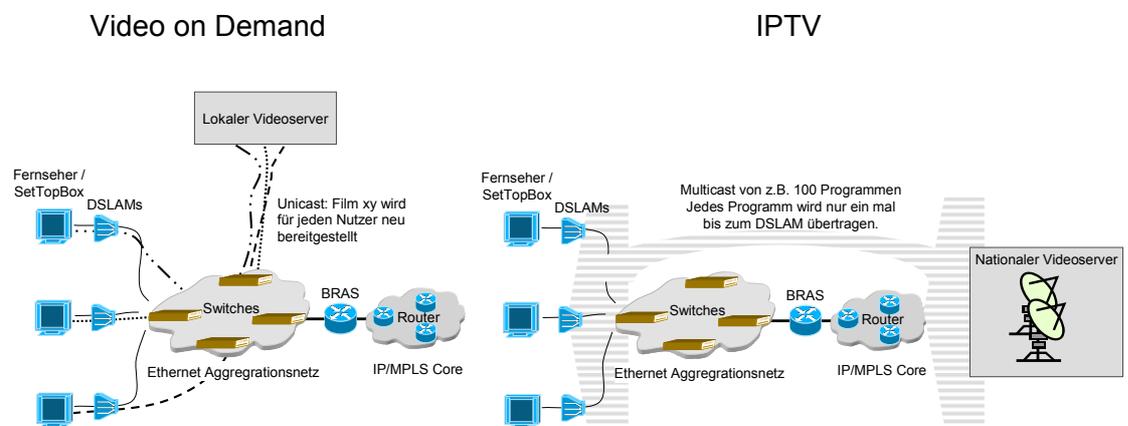
<sup>94</sup> Vgl. Anell / Elixmann (2007).

<sup>95</sup> Legt man einen Bandbreitenbedarf von 5Mbps pro Programm zu Grunde so würde bei einem Programmportfolio von 100 Kanälen (z.B. wie bei Kabel Deutschland) 500Mbps zur Übertragung benötigt. Dies ist mit konventionellen Anschlusstechnologien derzeit nicht realisierbar und steht auch im NGN nicht mittelfristig in Aussicht.

<sup>96</sup> Vgl. Anell, Patrick / Jay, Stephan / Plückebaum, Thomas (2007): S.45f.

<sup>97</sup> Aufgrund des hohen Datenvolumens bietet sich eine Optimierung der Serverstandorte geradezu an. Aber dennoch ist im Grundsatz der Einsatz nur eines Servers im Netz sinnvoll, denn werden mehrere Server eingesetzt, können im zentralen Netz keine Kommunikationskosten eingespart werden, da die verteilten Server doch wieder dasselbe Programm per Multicast von zentraler Stelle zur Verteilung erhalten müssen. Der Aufwand für das Update der verteilten Server in Echtzeit ist so hoch, dass die Verteilung für das IP-TV selbst nicht sinnvoll erscheint. Eine Verteilung der Server nur für Time-Shift-Viewing kann hingegen mit hinreichender Nutzerzahl sinnvoll werden. Vgl. Anell, Patrick / Jay, Stephan / Plückebaum, Thomas (2007): S.45f.

Abbildung 3-6 Architektur für Videodienste



Quelle: In Anlehnung an Agilent (2006): S. 2.

Im Gegensatz dazu wird Video on Demand über 1-zu-1 Kommunikationsbeziehungen (Unicast) realisiert. Das bedeutet, dass die nötige Bandbreite im Aggregations- oder Kernnetz auch mit der Anzahl der gleichzeitig nachgefragten Inhalte skaliert, während beim IPTV Multicast die benötigte Bandbreite nicht von den tatsächlichen Zugriffen der Endnutzer abhängt, sondern konstant bleibt (jedes Programm wird beim Multicast genau 1 Mal übertragen).<sup>98</sup> Wenn dagegen  $n$  Nutzer gleichzeitig auf den gleichen Inhalt eines Video on Demand Dienstes zurückgreifen, so wird auch die Bandbreite für  $n$  Videoübertragungen nötig.

Aus diesem Grund gilt es bei der Realisierung von VoD Diensten eine Abwägung zwischen den Kosten zusätzlicher Bandbreite und zusätzlichen lokalen Serverstandorten durchzuführen. Tendenziell und mit zunehmender Kundenzahl scheint die Vorhaltung der Inhalte auf lokalen Servern effizienter zu sein.<sup>99</sup> Das verteilte Vorhalten von Inhalten auf lokalen/regionalen Servern (Replication) stellt für Bandbreiten intensive on-demand und/oder Echtzeitdienste eine wesentliche Grundlage dar (siehe Realisierung von Youtube oder auch Google).

Ein Anschlussnetzbetreiber wird also in der Regel bemüht sein, Fernsehkanäle per Multicast von zentralen Servern auszustrahlen und on-Demand Inhalte auf lokal/regional verteilten Servern vorzuhalten. In jedem Fall wird er den Großteil seiner Inhalte jedoch in seinem eigenen Netz vorhalten.

<sup>98</sup> Einschränkung: Wenn einige Programme (z.B. Nischenprogramme) nicht standardmäßig in den Multicast mit einbezogen sind, werden diese erst auf Anfrage eingebunden.

<sup>99</sup> Vgl. Jay / Anell / Plückerbaum / Kulenkampf / Marcus (2007): S. 15, sowie Jay / Plückerbaum (2007b): S. 54.

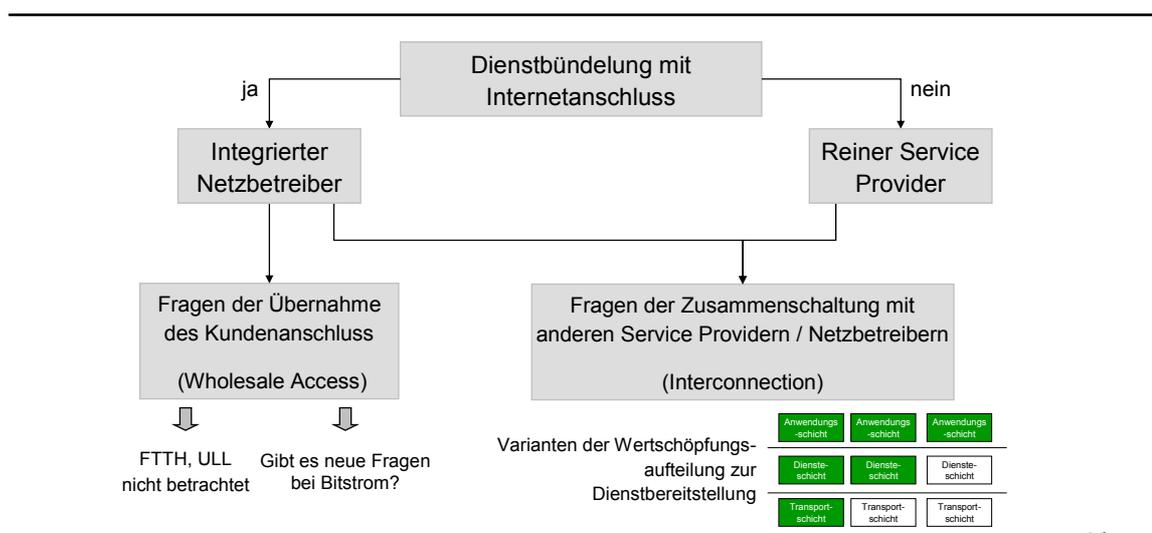
### 3.2 Differenzierung und Vorstrukturierung der Geschäftsmodelle im NGN

Zur Entwicklung von Geschäftsmodellszenarien in Kapitel 3.3 wird in diesem Kapitel eine Vorstrukturierung der Geschäftsmodelle vorgenommen. Ein wesentlicher Einflussfaktor für die Ausgestaltung des Netzzugangs ist die Form der Wertschöpfungsaufteilung. Dabei spielt zunächst die Bündelung des Dienstes mit dem Internetanschluss des Endkunden eine Rolle. Wenn der Nutzer eines Dienstes (Voice over IP, Video-streaming) vom gleichen Anbieter auch seinen Internetzugang erhält, dann stellt sich die Frage, wie dies zu realisieren ist (eigene Infrastruktur oder Vorleistungen vom Incumbent / anderen Netzbetreibern). Dies betrifft somit Fragestellungen des Wholesale Access. Für die weitere Bereitstellung des Dienstes (z.B. bei der Vermittlung eines Telefongesprächs in ein anderes Netz), oder für den Fall, dass keine Bündelung von Dienst mit Breitbandanschluss vorliegt, sind hingegen Fragestellungen der Interconnection von Bedeutung. Marcus / Elixmann / Carter et al differenzieren dies wie folgt: <sup>100</sup>

„Access enables an operator to utilize the facilities of another operator in the furtherance of its own business and in the service of its own customers. *Interconnection* enables an operator to establish and maintain communications with the customers of another operator.“

Im Rahmen unserer Studie stehen vorrangig Fragestellungen der Interconnection, welche sowohl die integrierten Netzbetreiber als auch reine Service Provider betreffen. Allerdings stellt sich die Frage, ob der Bitstream Access nicht möglicherweise von der Migration zum NGN-Core betroffen sein könnte.

Abbildung 3-7 Ausgangspunkt der Szenariengenerierung



Die Geschäftsmodelle der Marktakteure und deren relative Positionierung sind Ausgangspunkt der Analyse. Eine erste Differenzierung und Vorstrukturierung erfolgt in diesem Kapitel.

### 3.2.1 Bündelung von Dienst und Anschluss – Implikationen für Bitstrom im NGN?

Für die komplette Übernahme des Endkundenverkehrs kommen neben der vollständig selbstbetriebenen Infrastruktur prinzipiell die Entbündelung der Teilnehmeranschlussleitung und der Bitstromzugang in Frage.<sup>101</sup> Genauer können die Vorleistungsvarianten in passive (Unbundling<sup>102</sup> und Sub-Loop Unbundling, Zugang zu Leerrohren, Glasfasern bzw. Wellenlängen) und aktive (Bitstrom, Resale) unterschieden werden (siehe Abbildung 3-8).

Bei den passiven Vorleistungen spielen die Schichten des NGN keine Rolle. Entscheidend sind einzig die Rahmenbedingungen für Unbundling, Zugang zu Leerrohren, Dark Fibre, Kollokation sowie ggf. unterstützend Backhaul und zukünftig vielleicht Zugang zu Wellenlängen. Es geht gewissermaßen auf dieser Stufe der Ladder of Investment nur um den Next Generation Access.<sup>103</sup> Daher gehen wir nicht näher auf die passiven Vorleistungen ein.

Bei den aktiven Vorleistungen blenden wir den reinen Wiederverkauf von unveränderten Anschluss-, Aggregations-, und IP-Konnektivitätsleistungen des Incumbents (Resale) aus, da bei dieser Vorleistung keine Zusammenschaltung mehr erforderlich ist. Es verbleibt die Frage, ob die Schichtentrennung des NGN sich auf den Zugang zum Bitstrom auswirkt. Dies wäre dann der Fall, wenn Signalisierungsinformationen auf der Diensteschicht auszutauschen wären. Außerdem gibt es Varianten des Bitstroms die erst im oder am Eingang des Kernnetzes übergeben werden (siehe ebenfalls Abbildung 3-8).

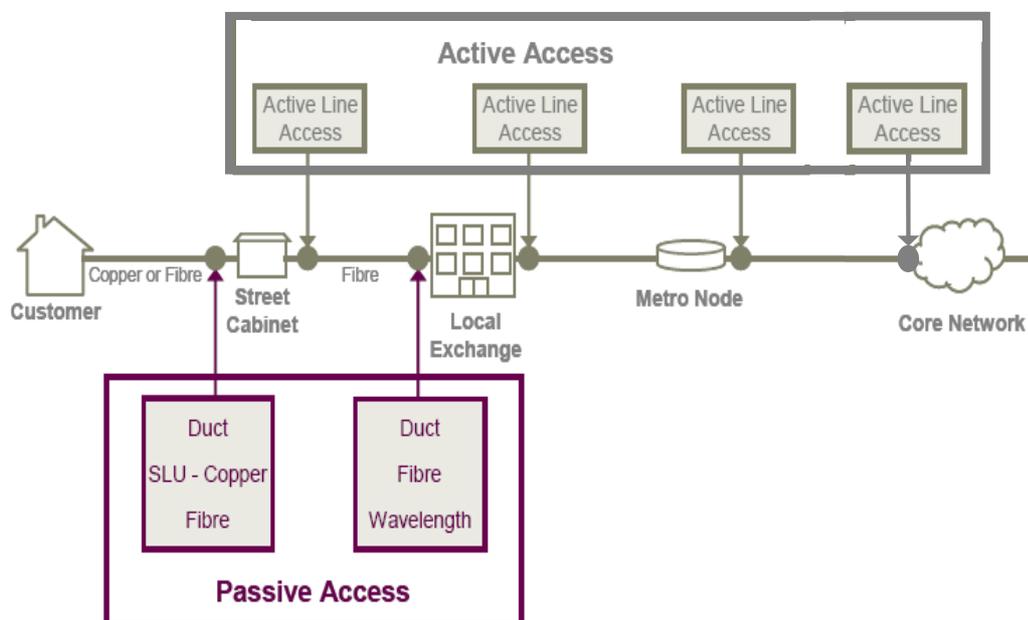
---

**101** Denkbar wäre auch die Kombination aus herkömmlichem Bitstrom, bei dem der Endkunde den PSTN Dienst weiterhin vom Incumbent bezieht, und einer Wholesale Line Rental, bei welcher der Festnetzanschluss als Vorleistungsprodukt bezogen werden kann. Beim derzeitigen Einsatz von VoIP bei bestehendem PSTN kann also nur ein stand-alone Bitstrom den Kunden vollständig aus dem Vertragsverhältnis mit dem Incumbent lösen. In einer All-IP Zukunft mit VoIP ist diese Unterscheidung möglicherweise gar nicht mehr notwendig.

**102** Beim Unbundling stellt das heutige Line Sharing einen Grenzfall dar: Zwar wird die Breitbandinfrastruktur (DSLAM, Backhaul etc.) durch den Wettbewerber bereitgestellt, jedoch kann er nur auf ein eingeschränktes Frequenzspektrum auf der Anschlussleitung zugreifen. Eine Einordnung unter den passiven Vorleistungen erscheint uns jedoch zweckmäßig. Es stellt sich jedoch die Frage, ob Line Sharing in einem NGN mit abgeschaltetem PSTN überhaupt noch eine Rolle spielt.

**103** Siehe z.B. ERG (2007b).

Abbildung 3-8 Netzzugangsoptionen: Unbundling und Bitstrom



Quelle: In Anlehnung an Ofcom (2007a): S.108.

In der Zukunft steht zu erwarten, dass ein NGN Bitstrom über ein Ethernetkonzentrationsnetz geführt und entweder auf Ethernet- oder IP-Ebene dem Nachfrager übergeben wird. Dabei sind die Schlüsselcharakteristika eines NGN Bitstroms die Bereitstellung von unterschiedlichen Qualitätsklassen und verschiedenen Übergabeorten.

Ein Bitstrom transferiert den kompletten IP-Anschluss des Endkunden an den Bitstromnachfrager. Die Definition, Gewährleistung und die netzübergreifende Abstimmung über Verkehrsklassen erfolgt auf der Transportschicht. Die Zuweisung von individuellen Diensten zu den generischen Verkehrsklassen erfolgt durch den Bitstromnachfrager. Das allgemeine Verständnis eines Bitstromzugangs ist daher dienstunspezifisch. Folglich müssen alle funktionalen Elemente der Diensteschicht für die Realisierung von Voice over IP oder Video vom Bitstromnachfrager selbst erbracht werden. Daraus folgt auch, dass es z.B. für die Originierung des Gesprächs keine Anforderungen an den Netzzugang auf der Dienstebene gibt. Umgekehrt erfolgt die Terminierung eines VoIP-Gesprächs dementsprechend logisch im Netz des Bitstromnachfragers und nicht im Netz des Bitstromanbieters.

Aus Sicht des Bitstromnachfragers ist es daher erforderlich, dass er den vollständigen Bitstrom, welcher mit unterschiedlichen Qualitätsmerkmalen versehen sein kann, übergeben bekommt. Diese Qualitätsmerkmale können nicht nur aus unterschiedlichen Prioritäten sowie Garantien bezüglich zentraler Verkehrsparameter wie Paketlaufzeit, Laufzeitschwankung und Paketverlust, sondern auch aus erweiterten Routingfunktionen wie

Multicasting bestehen. Unserem Verständnis nach erfolgt das Multicasting im Netz des Bitstromanbieters jedoch ausschließlich auf der Transportschicht. Grundsätzlich erfolgt dabei die wesentliche Signalisierung zwischen Endkunde und DSLAM zur Auswahl der auf der Anschlussleitung auszugebenden Programme.<sup>104</sup> Der Einbezug von Multicasting in den Bitstrom verändert daher nicht die Schlussfolgerungen.<sup>105</sup>

Da der Bitstrom den vollständigen Anschluss des Endkunden an den Bitstromnachfrager transferieren muss, ist davon auszugehen, dass funktionale Elemente des Bitstromanbieters keine Aufgaben jenseits der Bereitstellung der für Bitstrom erforderlichen Qualitätsdifferenzierungen wahrnehmen. Insofern sind Netzzugangsspezifika des Bitstroms im NGN ausschließlich auf der Transportschicht anzusiedeln. Folglich erwachsen aus der Migration zum NGN-Core und der damit verbundenen Schichtentrennung keine neuen Anforderungen an den Bitstromzugang.

Es ist daher für die weitere Analyse unerheblich, auf welche Weise ein Wettbewerber den Endkundenanschluss bereitstellt, wenn er ihn mit dem betrachteten Dienst bündelt.

### 3.2.2 Grundlegende Geschäftsmodellvarianten beim nicht gebündelten Angebot von Diensten

Die Mehrzahl der Inhalte wird heute von Inhaltenanbietern bereitgestellt, die nicht das Anschlussnetz des Endkunden verwalten. Im weiteren Verlauf sei allgemein von „Service Provider“ die Rede, wenn ein Dienstleister einem Endkunden einen Dienst erbringt, der seinen Breitbandanschluss von einem anderen (Anschluss-)Netzbetreiber bezieht.

Die Netzbetreiber bemühen sich derweil, ihr eigenes Dienstportfolio um Telefonie (fix und mobil), Internetzugang und Videodienste aufzubauen. Tatsächlich wird gerade das IMS auch als Werkzeug für Netzbetreiber gesehen, sich in eine zentralere Rolle für die Dienstbereitstellung zu heben.<sup>106</sup> Insofern ist die Betrachtung des Zugangs für Service Provider zum Endkunden der Netzbetreiber eine kritische Frage im NGN. In diesem Kapitel wird ausschließlich diese Beziehung untersucht, bei welcher der Breitbandan-

---

**104** Nur wenn Programme bereits zentral vom Multicaststrom ausgeklammert wurden und dann doch vom Kunden angefragt werden, erfolgt zwischen dem Endgerät des Endkunden und dem Server im Netz des Bitstromnachfragers eine Multicastbezogene Signalisierung.

**105** Als Ausnahmefall könnte folgendes angenommen werden: Eine Multicast-Baumarchitektur kann zur Effizienzsteigerung das Multicasting eines Kanals unterlassen, wenn zurzeit kein Nutzer im Netz das entsprechende Programm nachfragt. Ein erweiterter Effizienzgewinn könnte dadurch entstehen, dass diese Logik auch auf Teilabschnitte des Baumes angewandt wird, in denen zurzeit kein Nutzer das entsprechende Programm abrufen. Wenn dies im Netz des Incumbents geschieht, wäre eine erweiterte Signalisierung erforderlich, die auch die Kontrollschicht des Incumbents mit einbezieht. Es entzieht sich unserer Kenntnis, ob es sich dabei nur um einen theoretischen, oder auch praxisbezogenen Fall handelt.

**106** Vgl. Cuevas / Moreno / Vidales et al. (2006).

schluss und Dienst von zwei verschiedenen Akteuren bereitgestellt werden.<sup>107</sup> Die Untersuchungsrichtung geht dabei vom Service Provider als demjenigen Akteur aus, der gegenüber dem Endkunden als Dienstleister auftritt.

Die Geschäfts- und Zahlungsbeziehungen zwischen Service Provider, Netzbetreiber und Endkunde können allgemein wie folgt strukturiert werden<sup>108</sup>, wobei auf die Vorüberlegungen in Kapitel 3.1.3.1 zurückgegriffen wird (vgl. dazu auch Abbildung 3-3 auf Seite 32):

1. Dienstespezifische Vorleistung (Modell 1): Service Provider bezahlt „Transport- und Dienstmanagemententgelt“ an Netzbetreiber und erhält Einnahmen vom Endkunden.
2. Nur Anschlussgebühr (Modell 2, ohne dienstespezifische Vorleistung):
  - Der Service Provider ist direkt an das Netz des Netzbetreibers angeschlossen und zahlt für diese Anbindung ein Entgelt.<sup>109</sup>
  - Die Dienstleistung gegenüber dem Endkunden läuft unabhängig vom Netzbetreiber: Der Service Provider erhält Einnahmen vom Endkunden (ggf. indirekt über Werbefinanzierung), der Endkunde zahlt ein Entgelt für seine Internetanbindung an Netzbetreiber.
3. Keine Beziehung (Modell 3, ohne dienstespezifische Vorleistung):
  - Der Service Provider ist nicht direkt an das Netz des Netzbetreibers angeschlossen und es gibt daher keine Zahlungsbeziehung zwischen Service Provider und Netzbetreiber. Die Inhalte erreichen die Endkunden über Peering oder Transitabkommen, die der Anschlussnetzbetreiber mit anderen Netzbetreibern schließt (entspricht der linken Seite in Abbildung 3-3 auf S.32).
  - Der Service Provider erhält Einnahmen vom Endkunden (ggf. indirekt über Werbefinanzierung), der Endkunde zahlt Entgelt für seine Internetanbindung an seinen Netzbetreiber.

Abbildung 3-9 stellt diese Varianten nochmals grafisch dar.

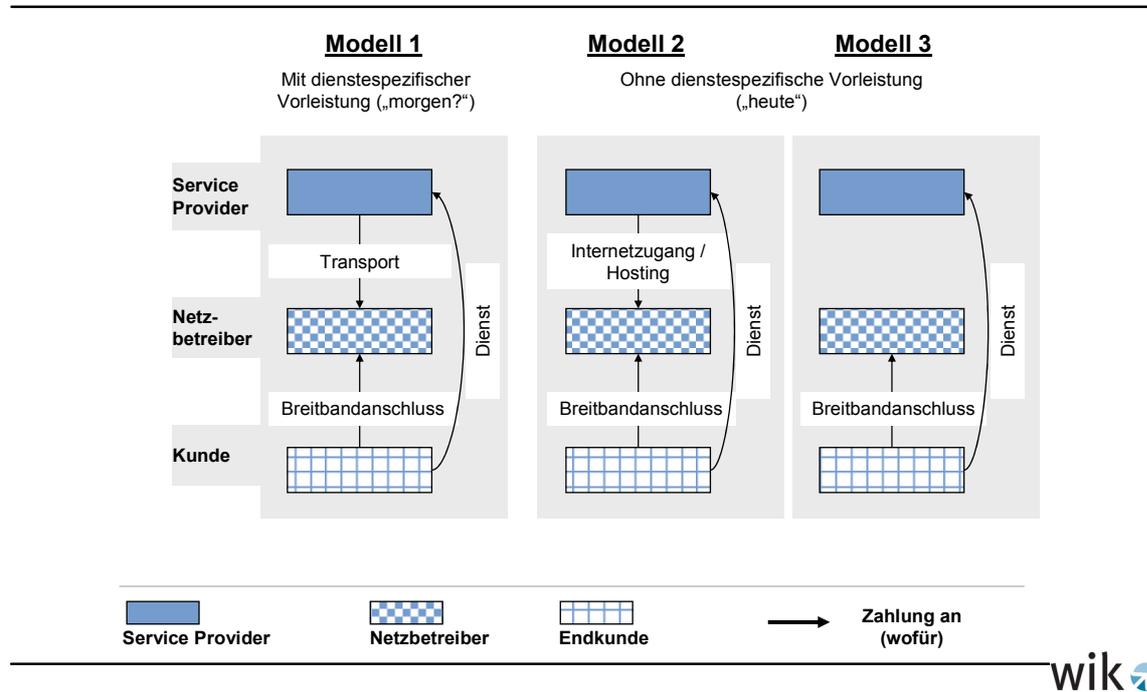
---

**107** Das bedeutet, dass auch Modelle mit „Free Broadband“ im Bündel mit einem anderen Dienst, wie man sie aus Großbritannien kennt, nicht berücksichtigt werden. Ein anderes Beispiel aus der TV-Welt, dass hier ebenfalls nicht hineinfällt, ist das Satellitenbetreibermodell, bei dem für den Transport keine Nutzungsgebühren anfallen. Man könnte sich vorstellen, dass es sich in einigen Fällen beim Netzbetreiber über einen HotSpotanbieter handelt. Im Extremfall könnte dies ein Nutzer von Fon sein, der seinen WLAN-Zugang für andere Fon-Nutzer öffnet. In diesem Fall ist wohl nicht davon auszugehen, dass der Service Provider eine Kooperation mit dem „Netzbetreiber“ eingeht.

**108** Ähnlich Europäische Kommission (2003).

**109** Für die Anbindung des Application/Content Servers an das Netz des Netzbetreibers zeigt sich in der Praxis, dass Service Provider nicht immer bereit sind ein Entgelt zu entrichten (siehe Kapitel 3.1.3.1). Dieser letzte Aspekt sei ausgeblendet.

Abbildung 3-9 Geschäfts- / Zahlungsbeziehungen zwischen Service Provider, Netzbetreiber und Endkunde



Im letzten Fall (Modell 3) werden die Dienste rein über das öffentliche Internet realisiert. Das Netz des Anschlussnetzbetreibers erlaubt dem Endkunden zunächst einmal „lediglich“ den Zugang zu einem All-IP Netz und dem Internet. Der Endkunde bedient sich nach Bedarf aus dem Portfolio unterschiedlichster, internetbasierter Anbieter, wobei diese Service Provider keine Kontrolle auf den Datentransport im Netz des Endkunden ausüben können. All dies gilt prinzipiell auch für das Modell 2, bei dem der Service Provider zwar im Netz des Netzbetreibers präsent ist, jedoch gegenüber dem Endkunden wie herkömmlicher Internetverkehr auftritt und keine qualitativ abgestuften Vorleistungen des Netzbetreibers bezieht. Diese beiden Modelle beschreiben daher die heutige Situation für Service Provider wie Vonage, SipGate<sup>110</sup>, YouTube oder Google.

Grundsätzlich vorstellbar wäre bei Modell 2 und 3 auch, dass der Endkunde den Netzbetreiber für unterschiedliche Verkehrsqualitäten anders entlohnt, ohne dass Zahlungsströme zwischen Service Provider und Netzbetreiber anfallen. Dies könnte sich beispielsweise in zusätzlich buchbaren Optionen für „Videostreaming“-Qualität oder ähnlichem manifestieren. Allerdings steht zur derzeitigen Situation zu bezweifeln, ob es endkundenseitig eine Zahlungsbereitschaft dafür gibt. Gleichermäßen erscheint fragwürdig, ob es dem Endkunden zuzumuten ist, die jeweils passende Qualitätsoption bei seinem Anschlussnetzbetreiber fallweise zuzubuchen. Stattdessen erscheint es uns realisti-

<sup>110</sup> Bei den Telefondienstleistern gilt dies nur für die „Quelle“ des Anrufs, also für die Beziehung zum Netzbetreiber des Anrufers! Siehe die Szenarien in Kapitel 3.3.3.

scher, dass der Service Provider in einem Kooperationsmodell mit dem Anschlussnetzbetreiber netzseitig für die adäquate Provisionierung von Qualität sorgt.

In Zusammenhang mit diesen Modellen ergeben sich kritische Einwände zur Netzneutralität, falls Netzbetreiber die Qualität des Best-Effort Verkehrs bewusst herabsetzen, um entweder ihre eigenen Dienste gegenüber Service Providern im Modell 2 und 3 zu bevorzugen oder Zusatzoptionen für qualitätsdifferenzierten Verkehr attraktiver zu machen. Darauf wird in Kapitel 3.4 noch einmal eingegangen.

Den Modellen ohne dienstspezifische Kooperation steht ein durch den Netzbetreiber gesteuertes Qualitätsmanagement gegenüber (Modell 1), das eine spezifische dienstbezogene Vorleistung zur Verfügung stellt. Im NGN könnte sich das zum einen durch Einhaltung von generischen Verkehrsklassen für unterschiedliche Dienste ausdrücken. Zum anderen wäre der Einsatz weiterer Netzintelligenz vorstellbar, z.B. eine durch das IP Multimedia Subsystem kontrollierte Selektion des Videoformats eines bestimmten Inhalts, je nachdem, ob der Nutzer gerade zuhause ist und über einen 50Mbps FTTH Anschluss oder unterwegs nur 1Mbps zur Verfügung hat. Dabei kann das IMS-Konzept vorsehen, dass der Netzbetreiber Profile der Kunden zentral verwaltet. Alternativ könnte die Inhaltsanpassung auch durch Selbstselektion des Kunden beim Abruf des Inhalts erfolgen und somit die automatische Erkennung/Anpassung ersetzen.<sup>111</sup>

Es stellt sich damit die Frage, ob sich die Dienstrealisierung im NGN so deutlich von der heutigen unterscheidet, dass sich allein aus der Migration zu einer NGN-Architektur Gründe ergeben, die zu einer Veränderung im Verhältnis (siehe Abbildung 3-9) zwischen Service Provider und Netzbetreiber führen. Grundsätzlich wäre plausibel, dass der Anschlussnetzbetreiber sowohl eine stärkere als auch eine schwächere Rolle einnehmen kann, je nachdem wie offen die Architektur des NGN ist. Es ist also insbesondere von Bedeutung, inwieweit Kontrollfunktionen auch vom Dienstanbieter übernommen werden können und unter welchen Bedingungen dies wünschenswert wäre.

Zu unterscheiden ist somit, in welcher Form der Service Provider auf eine anwendungsspezifische Vorleistung des Netzbetreibers zurückgreift.<sup>112</sup> Hinsichtlich dieser anwendungsspezifischen Vorleistung wäre denkbar, dass der Netzbetreiber

- keine anwendungsspezifische Vorleistung bereitstellt: Der Endkunde ist über eine qualitativ nicht differenzierte Verbindung mit dem Internet verbunden (entspricht dem Geschäftsverhältnis in Modell 2 und 3).

---

<sup>111</sup> Praktisch könnte der Kunde beim Abruf eines Videostreams ggf. einfach zwischen einer Version für ein mobiles Endgerät und einer Version für High-Definition TV zu Hause wählen.

<sup>112</sup> Mit anwendungs- oder dienstspezifischer Vorleistung ist die Bereitstellung von QoS oder erweiterten Funktionalitäten gemeint, welche sich nur auf einen einzelnen Dienst beziehen, den der Service Provider einem Endkunden eines anderen Netzbetreibers zur Verfügung stellt. Es handelt sich also nicht um die vollständige Gewährung des Zugangs zur Anschlussleitung wie bei Bitstrom.

- eine der Anwendung angemessene Transportqualität bereitstellt (entspricht dem Geschäftsverhältnis in Modell 1).
- weitergehende Funktionen rund um die Dienstleistung bereitstellt (entspricht dem Geschäftsverhältnis in Modell 1). Dies könnte sich auf übertragungstechnische Aspekte wie Nutzerlokalisierung, auf Autorisierungs- oder auf Abrechnungsprozesse erstrecken.

Darüber hinaus wäre vorstellbar, dass der Netzbetreiber einen vollständigen Whitelabel Dienst bereitstellt, der vom „Service Provider“ nur noch vermarktet werden muss (also ein reines Resale-Produkt). Um diese Fragestellungen besser einschätzen zu können, wird im nachfolgenden Abschnitt die konkrete Dienstrealisierung von VoIP und Video als repräsentative Dienste durch unterschiedliche Anbietertypen im NGN durchgespielt. Zu erwarten ist, dass Netzzugangsanforderungen von der Aufteilung der Funktionen zwischen den Akteuren und den notwendigen Verknüpfungen der Elemente abhängen.

### **3.3 Anforderung an den Netzzugang im NGN - Analyse von exemplarischen Szenarien**

Um den Fragen nach der Aufteilung von Kompetenzen bei der Dienstrealisierung im NGN und adäquatem Netzzugang nachzugehen, führen wir nun die konzeptionelle Erarbeitung der Funktionen im NGN mit der Dienstbeschreibung und den grundlegenden Geschäftsmodellen (Modelle 1-3) aus Kapitel 3 zusammen.

Für VoIP und Video untersuchen wir, welche Herausforderungen die NGN-Struktur bei der Dienstrealisierung im Zusammenspiel unterschiedlicher Marktakteure hervorruft. Dabei soll sich offenbaren, inwieweit funktionale Elemente zwischen den Akteuren aufgeteilt werden können und welche Akteure welche Aufgabenteilung präferieren. Daraus werden abschließend Hinweise auf Essential Facilities im NGN Core abgeleitet.

Die Untersuchung berücksichtigt dabei Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Netzen und zwischen verschiedenen Schichten.

#### **3.3.1 Szenarienbildung anhand der Aufteilung der vertikalen Funktionen im NGN**

Zur einfachen Szenarienbildung wird jeweils nach der Verantwortlichkeit für die Hauptfunktionen auf Transport-, Dienst und Anwendungsschicht gefragt. Grundsätzlich könnte man bei der Analyse möglicher Geschäftsmodelle die Aufteilung der Schichten in ihre jeweilige Hauptfunktion und Steuerungsfunktion in Erwägung ziehen. Dann könnte bei der Verteilung von Zuständigkeiten Akteur x die Transportfunktion, Akteur y die Transportsteuerungsfunktionen, Akteur z das IMS usw. betreiben. Aus mehreren Gründen

haben wir uns dazu entschlossen die Schichten nur in Ihrer funktionellen Gesamtheit zu betrachten.

Auf der Transportschicht erscheint es schon allein zum Schutz der Netzwerkkonfiguration sehr unwahrscheinlich, dass ein Netzbetreiber die Steuerung der Infrastruktur durch die Transport Control Functions einem anderen Akteur überlässt. Gleichmaßen könnte der eigentliche Betreiber der Transportfunktionen dann auch die Zusagen, die er auf der Diensteschicht für verschiedene Dienste macht, gar nicht mehr verbindlich steuern, wenn er sein eigenes Netz nicht vollständig selbst verwalten kann.

Beim Vergleich der ITU und ETSI Architekturen zum NGN fällt auf, dass ein getrennter Funktionsblock der Application / Service Support Functions, wie es ihn bei der ITU gibt, in der ETSI Definition nicht enthalten ist.<sup>113</sup> Da davon auszugehen ist, dass die ETSI Entwicklungen näher an den konkreten Umsetzungsplänen der Netzbetreiber liegen und dies der Vereinfachung der Analyse zuträglich ist, behandeln wir auch die Diensteschicht als Einheit. Folglich stellen sich aus institutioneller Perspektive die folgenden Fragen:

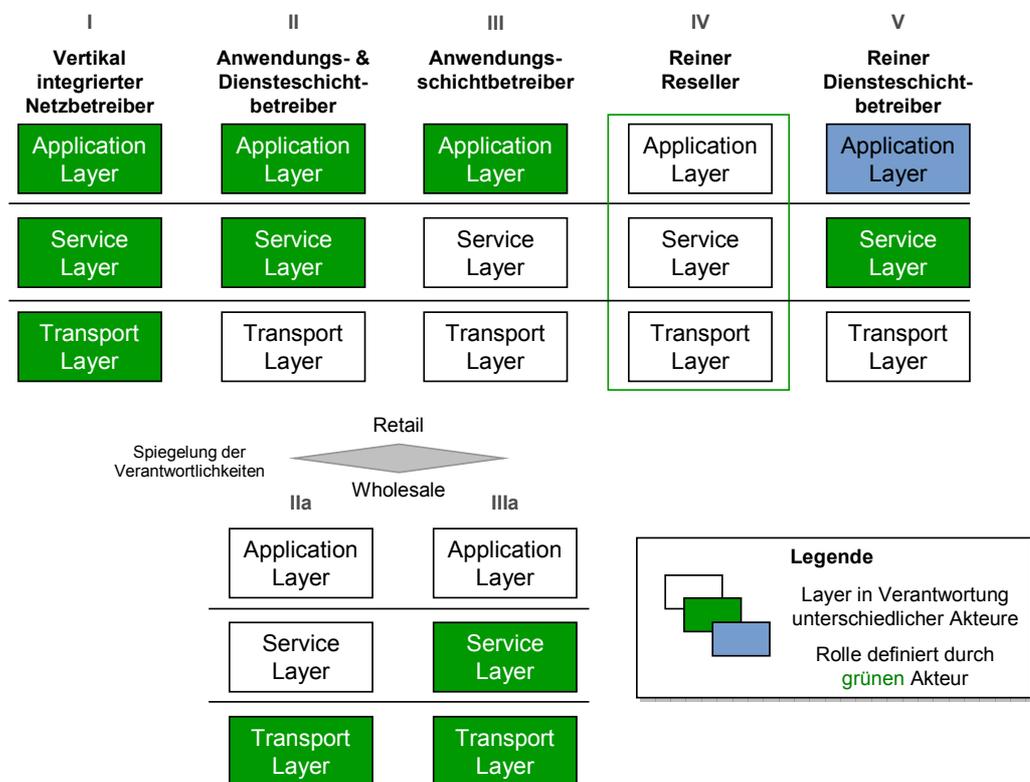
- Wer betreibt die Anwendungsschicht mit ihren Application Servern (symbolisch für alle weiteren Mehrwertdienste, Inhalte oder Kooperationen, die notwendig sind, um den Dienst an den Betreiber der Diensteschicht übergeben zu können)?
- Wer betreibt die Diensteschicht, die vor allen Dingen durch das IMS (oder äquivalente Kontrollfunktionen der Diensteschicht) definiert ist?
- Wer betreibt das Transportnetz und die Steuerungsfunktionen der Transportschicht?

Je nachdem wie die obigen Fragen beantwortet werden, ergeben sich unterschiedliche Varianten zur Aufteilung der vertikalen Wertschöpfung, welche in Abbildung 3-10 dargestellt sind. Die unterschiedlichen Farben symbolisieren unterschiedliche Akteure. Die jeweilige Modellbeschreibung zielt auf den grünen Akteur ab, welcher mit Ausnahme der Fälle (IIa)-(IVa) und (V) derjenige ist, welcher den Dienst an den Endkunden vermarktet.

---

<sup>113</sup> Vgl. Abbildung-Anhang-A 1 und Abbildung-Anhang-A 2 im Anhang A.

Abbildung 3-10 Varianten der vertikalen Wertschöpfungsaufteilung der verschiedenen Funktionen im NGN



Die Variante (I) beschreibt einen Netzbetreiber, der den Dienst gebündelt mit dem Anschluss des Endkunden verkauft. Die Varianten (II) und (III) beschreiben einen Service Provider, der den Dienst, nicht aber den Anschluss an den Endkunden verkauft. Die Varianten (IIa) und (IIIa) beschreiben einen Wholeseller mit eigenem Transportnetz und somit spiegelbildlich die andere Seite der Varianten (II) und (III). Variante (IV) stellt einen reinen Reseller dar. Die Variante (V) beschreibt einen spezialisierten Akteur, der sich nur auf der Dienstschicht konzentriert.<sup>114</sup>

<sup>114</sup> In der Variante (V) wäre auch vorstellbar, dass weiterhin der grüne Akteur den Dienst an den Endkunden vermarktet. Davon wird hier abgesehen. Die ITU beschreibt ebenfalls mögliche Geschäftsmodelle und differenziert funktionale Rollen. Die unterschiedlichen Rollen können dabei durchaus vom gleichen Akteur ausgeübt werden. Neben dem Endkunden und dem „Retailing Service Provider“, der den Dienst an den Endkunden vermarktet, definiert die ITU 6 weitere Rollen von Wholesale Providern. Diese sind der Integrating Service Provider, der Service Control Provider, der Value-Added Services Provider, der Core Transport Provider, der Access Transport Provider sowie der Transit Transport Provider. Vgl. ITU Y.2012 S.44f.

Zu den einzelnen Varianten:

- (I) Vertikal integrierter Netzbetreiber: Sämtliche Funktionen zur Realisierung des Breitbandanschlusses sowie des Dienstes liegen in der Hand des gleichen Akteurs.
- (II) Applikations- und Dienstschichtbetreiber: Der Akteur ist für alle Funktionen mit Ausnahme des Transports selbst verantwortlich.
- (III) Anwendungsschichtbetreiber: Der Akteur betreibt ausschließlich die Application Server der Anwendungsschicht.
- (IIa) Reiner Transportschichtbetreiber: Der Akteur betreibt nur die Transportschicht und stellt Vorleistungen an höher liegende Schichten bereit. Dies könnte z.B. ein Bitstrom oder bloße Bandbreite, ggf. mit QoS, sein.
- (IIIa) Transport- und Diensteschichtbetreiber: Der Akteur betreibt zusätzlich die Diensteschicht und kann dadurch weitere Aufgaben für höher liegende Schichten wahrnehmen, z.B. Lokalisierung und Nutzerdatenverwaltung.
- (IV) Reiner Reseller: Der Akteur verkauft einen vollständig vorkonfektionierten Dienst und betätigt sich als reiner Wiederverkäufer
- (V) Reiner Diensteschichtbetreiber: Der Akteur betreibt ausschließlich die Funktionen der Diensteschicht. Dabei könnte es sich z.B. um einen reinen VoIP Service handeln, dessen Mehrwertfunktionen (Anrufbeantworter, etc.) von einem anderen Dienstleister bereitgestellt werden. Interpretiert man Variante (V) hingegen als Enabler-Rolle für andere Akteure, mag sich ein Aggregationsgeschäftsmodell ergeben, dass viele Akteure auf der Anwendungsschicht bündelt und mit den Service Layern von Netzbetreibern verbindet, um so Transaktionskosten zu reduzieren und durch die Aggregation Wertschöpfung zu erzielen. Diese Variante betrachten wir nicht, weil unseres Erachtens die Tragfähigkeit eines reinen Enabler Modells auf der Diensteschicht, besonders unter Berücksichtigung der Komplexität einer IMS-Implementierung, unklar ist. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, die Anreize zum Aufbau eines IMS nachzuvollziehen.

Der Einsatz eines IMS auf der Diensteschicht ist von folgenden Faktoren getrieben:

- Multi-Access: Das IMS erleichtert die Steuerung verschiedener Anschlussnetze in einer konvergenten Netzwelt.
- Multi-Service: Das IMS erleichtert die Bereitstellung vieler Dienste auf einer ganzheitlich verwalteten Infrastruktur.
- Kundenbasis: Die Kosten und Komplexität der Implementierung lassen sich leichter amortisieren, wenn die Kundenbasis größer ist.

Ein Netzbetreiber, der unterschiedliche Anschlussnetze einsetzt, ein „umfangreiches“ Portfolio anbietet und über eine „ausreichende“ Kundenbasis (ohne dies weiter zu quantifizieren) verfügt, profitiert also am meisten von der Implementierung eines IMS. Im Umkehrschluss dürften die Anreize für reine Service Provider sehr gering sein. Im Fall von Service Providern, die nur einen Dienst anbieten (Bsp. Vonage), wäre ohnehin davon auszugehen, dass sie statt mit einem komplexen IMS mit einfacheren Softswitches arbeiten.

In einem funktional separierten NGN ist zu vermuten, dass Betreiber nicht nur auf der Transport-, sondern auch auf der Diensteschicht Vorleistungsformen entwickeln werden, die eine tiefer gehende Beeinflussung der technischen Serviceparameter durch einen externen Service Provider möglich machen. Dies könnte z.B. durch „Provisionierungslayer“ geschehen. Ein solcher könnte es dritten Akteuren gestatten, Parameter der Dienstleistung im IMS des Anschlussnetzbetreibers zu modifizieren, ohne ein eigenes IMS zu betreiben und dieses mit dem des Anschlussnetzbetreibers zusammenzuschalten. So könnten auch die umfangreichen Probleme umgangen werden, die mit einem direkten Arbeiten auf den Servern des Netzbetreibers verbunden wären (u.a. Datenschutz).

### 3.3.2 Verknüpfung der Varianten mit den kooperativen und nichtkooperativen Service Provider Modellen für den Zugang zum eigenen Endkunden

Ausgangspunkt ist die Dienstleistung eines Service Providers an einen Endkunden, der seinen Breitbandanschluss von einem anderen Netzbetreiber bezieht. In Kapitel 3.2.2 wurde angeführt, dass in der Kooperation zwischen Service Provider (II-IV) und Wholeseller (IIa-IVa) unterschiedliche Formen von Vorleistungen denkbar sind, um den Dienst dem Endkunden zu erbringen (im Blick auf VoIP entspricht dies dem anrufenden Endkunden!). Dabei wurde unterschieden in dienstespezifische Vorleistungen, welche die Qualität der Transportnetze betreffen (Transportschicht), und dienstespezifische Vorleistungen, welche darüber hinaus Intelligenz auf der Dienstschicht mit einbringen. Dem gegenüber steht der Fall, dass keine dienstespezifische Vorleistung erbracht wird. Dann ist lediglich die Anbindung des Endkunden durch dessen Netzbetreiber an den Server des Service Providers entweder direkt (Modell 2 aus Kapitel 3.2.2) oder über Peering/Transit (Modell 3) gewährleistet. Der Dienst selbst bleibt für den Netzbetreiber des Endkunden intransparent.

In **Variante (II) Applikations- und Dienstschichtbetreiber** erscheint es nahe liegend, dass der Einkauf einer dienstespezifischen Vorleistung die Bereitstellung von QoS auf der Transportschicht umfasst. Alternativ könnte der Service Provider auch darauf verzichten und würde sich auf den Best-Effort Internetzugang des Endkunden verlassen (Beispiel SipGate, Vonage). Es stellt sich die Frage, ob es möglicherweise einen Anreiz dazu gibt, trotz des Betriebs der eigenen Diensteschicht intelligente Vorleistungen anzufordern, die auf der Diensteschicht des Anschlussnetzbetreibers des Endkunden lie-

gen. Die Standortbestimmung des Kunden könnte so etwas nötig machen, anderer direkter Nutzen aus Sicht des Retailers mit eigener Diensteschicht fällt jedoch nicht direkt auf. In den Szenarien haben wir dies daher ausgeklammert. Diese Variante (II) gilt in gleichem Maße für einen integrierten Netzbetreiber, der seinen Dienst auch an die Endkunden anderer (Anschluss-) Netzbetreiber vermarktet.

In **Variante (III) Applikationsschichtbetreiber** sind hingegen leicht alle drei Formen von Vorleistungsbezug vorstellbar, da der Service Provider kein eigenes IMS betreibt. Heutige Beispiele wären z.B. YouTube, Google aber auch ein Peer-to-Peer basierter Dienst wie der iplayer der BBC.

### 3.3.3 VoIP Szenarien

Im Fall von Videostreaming<sup>115</sup> tritt der Endkunde nur mit dem Server, auf dem die Inhalte liegen, in Kontakt. Handelt es sich um einen vertikal integrierten Netzbetreiber (Fall I) dann gibt es keine Probleme beim Zugriff auf den eigenen Endkunden. Verkauft der Netzbetreiber den Dienst auch an die Kunden anderer Netzbetreiber, agiert er wie ein Service Provider mit dem Unterschied, dass er über ein eigenes IP-Netz (und ggf. mehr Wertschöpfung auf der Diensteschicht -> z.B. IMS) verfügt. Die Fragestellungen beschränken sich daher beim Videodienst darauf, wie der Service Provider Zugang zum Endkunden erhält, der im Netz eines anderen Netzbetreibers liegt.

Bei der Telefonie hingegen gibt es Anrufer („Quelle“, Endkunde 1) und Angerufene („Senke“, Endkunde 2). Daher könnte prinzipiell unterschieden werden, ob beide Gesprächsteilnehmer oder nur der Anrufer Kunden des VoIP Dienstes des betrachteten Dienstleisters sind. Der erste, einfachere Fall, bei dem der Anruf vollständig „on-net“<sup>116</sup> bleibt, sei zugunsten der genaueren Betrachtung einer Terminierung im Netz eines anderen VoIP-Dienstleisters ausgeblendet. Schließlich gibt es bei on-Net Telefonaten keine Schnittstellen zu beachten, da der Gesprächsaufbau komplett „im Netz“ des Anbieters bleibt.

Der terminierende VoIP-Dienstleister kann in diesem Fall einerseits ein infrastrukturloser Akteur sein, der den Dienst nicht gemeinsam mit dem Breitbandanschluss des Endkunden verkauft. Andererseits kann es sich auch um einen Akteur handeln, der den Dienst bündelt und daher das Anschlussnetz des Endkunden 2 kontrolliert. Beide Varianten müssen bei der Zusammenschaltung berücksichtigt werden. Daher ergeben sich bei VoIP vier Zusammenschaltungsfälle, wenn wie in dieser Studie geschehen die Kopplung mit dem PSTN vernachlässigt wird. In Tabelle 3-3 ist zuerst der originierende und dann der terminierende Dienstleister angegeben.

---

<sup>115</sup> Es ist nicht Videotelefonie gemeint!

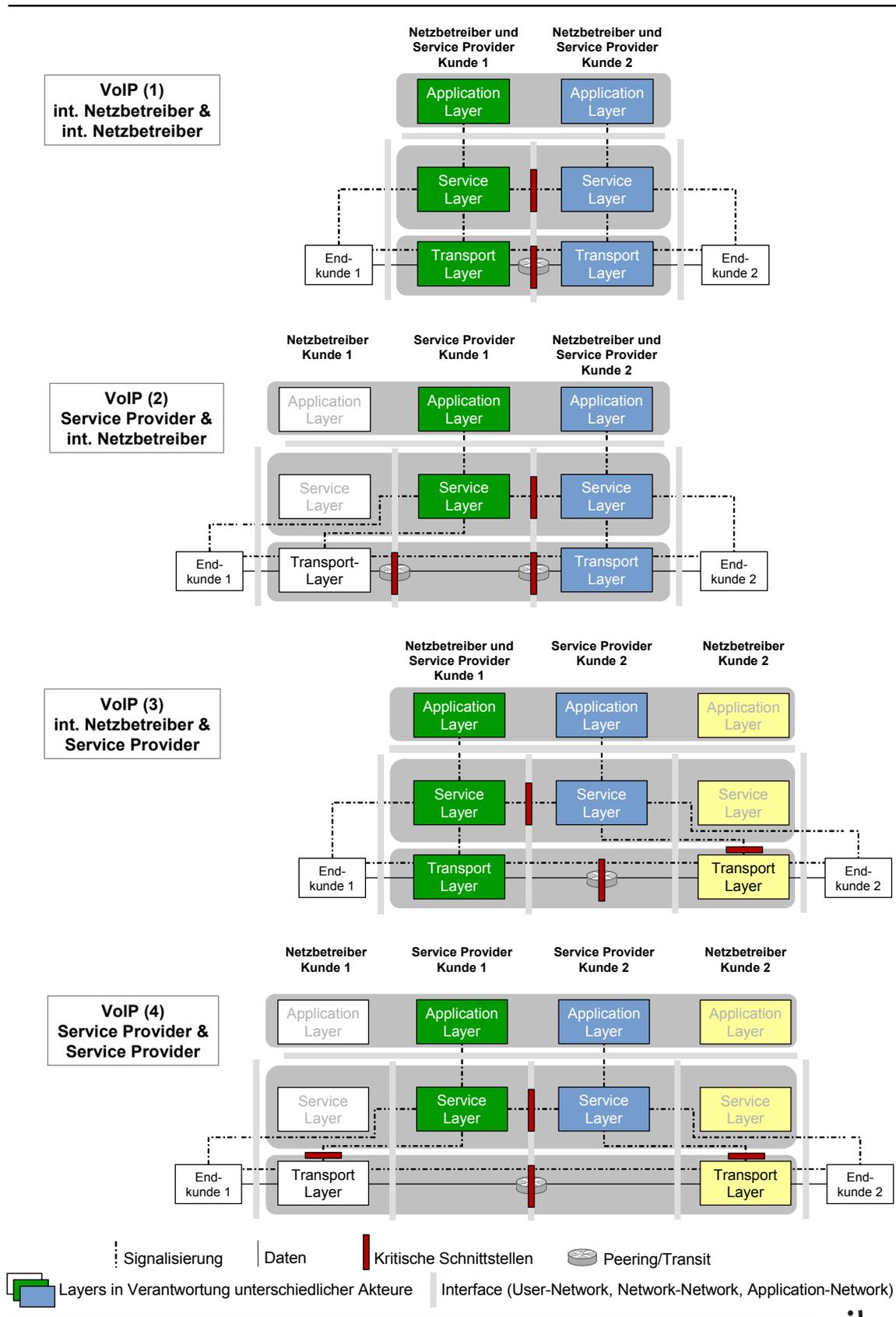
<sup>116</sup> Im Sinne der Signalisierung.

Tabelle 3-3 Zusammenschaltungsvarianten bei VoIP

(1)	Integrierter Netzbetreiber - Integrierter Netzbetreiber	(2)	Service Provider - Integrierter Netzbetreiber
(3)	Integrierter Netzbetreiber - Service Provider	(4)	Service Provider - Service Provider

Die Daten und Signalisierungsströme für die Varianten (I) integrierter Netzbetreiber und (II) Applikations- und Diensteschichtbetreiber wurden beispielhaft in Abbildung 3-11 dargestellt. Wiederum stellen unterschiedliche Farben unterschiedliche Akteure dar. In dieser Darstellung sind die beteiligten Akteure jedoch nebeneinander dargestellt, so dass gleichzeitig die Schnittstellen zwischen den Schichten sowie zwischen unterschiedlichen Betreibern auf der gleichen Schicht sichtbar werden. Ein reiner Service Provider ohne eigene Transportschicht ist in den Darstellungen durch das Fehlen der Transportschicht gekennzeichnet. Wenn der Netzbetreiber des Endkunden seine existierenden Funktionen der Dienste- und Anwendungsschicht nicht einbringt, sind diese mit grauer Schrift abgebildet.

Abbildung 3-11 Zusammenschaltungsvarianten bei VoIP



Sofern Service Provider und Netzbetreiber des Endkunden auseinander fallen zeigt sich, dass der Signalisierungsverkehr der Diensteschicht direkt zwischen Endkunde und Service Provider erfolgt, und nicht auf eine Abstimmung mit dem Netzbetreiber des Endkunden angewiesen ist. In den entsprechenden Fällen wurden die Funktionen auf Dienst- und Anwendungsschicht grau gekennzeichnet und der Signalisierungspfad durchläuft im Schaubild nicht die funktionalen Elemente des Netzbetreibers von Kunde 1 / Kunde 2. Sie werden für die Bereitstellung des an den Endkunden vermarkteten Dienstes nicht benötigt.

Bei der Analyse der Daten und Signalisierungsströme erscheinen drei Schnittstellen am kritischsten:

- 1. Die Schnittstelle zwischen zwei getrennten Diensteschichten (alle Fälle):**  
Stets muss sichergestellt sein, dass Signalisierungsinformationen zwischen den beiden Diensteschicht(-betreibern) ausgetauscht werden können. Effektiv erfolgen bei VoIP hier das Aufsuchen der angerufenen Nummer und die Ableitung der IP-Adresse des Angerufenen mit dem Zweck, das Gespräch aufzubauen. Dabei geht es um die Schnittstelle zwischen den beiden Akteuren, die die Vermittlungsleistung erbringen.
- 2. Die Schnittstelle zwischen Diensteschicht und Transportschicht**, wenn diese nicht vom gleichen Akteur verantwortet werden, also bei allen Fällen außer (l):  
Ist der Service Provider nicht mit dem Netzbetreiber des Endkunden identisch so soll aufgrund der funktionalen Trennung des NGN die Möglichkeit bestehen, dass der Service Provider mit der Transportschicht des Netzbetreibers interagiert. Es handelt sich in diesem Fall um ein kooperatives Modell, bei dem der Netzbetreiber QoS für den Diensttransport gewährt. Dafür müssen entsprechend standardisierte Schnittstellen vorhanden sein. Darüber hinaus muss der Netzbetreiber natürlich eine solche Vorleistung auch anbieten (können). Später (Kapitel 3.3.5) gehen wir nochmals auf Fragestellungen der QoS ein.
- 3. Die Schnittstelle zwischen zwei verschiedenen Transportnetzen (alle Fälle):**  
In jedem Fall stellt die Schnittstelle zwischen zwei Transportnetzen hinsichtlich des Austauschs von qualitätsdifferenziertem Verkehr einen kritischen Faktor dar. Dies gilt umso mehr, wenn der Verkehr nicht direkt zwischen zwei Akteuren getauscht wird, sondern wohlmöglich eine Vielzahl anderer Transitnetze durchläuft. Dies setzt aber zwingend die Abstimmung über die Behandlung von qualitätsdifferenziertem Verkehr zwischen den Transportschichtbetreibern voraus.

Darüber hinaus verbleiben alle Schnittstellen zwischen Nutzer und Netz, Netz und Netz, sowie Applikation und Netz natürlich von Bedeutung. Zum Beispiel muss sichergestellt

sein, dass die Signalisierungsinformationen auch das Homegateway<sup>117</sup> des Endkunden erreichen, wenn Service Provider und Netzbetreiber des Endkunden auseinander fallen. Gleichfalls sollte es Dienstleistern, die sich rein auf die Applikationsschicht beschränken, möglich sein, mit der Diensteschicht eines anderen Akteurs zu interagieren, um den Endkunden einen Dienst anzubieten. Letzteres betrifft Variante (III), der hier nicht dargestellt ist, sondern nur für den Videofall analysiert wird. Bei VoIP symbolisiert unserer Auffassung nach der Einsatz von Application Servern einen Mehrwert, der über den reinen Gesprächsaufbau hinausgeht (z.B. Mailbox, „Rückruf bei Besetzt“ oder ähnliche Merkmale). Für ein reines Telefonat ohne zusätzliche Funktionalitäten sind keine Anwendungsserver nötig.<sup>118</sup> Von größerer Bedeutung ist dies für Videostreaming Service Provider, wie im folgenden Kapitel gezeigt wird.

In den Varianten (III) und (IV) aus Abbildung 3-10 wird die Vermittlungsleistung nicht vom Service Provider erbracht, der den Dienst an den Endkunden vermarktet, sondern von einem anderen Akteur eingekauft. Für den Wholeseller stellen sich dann die gleichen Fragestellungen bezüglich der Originierung und Terminierung, die im vorherigen Abschnitt behandelt wurden. Der Service Provider hingegen ist für Mehrwertdienste, für Vermarktung und in ggf. unterschiedlich großem Umfang für Rechnungslegung etc. verantwortlich. Eine grobe Analogie kann im Mobilfunkmarkt gezogen werden. Dort wäre ein reiner Reseller ohne Betrieb der Anwendungsschicht vielleicht einem Discounter wie Aldi Talk ähnlich und ein als reiner Anwendungsschichtbetreiber aufgestellter Service Provider einer debitel.<sup>119</sup> Im letzteren Fall bringt der Service Provider noch eigene telefoniebezogene Dienstmerkmale (z.B. Anrufweiterleitung, Voicemail, gut bedienbare Benutzeroberfläche, ...) mit ein, die über die eigentliche Vermittlungsleistung hinausgehen (welche durch den Netzbetreiber erfolgt!). Beim bloßen Resale erübrigen sich daher Fragestellungen der Schnittstellen zwischen Service Provider und Netzbetreiber im Kontext dieser Studie.

Einen Spezialfall stellt die reine „on-net“ Peer-to-Peer Telefonie dar, wie sie von Skype betrieben wird. Da die Signalisierung nach den bisher öffentlich verfügbaren Erkenntnissen mit Ausnahme des Log-Ins vollständig über die Peers selber abgewickelt wird, ist der Betrieb der Diensteschicht praktisch auf die Endnutzer ausgelagert (vgl. Kapitel 3.1.2.1). Dies gilt jedoch nur solange, wie sich der Verkehr ausschließlich zwischen den Skypeusern bewegt. Sobald eingehende oder ausgehende Anrufe in fremde Netze anfallen, wird eine entsprechende Architektur auf der Dienstschiicht notwendig, was den Dienst für diesen Teil dann wiederum mit SipGate, Vonage vergleichbar macht.

---

<sup>117</sup> In den Standardisierungstexten zumeist als User Equipment bezeichnet.

<sup>118</sup> Allerdings bestehen Unterschiede im Funktionsumfang zwischen einem einfachen SIP-Server und der CSCF des IMS. Es ist daher möglich, dass andere Auffassungen bei der Betrachtung eines VoIP Dienstes bspw. von SipGate / Vonage die Vermittlungsleistung auf die Anwendungsebene verlagern würden. Wir haben uns dafür entschieden, die Vermittlungsleistung (siehe auch Abbildung 3-12) in beiden Fällen auf der Diensteschicht anzusiedeln.

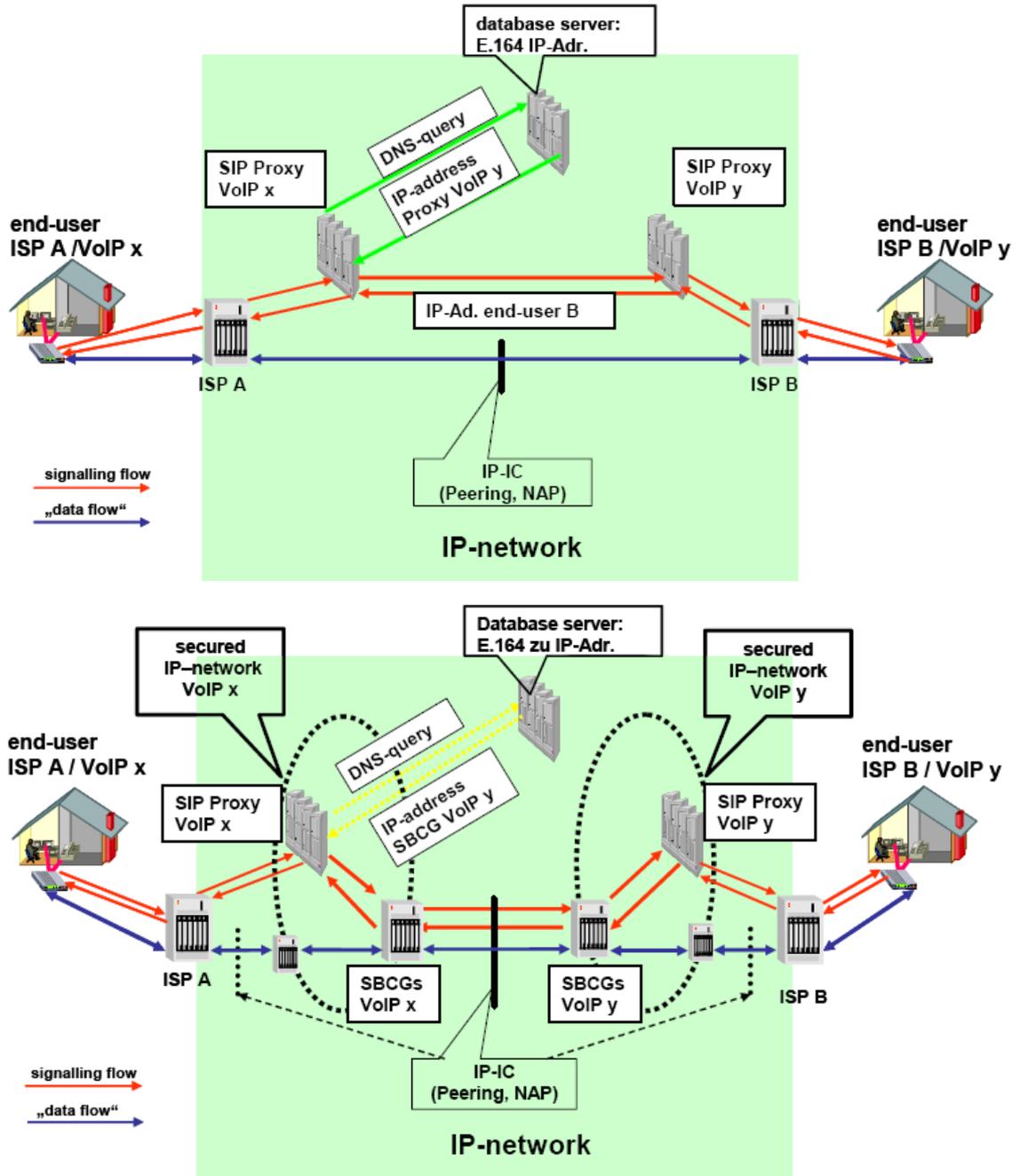
<sup>119</sup> debitel bietet neben dem Wiederverkauf von Gesprächsminuten der Netzbetreiber zusätzlich weitere Dienste an („Mobiles Fernsehen“, „Mobile Music“). Quelle: Debitel Eigendarstellung auf [www.debitel.de](http://www.debitel.de).

In der Praxis ist im Gegensatz zu den obigen Ausführungen anzunehmen, dass Netzbetreiber bestrebt sind, die funktionale Trennung nicht zu implementieren und viel mehr weiterhin eine bestehende Bündelung von Transport- und Diensteschicht anstreben. In Abbildung 3-12 ist einmal die reine Zusammenschaltung für VoIP auf der Diensteschicht allein, und darunter die gebündelte Zusammenschaltung für VoIP von Transport- und Dienstschiicht dargestellt. Im zweiten Fall benutzt der Netzbetreiber dafür Session Border Controller, welche nach außen hin die gesamte Kommunikation abwickeln (so bleibt z.B. der SIP Server des zweiten VoIP Anbieters „VoIP y“ unsichtbar und beim Nachschlagen der E.164 Nummer ergibt die Datenbankanfrage nur die IP-Adresse des Session Border Controllers). Es ist anzunehmen, dass solche Netzbetreiber dann eine dienstespezifische Zusammenschaltung anstreben, die stets Transport- und Diensteschicht gebündelt beinhaltet.<sup>120</sup>

---

<sup>120</sup> vgl. ERG (2008): S. 149-151.

Abbildung 3-12 Beispiel für IP-Zusammenschaltung ohne und mit Session Border Controllern



Quelle: Eickers (2005) / ERG (2008).

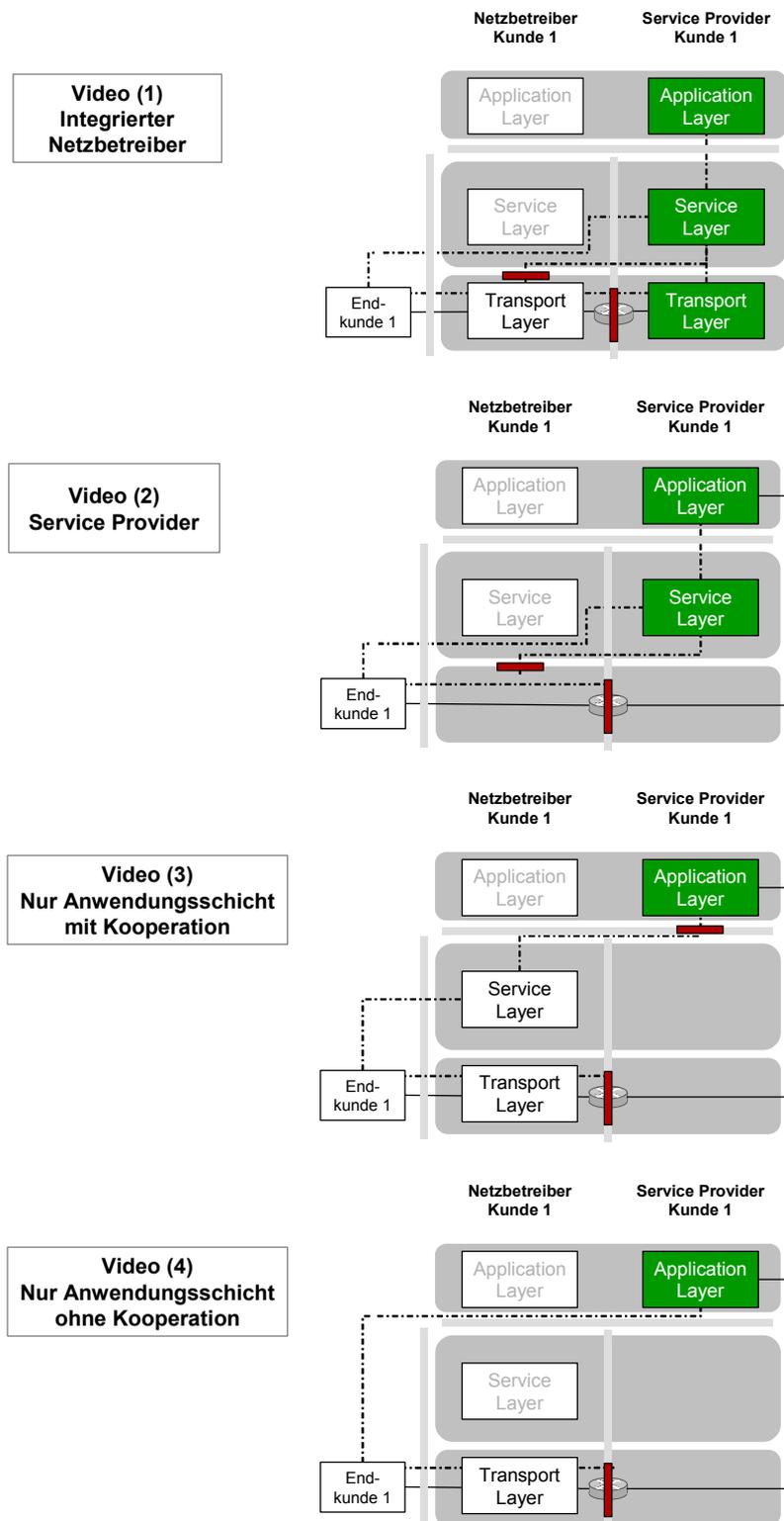
### 3.3.4 Video Szenarien

Wie bereits beschrieben beschränken sich die Fragestellungen beim Videodienst aufgrund des asymmetrischen Dienstcharakters darauf, wie der Service Provider Zugang zu einem Endkunden erhält, welcher den Breitbandanschluss von einem anderen Netzbetreiber bezieht.<sup>121</sup> Es gibt also keine Schnittstellen zu einem zweiten Endkunden. Vier verschiedene Fälle sind in Abbildung 3-13 beispielhaft dargestellt.

---

**121** Auch in diesem Kapitel betrachten wir die Kooperation zwischen dem Vermarkter des Dienstes und dem Anschlussnetzbetreiber des Endkunden. Andere Formen der Spezialisierung, bei denen ein spezialisierter Dienstleister allein die Diensteschicht verantwortet und somit drei Akteure zu betrachten sind, die jeweils unabhängig aber in Kooperation Transport-, Dienste- und Applikationsschicht betreiben, klammern wir wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben aus. Insofern teilen sich die Funktionen im Rahmen der Analyse dieses Unterkapitels zwischen genau zwei Akteuren auf: Dem Anschlussnetzbetreiber des Endkunden und dem Dienstleister, der den Videodienst vermarktet.

Abbildung 3-13 Zusammenschaltungsvarianten bei Video



Signalisierung | 
  Daten | 
  Kritische Schnittstellen | 
  Peering/Transit

Layers in Verantwortung unterschiedlicher Akteure | 
 Interface (User-Network, Network-Network, Application-Network)

Die betrachteten Fälle sind im Einzelnen:

1. der des **Integrierten Netzbetreibers**, der seine Videodienste auch anderen Kunden anbietet (entspricht auch Variante (I) aus Abbildung 3-10, jedoch wird das Anschlussnetz des Endkunden nicht selbst betrieben);
2. der eines **Service Providers**, der für die Dienstrealisierung nicht nur Funktionen der Anwendungsschicht, sondern auch der **Diensteschicht** selbst betreibt (entspricht Variante II);
3. der des **reinen Applikationsschichtbetreibers** (entspricht Variante (IV)) **mit dienstespezifischer Kooperation** mit dem Netzbetreiber des Kunden; und
4. der des **reinen Applikationsschichtbetreibers** (entspricht Variante (IV)) **ohne dienstespezifischer Kooperation** mit dem Netzbetreiber des Kunden.

Die Unterschiede zwischen **Fall (1) und Fall (2)** Abbildung 3-13 liegen einzig darin begründet, dass der integrierte Netzbetreiber im Gegensatz zum Serviceprovider auch ein eigenes IP-Netz auf der Transportschicht betreibt. Deshalb gibt es für ihn einen höheren Anreiz auch tatsächlich ein eigenes IMS auf der Diensteschicht sowie eine Qualitätsdifferenzierung auf seiner Transportschicht zu implementieren. In beiden Fällen ist vorstellbar, dass hinsichtlich der Qualitätsdifferenzierung auf der Transportschicht eine Vorleistung nachgefragt wird, oder nicht. Wenn dies geschehen soll, dann ist die Schnittstelle zur Transportschicht des Netzbetreibers kritisch.

Unabhängig vom Kooperationsmodell gibt es wiederum nur geringe Anreize zum Aufbau eines IMS, wenn kein eigenes IP Netz betrieben wird. Auch Alternativen auf der Diensteschicht z.B. über Softswitches haben bei Videodiensten weniger Relevanz, da keine Vermittlungsleistung, sondern nur eine Session Initiierung erforderlich ist, die auch durch das Endgerät erfolgen kann. Viele Dienste ließen sich daher auch außerhalb des vorgestellten NGN-Architekturrahmens, oder zumindest ohne den Einsatz eines IMS realisieren. Das wird z.B. im noch in Bearbeitung befindlichen ITU Standard Y.1910 für IPTV Architektur deutlich, wo zwischen drei Varianten der Dienstgenerierung unterschieden wird: NGN mit IMS, NGN ohne IMS und gar kein NGN. Variante (II) aus Abbildung 3-10 erscheint uns daher für Videodienste weniger wahrscheinlich als für VoIP.

Es stellt sich auch für diesen Dienst die Frage, ob ein Zusammenschluss mit der Diensteebene des Netzbetreibers des Endkunden sinnvoll oder zwingend erforderlich werden könnte. In Abbildung 3-13 wurde unterstellt, dass der integrierte Netzbetreiber (Fall (1)) sowie der Serviceprovider (Fall (2)) sich nicht mit der Diensteschicht des Anschlussnetzbetreibers verbinden müssen und optional nur eine dienstespezifische Vorleistung auf der Transportschicht einkaufen.

Eine Verbindung auf Dienstebene könnte jedoch notwendig sein, wenn die Architektur des NGN so geschlossen ist, dass die Dienstbereitstellung zentral auf einer Plattform des Anschlussnetzbetreibers aufsetzt. Ein solches Umfeld konnte in der Vergangenheit auf den Mobilfunkmärkten beobachtet werden, wo ein hohes Maß an vertikaler Integration sowie Walled Garden Ansätze vorherrschten. Hier waren rein internetbasierte und vom Netzbetreiber unabhängige Dienste wesentlich schwieriger für den Kunden zu erreichen als Dienste, die in das Portfolio des Anschlussnetzbetreibers integriert wurden.<sup>122</sup>

Bereits an diesem Punkt der Analyse kann daher festgestellt werden, dass es aus regulierungsökonomischer Sicht wünschenswert ist, dass der Endkunde beliebige unabhängige Dienstleister auswählen kann. Folglich sind Aspekte wie eine zentrale Nutzerdatenverwaltung des IMS potenzielle Barrieren, wenn sie die hier beschriebene unabhängige Provisionierung in den Fällen (1), (2) und (4) aus Abbildung 3-13 ver-/ behindern. Dies ist gewissermaßen ein Argument dafür, dass ein Zusammenschluss zweier Diensteschichten für den Fall der Provisionierung von Videodiensten nicht zwingend erforderlich ist. Ggf. wünschenswert aus Sicht der Service Providers wäre es, wenn Informationen, über die nur der Netzbetreiber des Kunden verfügt (z.B. Lokalisierung, Presence), zugänglich wären, wenn sie der Dienstbereitstellung zuträglich sind. Ob dies zu einer regulierten Zugangsverpflichtung führen mag, müsste im Kontext der europäischen Rahmengesetzgebung (3 Kriterien Test etc.) geprüft werden. Dies ist nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

Beim reinen Applikationsschichtbetreiber sind ebenfalls kooperative und nicht kooperative Modelle denkbar, die getrennt dargestellt wurden, während in den ersten beiden Fällen der optionale Zugang zu QoS auf der Transportschicht in Abbildung 3-13 direkt integriert war. Im Gegensatz zu den Fällen (1) und (2) erscheint es hier sinnvoller, nicht nur die Transportschicht, sondern auch die Dienstschicht einzubeziehen. Neben dem Zugang zu QoS im Netz des Anschlussnetzbetreibers und den Anforderungen für den Austausch von QoS über Netzgrenzen hinweg, tritt bei Video daher noch eine weitere kritische Schnittstelle auf der Dienstebene hervor, die bei VoIP möglicherweise weniger bedeutend ist.<sup>123</sup> Dies ist die Schnittstelle zwischen Anwendungsschicht und Diensteschicht, die es einem reinen Anwendungsschichtbetreiber erlaubt, auf Intelligenz der Diensteschicht eines anderen Netzbetreibers zuzugreifen, was dem kooperativen Modell 1 aus Abbildung 3-9 entspricht. Auch bei Videodiensten sind somit 3 Schnittstellen von Relevanz.

Im **kooperativen Fall (3)** aus Abbildung 3-13 kooperiert der Service Provider mit dem Netzbetreiber zur Bereitstellung des Dienstes: Der Netzbetreiber bindet den Application Server des Service Providers an sein IMS an und provisioniert den Dienst in

---

<sup>122</sup> Siehe Stamm/Wörter (2003), besonders S. 30f.

<sup>123</sup> Weil die primäre Dienstrealisierung (der Gesprächsaufbau) bereits auf der Diensteschicht erfolgt.

dienstespezifischer Qualität und – sofern notwendig – mit zusätzlichen Funktionalitäten, die z.B. auf Lokalisierung<sup>124</sup> des Kunden beruhen.

Das Szenario spiegelt die Vision eines offenen NGN wider, bei dem die Nutzer durch ihren All-IP Anschluss den Zugang zu vielfältigen Anwendungen/Inhalten aus unterschiedlichen Quellen erhalten und der Zugang zu getrennten funktionalen Elementen möglich ist. Der Netzbetreiber nutzt hier sein NGN, um eine hochwertige Transportleistung für die Inhalte/Anwendungen des Service Providers bereit zu stellen.<sup>125</sup> Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass alle Szenarien mit Ausnahme der Fälle (IIa), (IIIa) aus Abbildung 3-10 hier stets aus dem Blickwinkel des Service Providers betrachtet werden, der die Geschäftsbeziehung zum Endkunden für den Dienst (VoIP/Video) selbst besitzt. Unter diesen Aspekten ist für die Zukunft natürlich fraglich, inwieweit Netzbetreiber willens sind, solche dienstespezifischen Vorleistungen bereitzustellen.

Der **nichtkooperative Fall (4)** aus Abbildung 3-13 entspricht grundsätzlich dem heutigen Fall eines vom Netzbetreiber unabhängigen Service Providers (z.B. Youtube Nutzung durch einen Kunden der T-Com). Der Endkunde hat separate Geschäftsbeziehungen zu seinem Netzbetreiber und dem Service Provider. Der Service Provider erbringt dem Endkunden nur den Videodienst, welchen er vollständig selbst generiert und mit dem Kunden abrechnet. Unabhängig davon ob, der Service Provider direkt im Netz des Netzbetreibers angebunden ist oder seine Daten den Endkunden über Peering/Transit anderer Netzbetreiber erreichen, wird der Verkehr nur als Best Effort geführt. Bei der Distribution der Inhalte wird somit auf keine NGN-Netzintelligenz des Netzbetreibers zurückgegriffen. Die Signalisierung beschränkt sich auf Abrechnung und Autorisierung, welche vollständig zwischen Endkunde und Service Provider erfolgt. Mögliche Netzzugangsfragen betreffen daher ausschließlich Elemente der allgemeinen IP-Interconnection und bewegen sich ausschließlich auf der Transportebene. Hier kann einerseits wiederum die Frage sein, ob QoS auf der Transportschicht eingekauft werden kann. Von größerer direkter Wichtigkeit ist besonders in diesem Fall jedoch die Gleichbehandlung des Best-Effort Verkehrs des Netzbetreibers und von anderen Service Provider. Es muss sichergestellt sein, dass der Best-Effort Verkehr des Wettbewerbers nicht schlechter gestellt wird, als der des Best-Effort Verkehr des Netzbetreibers.

Dieses Szenario (Fall (4) aus Abbildung 3-13) gilt damit gewissermaßen auch als Maßlatte für die Dienstrealisierung im NGN. Wann mag der Punkt erreicht sein, ab welchem ein Dienstangebot nicht mehr über dieses Modell abgewickelt werden kann, sondern zwingend auf qualitätsdifferenzierten Transport und womöglich erweiterte NGN-Funktionalitäten angewiesen ist? Dies könnte z.B. bei IPTV in hoher Auflösung (HDTV), oder noch wahrscheinlicher bei Echtzeitdiensten wie Videokonferenzen der Fall sein.

---

<sup>124</sup> Z.B. um über den Standort und den damit assoziierten Breitbandzugang (fix / mobil) des Kunden den Videostrom entsprechend anzupassen (hohe Auflösung bei Betrachtung zu hause, niedrige Auflösung bei mobiler Betrachtung).

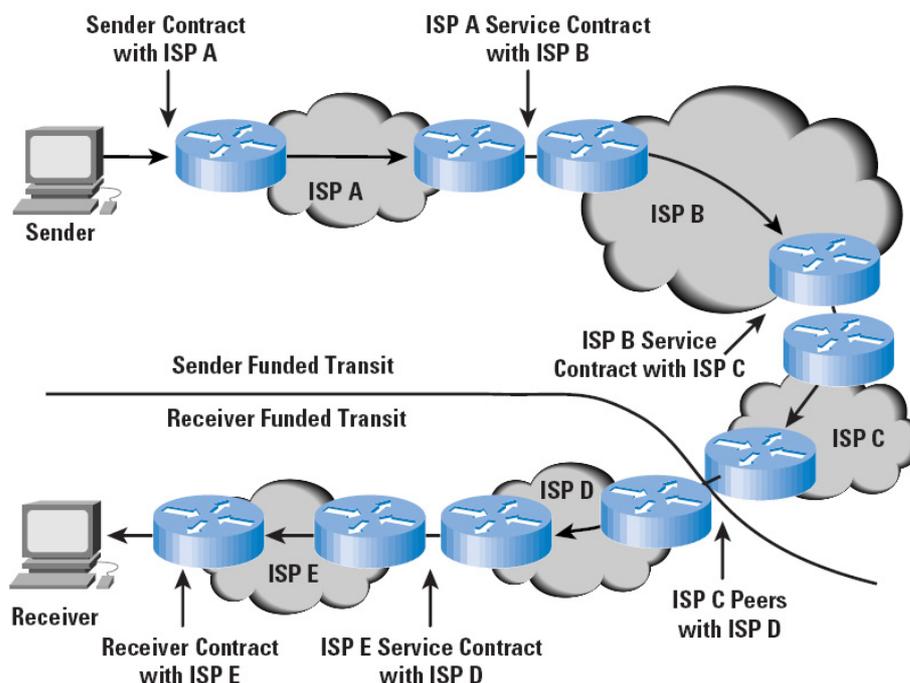
<sup>125</sup> Nutzungsgebühren oder Revenuesharing werden vermutlich die Leistung des Netzbetreibers abgelten.

Daran schließt sich die Frage an, ob man eine Grundlage für ein verpflichtendes Angebot dienstespezifischer Vorleistungen durch Netzbetreiber finden könnte und an welche Auflagen dies geknüpft sein mag.

### 3.3.5 Quality of Service über Netzgrenzen

Es ist wichtig sich zu vergegenwärtigen, dass Quality of Service eine Ende-zu-Ende Betrachtung nötig macht. Der Mediastrom fließt in beiden Anwendungsszenarien von VoIP und Video über die zusammengeschalteten IP-Netze der beteiligten Transportschichtbetreiber. Dies muss nicht notwendigerweise eine direkte physische Zusammenschaltung sein, sondern kann auch als fortgesetzte Kette über mehrere Zusammenschaltungen geschehen (siehe zur Verdeutlichung Abbildung 3-14; ISP ist hier als Netzbetreiber zu interpretieren). In den vorherigen Szenarien wurde dies offen gelassen und durch das Peering/Transit Symbol gekennzeichnet.

Abbildung 3-14 Diensttransport über mehrere IP-Zusammenschaltungen hinweg



Quelle: Huston (1999): S.19.

Häufig sind Endnutzer und Application Server bzw. der Gesprächspartner eines Telefons nicht an das gleiche IP-Netz angeschlossen. Es ist sogar sehr wahrscheinlich, dass der Verkehr durch mehrere andere Netze fließt. Zurzeit liegen keine standardisierten Verkehrsklassen für den Austausch von qualitätsdifferenziertem Verkehr über Netz-

grenzen vor. In einem ersten Schritt müssten diese also erarbeitet und von den Marktakteuren implementiert werden, was angesichts der Tatsache, dass die grundlegenden Verfahren zur QoS-Realisierung (siehe auch Kapitel 4) bereits lange existieren, offensichtlich von starken Barrieren behindert wird.<sup>126</sup>

Wenn solche Standards existierten, müssten sich die Anbieter von „Voice over Broadband“ zusätzlich absichern, dass die IP-Pakete ihrer Telefonate auch tatsächlich nur über Netze, auf denen QoS gewährleistet wird, laufen. Wenn entsprechenden Vereinbarungen zu diesem Zwecke mit anderen Netzbetreibern getroffen werden, nähert man sich effektiv wieder einem verbindungsorientierten Aufbau an, wie er im PSTN für den Einkauf von Ferngesprächsterminierung in andere Länder existiert. Dadurch wächst neben den Kosten der technischen Implementierung von QoS-Mechanismen auch der administrative Aufwand für das Aufbauen von reservierten Festverbindungen (z.B. als VPN), mit denen Netzbetreiber überhaupt erst strategische Verbindungen mit Qualität anbieten können. An einem gewissen Punkt mag dies sogar die Kosten einer Überdimensionierungsstrategie übertreffen.

Der Einfluss von Qualitätsdifferenzierung auf Peering Agreements bietet noch weiteren Forschungsbedarf. Dies kann am kooperationslosen Fall aus Abbildung 3-14 (wo der Service Provider nicht direkt im Netz des Netzbetreibers liegt) nachvollzogen werden: Hier zahlt der Anschlussnetzbetreiber ISP A (in Abbildung 3-14) nur direkt für Transit („Service Contract“) mit ISP B und indirekt für dessen Transit mit ISP C.<sup>127</sup> Danach zahlt der Netzbetreiber des Empfängers (ISP E) direkt und indirekt für den Verkehr an seine Upstream-Transit Provider. Es findet somit keine Ende-zu-Ende Dienstgenerierung statt, bei der - wie z.B. bei einem internationalen PSTN-Gespräch - der Sender die Kosten des gesamten Transports übernimmt und die beteiligten Mittler anteilig aus der Retailgebühr des Endkunden entlohnt. Solange keine standardisierten QoS-Klassen verfügbar werden, ist nicht zu erwarten, dass sich Abrechnungsmodelle ändern.<sup>128</sup> Dies spielt damit auch unmittelbar in die Diskussionen zur Netzneutralität und das Verhältnis von Service Provider und Netzbetreiber hinein. Ungleichgewichte in der Bürde der Kosten, die durch innovative Peer-to-Peer Technologie (Beispiel iPlayer der BBC) gelöst werden, verdeutlichen zukünftige Konfliktfelder.

Im NGN müssen die Marktakteure also neben der technischen Realisierung von netzübergreifender Qualität auch die wirtschaftlichen Modalitäten für den Transport von originierendem, durchgehendem und terminierendem qualitätsdifferenzierten Verkehr aushandeln. Zwei Fragestellungen werden dadurch tangiert, einerseits die Vereinbarungen für IP-Zusammenschaltung zwischen Netzbetreibern und andererseits die An-

---

<sup>126</sup> Siehe dazu Marcus / Elixmann / Carter et al (2008): S. 91f.

<sup>127</sup> Es kann angenommen werden, dass ISP C und ISP D zur Gruppe der Tier 1 Carrier gehören und alle anderen Beteiligten Tier 2 Carrier seien. Der indirekte Beitrag kann so interpretiert werden: ISP B wird sein Geschäftsmodell so organisieren, dass die Entgelte aus dem Transitgeschäft mit ISP A mit zur Deckung der Kosten für den eigenen Upstream-Transit Einkauf bei ISP C beitragen.

<sup>128</sup> Vgl. Huston (1999): 18-22.

bindung von Service Providern mit qualitätsdifferenziertem Verkehr an Netzbetreiber. Letztere hängt auch von der Distributionsstrategie der Service Provider ab (zentrale Server, Outsourcing an Content Delivery Networks, Peer-to-Peer Architektur, vgl. Kapitel 3.1.3.1.). In anderen Studien wurden bereits die Kosten der Distribution u.a. für diese Szenarien in einer IP-Welt ohne Qualitätsklassen modelliert. Dabei zeigten sich deutliche Skaleneffekte bei der Bereitstellung und erwartungsgemäß die geringsten Kosten (für den Service Provider) bei einer Peer-to-Peer Architektur.<sup>129</sup>

In einer NGN-QoS-Welt müssen die Akteure neben dem absoluten Verkehrsvolumen also auch die Anteile des höherwertigen Verkehrs bei ihren Verhandlungen zur generellen IP-Zusammenschaltung berücksichtigen. Der Aufwand zur Implementierung von Qualitätsdifferenzierungstechniken im Gegensatz zur Überdimensionierung (siehe Kapitel 4) könnte im Zusammenhang mit den angesprochen Netzeffekten die Barrieren erklären, die eine Implementierung von QoS über Netzgrenzen hinweg bislang verhinderten.

### 3.3.6 Zusammenfassung der kritischen Schnittstellen

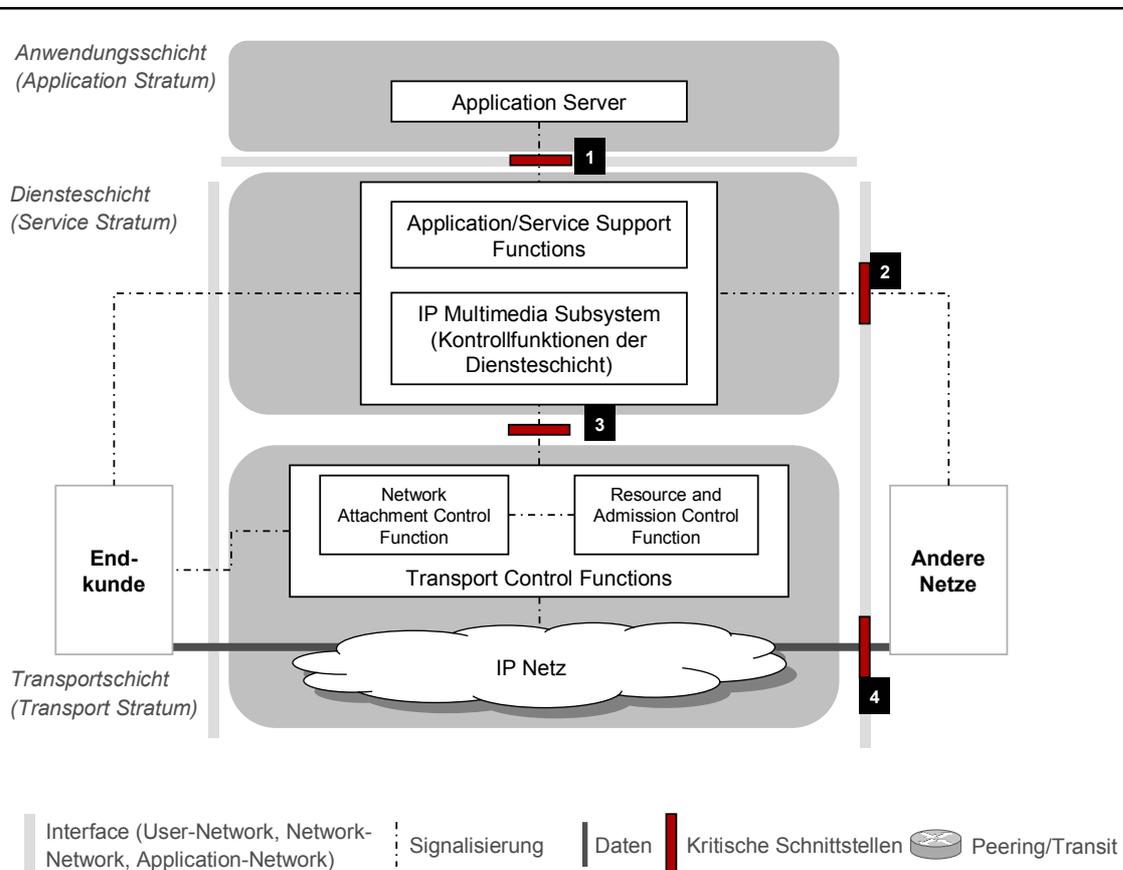
Grundsätzlich sind alle Schnittstellen zwischen Nutzer und Netz, zwischen verschiedenen Netzen, zwischen Schichten sowie innerhalb von Schichten von Relevanz. Im Rahmen der Szenarienbildung erscheinen vier Aspekte besonders kritisch:

1. Zugriff auf die Diensteschicht von einer unabhängigen Anwendungsschicht,
2. Zusammenschaltung auf der Diensteschicht,
3. Zugriff auf die Transportschicht von einer unabhängigen Diensteschicht,
4. Austausch von qualitätsdifferenziertem Verkehr über Netzgrenzen.

---

<sup>129</sup> Vgl. Norton (2007): S. 15. Es werden vier Szenarien aufgestellt: Transit (entspricht dem zentralen Server), Content Delivery Networks, Hybrid (selbst bereitgestelltes Content Delivery Network) und Peer-to-Peer.

Abbildung 3-15 Kritische Schnittstellen im NGN



Die Nutzung offener Standards für die Signalisierung scheint der zentrale Faktor zu sein, um die Interaktion zwischen den unterschiedlichen Akteuren effizient zu gewährleisten, und die Innovationspotenziale des NGN ausschöpfen zu können.

Daneben stellen sich andere Fragen, zum Beispiel hinsichtlich der Nutzerdatenverwaltung. Da im NGN auch nomadische und mobile Nutzung eingebunden werden können, sind je nach Dienst auch Lokalisierungsfunktionen vom Anschlussnetzbetreiber wahrzunehmen und ggf. auszutauschen.

Die Gewährleistung von Sicherheit und Integrität der einzelnen Netze ist als grundsätzliche Anforderung an die Schnittstellengestaltung zu verstehen.<sup>130</sup>

Im Zentrum der Anforderungen an die Transportschicht steht die Notwendigkeit, Verkehrsklassen mit definierten Qualitätsparametern über Netzgrenzen hinweg gewährleisten zu können. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen gehen wir auf die

<sup>130</sup> Vgl. NGNuk (2007b): S.32.

technischen Optionen nicht vertieft ein. In Kapitel 4 werden mit der Qualitätsrealisierung verbundene Probleme der Kostenallokation analysiert und in diesem Zuge werden die unterschiedlichen Realisierungsstrategien mit ihren Vor- und Nachteilen kurz skizziert. Für den Moment sei daher an dieser Stelle die Notwendigkeit einer effizienten Qualitätsrealisierung, nicht jedoch die Bewertung der konkreten Lösungsoptionen (Überdimensionierung, Priorisierung, Kapazitätsreservierung) hervorgehoben.

Grundsätzlich ist bei diesen Überlegungen zur Transportschicht zu bedenken, dass die beteiligten Akteure nicht immer direkt zusammengeschaltet sein müssen, sondern Verkehr über einen oder mehrere weitere Netzbetreiber austauschen können (vgl. Abbildung 3-3 und Abbildung 3-14).

Standardisierte Verkehrsklassen erscheinen aber in jedem Fall (auch bei nur zwei Netzen) die notwendige Voraussetzung, um qualitätsorientierte Dienste über mehrere Netze hinweg bereitstellen zu können. Die Umsetzung individueller und Einzeldienst orientierter Verkehrsklassen erscheint anderenfalls kaum zu managen. Anderenfalls müssen bilaterale Abkommen zum Austausch von Verkehrsklassen geschlossen werden, was durch die Vielzahl der Akteure nur sehr eingeschränkt möglich ist (Transaktionskosten).

Damit könnte eine zukünftige Anforderung an die Regulierung auch darin bestehen, die IP-Zusammenschaltung generell zu beeinflussen, indem sie standardisierte Verkehrsklassen auferlegt. Bisher ist die generelle IP-Zusammenschaltung praktisch nicht reguliert (siehe Anhang C). Weil zur Zeit QoS-Realisierung über Netzgrenzen hinaus noch wenig verbreitet ist, sind die Investitionsanreize für einen Netzbetreiber beschränkt, da er regelmäßig keinen qualitätsdifferenzierten Verkehr mit anderen Betreibern austauschen kann. Daher könnte die Regulierung symmetrische Instrumente einsetzen, um die Entwicklung von qualitätsdifferenziertem Verkehrsaustausch über Netzgrenzen zu beschleunigen.<sup>131</sup> Es ist jedoch fraglich, ob eine solche Rolle (z.B. mit Detailvorgaben für Verkehrsklassen) sowohl vom Regulierer und von den Marktteilnehmern erwünscht ist.

Es stellt sich auch allgemein die Frage, ob eine regulierte Zusammenschaltung den gesamten ausgetauschten Verkehr gleichbehandeln, nach Qualitätsklassen differenzieren oder gar nach Diensten differenzieren soll.<sup>132</sup>

---

<sup>131</sup> vgl. ERG (2008): S. 18.

<sup>132</sup> Vgl. Berg/Eickers/Eilers et al. (2006): S.16.

### 3.4 Zwischenfazit: Existieren Hinweise auf (neue) Essential Facilities im NGN?

Grundsätzlich ist mit der Migration zu NGN eine Vielzahl von komplexen Problemen für die Regulierung verbunden. Ein großer Teil davon bezieht sich auf die Reorganisation der Anschluss- und Aggregationsnetze. Diese mit dem Ausbau von Glasfasernetzen näher an den Endkunden verbundenen Barrieren und regulatorischen Anforderungen sind bereits in anderen Studien eingehender thematisiert worden. Sie beziehen sich unter anderem auf die Gefahr von Stranded Investment der Anschlussnetzbetreiber, die gegenwärtig Unbundling am Hauptverteiler nachfragen, oder die adäquate Gestaltung von Backhaul und Kollokation bei Fiber-to-the-Curb und die gemeinsame Nutzung von Kabelkanälen oder von fibre local loop oder subloop unbundling bei FTTx allgemein.<sup>133</sup>

Im Bereich der Kernnetze stellt sich mit Blick auf die vorangehenden Analysen die Frage, ob (neue) Bottlenecks im NGN den Aufbau/Fortbestand von strategischer Marktmacht begünstigen. Abbildung 3-16 gibt einen Überblick über solche potenzielle Bottlenecks.

Abbildung 3-16 Mögliche Ursachen für Bottlenecks im NGN

Possible Control Points in NGN			
<u>Network capabilities</u>	<u>Elementary Services</u>	<u>User access capabilities</u>	<u>Individual user information</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Control of interconnect and QoS</li> <li>■ Control of routing tables</li> <li>■ Termination capabilities</li> <li>■ Network coverage (peering arrangements)</li> <li>■ Identity, location</li> <li>■ Network Address Translators and firewalls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Application programming interfaces (API)</li> <li>■ Single user authentication</li> <li>■ Location determination function</li> <li>■ Digital Rights Mgmt.</li> <li>■ Call set-up capabilities</li> <li>■ Proprietary standards</li> <li>■ Interoperability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Unnecessary software and service bundles</li> <li>■ Walled Gardens</li> <li>■ Control handset and end-user device (limits service access if linked to specific device)</li> <li>■ Filter mechanisms and digital rights</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Access to customer information systems</li> <li>■ Ability to resolve names and numbers (who should administer ENUM servers?)</li> <li>■ Customer billing info</li> <li>■ Authentication</li> <li>■ Single logon and profile management</li> <li>■ Functions for determining location</li> </ul>
<p>Control Points could enable an operator to limit competition by imposing bundling or interoperability limitations</p>			

Quelle: Chiesa / Frank (2007): S. 19 (basiert auf Devoteam/Siticom (2003)).

<sup>133</sup> Vgl. z.B. ERG Opinion on Regulatory Principles of NGA (2007).

In der Konsultation der European Regulators Group zu IP Interconnection werden zusammenfassend u.a. die folgenden Bedenken geäußert: <sup>134</sup>

- Fortschrittliche und intelligente Funktionalitäten wie verbesserte Kontrolle über Signalisierung oder Nutzerlokalisierung könnten Marktmacht festigen und es erlauben, diese auf verwandte Bereiche auszudehnen.
- Neue Bottlenecks könnten aus der zentralisierten Bereitstellung von intelligenten Funktionen entstehen, von denen alle Dienste abhängen.<sup>135</sup>
- Es besteht das Risiko, dass „Walled Garden“ Systeme entstehen, welche die Interoperabilität reduzieren, sofern die Regulierung diese nicht sicherstellt.
- Zugangsverpflichtungen allein könnten nicht ausreichend sein, wenn sie nicht mit angemessenen Interconnection- und Interoperabilitätsverpflichtungen einhergehen.
- Im Rahmen der Diskussionen in der britischen NGNuk Projektgruppe wurden darüber hinaus Bedenken hinsichtlich potenzieller Hemmnisse durch aufwändige Testprozeduren geäußert. Aufgrund der größeren Komplexität der Zusammenschaltung könnte der Incumbent versuchen, umfangreiche Testanforderungen zu behindernden Konditionen zu etablieren.

Auf der anderen Seite werden die folgenden Elemente aufgeführt, die dem widersprechen:

- Niedrigere Eintrittsbarrieren und eine erhöhte Anzahl von Akteuren (ISPs, DRM provider, ASP, Content Aggregatoren) könnten bestehende Marktmacht neutralisieren.
- NGN könnte dadurch erstmals gleiche Wettbewerbsbedingungen [für das Angebot von Telefonie] schaffen.
- Einige auferlegte Vorleistungen wie Carrier Preselection könnten durch den effektiven Wettbewerb dann unnötig werden. Die damit verbundenen Geschäfts-

---

<sup>134</sup> Vgl. ERG (2007b): S.53f.

<sup>135</sup> Im Konsultationsverfahren kommentiert IPSphere, dass dies beispielsweise durch das IMS, Rufnummernübersetzung oder die Domain Name Service (DNS)-Funktionalität hervorgerufen werden kann, allerdings u.a. durch ausreichende Dimensionierung sowie Investitionsmöglichkeiten abgeschwächt werden könnte. In den im Rahmen dieser Studie geführten Diskussionen mit Regulierungsexperten, Netzbetreibern und Herstellern zeigte sich die wettbewerbspolitische Wichtigkeit einer logischen Trennung der Steuerungsfunktionen von Transport- und Diensteschicht. Denn eine Zentralisierung von Steuerungsfunktionen aller Schichten auf einer eigenständigen Steuerungsschicht, was ebenfalls diskutiert wurde, birgt erheblich mehr Potenziale für Essential Facilities und widerspricht auch dem Gedanken der Trennung von Transport und Dienst.

modelle, auf denen heute noch ein großer Teil des wettbewerblichen Umsatzes entfällt, würden dann entfallen (bzw. müssten auf VoIP migrieren)<sup>136</sup>.

Die tatsächlichen Implikationen sind wahrscheinlich in beiden Positionen verborgen, denn beide Argumentationsstränge haben ihre Berechtigung.

Im vorhergehenden Kapitel wurde die Frage aufgeworfen, ob die erwartete veränderte Architektur des NGN im Kernnetz und insbesondere die Schichtenteilung bewirken, dass sich die Dienstrealisierung signifikant verändert. Auf der einen Seite zeichnet sich ab, dass eine erweiterte „Netzintelligenz“ entsteht, mit der Dienste für den Nutzer verwaltet und seinem aktuellen Standortprofil entsprechend bereitgestellt werden. Dies würde in der Tat für eine Veränderung der Dienstrealisierung sprechen.

Auf der anderen Seite können die vom augenblicklichen Horizont erwarteten Dienste im NGN (Telefonie, Audio/Videostreaming) bereits heute schon (separat) mobil und fix angeboten werden und sind nicht vom Umstieg auf ein IMS-basiertes NGN abhängig. Insofern besteht die Chance des NGN vielmehr darin, durch Effizienzvorteile die Provisionierung von neuen Diensten zu vereinfachen und zwar besonders dann, wenn es sich um Konvergenz zwischen festen und mobilen Netzen handelt. Die relevanten Änderungen ergeben sich bei der Dienstrealisierung neben einer konvergenten Intelligenz wohl vor allem aus der Qualitätsdifferenzierung, was einerseits die technische Umsetzung und andererseits die adäquate Bepreisung des „mehr“ an Qualität betrifft. Dieser Aspekt wird in Kapitel 4 aufgegriffen. Jedoch kann nicht darüber hinweg gesehen werden, dass das Maß, in dem Realisierung von Qualität technologisch und ökonomisch sinnvoll ist, noch ungewiss ist.

In der Analyse wurde bei der Bereitstellung eines Dienstes zwischen integrierten Netzbetreibern (Dienst gebündelt mit Internetzugang) und Service Providern (nur der Dienst) unterschieden. Es wurde aber auch gezeigt, dass die Fragestellungen des Wholesale Access, die der **Netzbetreiber** adressieren muss, sich nicht durch die Migration zum NGN-Core verändern. Im Rahmen der Fokussierung dieser Studie wurde nicht auf passive Vorleistungen wie Unbundling und auch nicht auf die veränderte Anzahl von Zusammenschaltungspunkten eingegangen. Stattdessen wurde die Frage aufgeworfen, ob die Schichtentrennung im NGN sich möglicherweise in anderen Anforderungen an den Bitstromzugang widerspiegelt. Dies ist nicht der Fall. Die zu adressierenden Fragestellungen liegen daher im Bereich der Interconnection. Wünscht der Netzbetreiber Zugriff zum Kunden eines anderen Netzbetreibers ist er daher ähnlich positioniert wie der Service Provider.

---

<sup>136</sup> Es gibt durchaus auch Überlegungen, Preselection und Call by Call auch im VoIP Umfeld verpflichtend für die Teilnehmer vorzuschreiben, die an das Netz marktbeherrschender Netzbetreiber angeschlossen sind. Gründe hierfür mögen sein: Breite Einführung im Markt, Einfachheit der Bedienung (Zifferntastatur, kein PC erforderlich), Investitionssicherheit/ Bestandsschutz für bestehende Unternehmen, ...

Im Mittelpunkt aktueller Regulierungspolitik steht bislang das Verhältnis zwischen Netzbetreibern. Im NGN stellen sich neben den Fragen der Zusammenschaltung von Netzbetreibern besonders auch Fragen nach der Ausnutzung neuer Technologien durch reine **Service Provider**. Deren Kreativität und Innovationskraft könnte ganz neue Dienste und Produktivitätsvorteile für alle Wirtschaftszweige hervorbringen. Aus diesem Grund könnte es für den Regulierer durchaus Gründe geben, den nicht diskriminierenden Netzzugang für reine Service Provider sicherzustellen.

Dabei stellt sich die Frage, in welchem Umfang ein Netzzugang angemessen ist. In den letzten entwickelten Szenarien für Videostreaming stehen sich die Fälle des Service Providers mit reinem Betrieb der Anwendungsschicht einmal mit und einmal ohne Kooperation mit dem Netzbetreiber gegenüber. Sie stehen dabei stellvertretend für verschiedene Dimensionen des diskriminierungsfreien Zugangs. Im nichtkooperativen Fall (4) aus Abbildung 3-13 ist der Maßstab die nicht diskriminierende Behandlung von Best-Effort Verkehr durch den Netzbetreiber.<sup>137</sup> Im kooperativen Fall (3) aus Abbildung 3-13 sind es hingegen einerseits die Bereitstellung von QoS im Netz des Anschlussnetzbetreibers, und andererseits der Zugang zu den erweiterten Funktionen des IMS z.B. hinsichtlich Nutzerdatenverwaltung, Lokalisierung, Datenaufbereitung je nach aktuell genutztem Endgerät. Grundsätzlich muss dabei auch berücksichtigt werden, dass eine Zahlungsbereitschaft für QoS-differenzierende Vorleistungen erst dann entsteht, wenn die Best-Effort Verkehrsklasse „schlecht genug“ ist. Hier ergeben sich also wiederum Anreize für den Netzbetreiber, den Best-Effort Verkehr schlechter zu stellen.

Insgesamt scheint es, als implizierten die Kernnetzänderungen zwar auch Auswirkungen auf den direkten Wettbewerb zwischen den Breitbandanbietern. Vielmehr scheint jedoch das grundsätzliche Verhältnis zwischen Netzbetreibern und Service Providern in Bewegung zu geraten. Hier ist denkbar, dass andere Formen von Wholesalediensten entstehen, welche die neue Netzintelligenz ausnutzen. Es stellt sich dabei besonders die Frage, ob auch die Einbindung externer Application Server direkt auf die Dienste-schicht des (anderen) Netzbetreiber verpflichtend auferlegt werden könnte und ob dafür eine Form von strategischer Marktmacht festgestellt werden müsste.

Von Bedeutung erscheint das potenzielle Problem der diskriminierenden Verschlechterung der Qualität des Best-Effort Verkehrs durch den Netzbetreiber. Die Regulierung könnte eine Verpflichtung zur Nichtdiskriminierung gegenüber Netzbetreibern mit strategischer Marktmacht aussprechen. Ob dies ex-ante oder ex-post geschehen sollte, ist eine schwierige Entscheidung. Da die Problematik in Deutschland und Europa zum jetzigen Zeitpunkt weder die Präsenz noch die Emotionalität der Diskussion in den USA erreicht hat und grundsätzlich das Wettbewerbsumfeld in Europa stärker ist, könnte

---

**137** „...network operators [...] intentionally (and perhaps selectively) degrade the performance of their best efforts services (either by intentionally crippling them or equivalently failing to obtain necessary capacity upgrades).“ Marcus / Elixmann / Carter et al (2008): S. 123.

eine abwartende Haltung gerechtfertigt sein.<sup>138</sup> Netzbetreiber ohne strategische Marktmacht könnten einer symmetrischen Regulierung unterworfen werden und als letztes Mittel könnte der Regulierer selbst Verkehrsklassen vorschlagen, oder Mindestanforderungen stellen, wenn es keine andere Möglichkeit gibt, um adäquate Dienstqualität für Endnutzer sicherzustellen. Dabei sollte die Art und Weise der Qualitätsrealisierung jedoch dem Netzbetreiber überlassen werden.<sup>139</sup>

Ob man strategische Marktmacht, die eine neue Form von Zugangsverpflichtung mit Qualitätsdifferenzierung nach sich ziehen könnte, auch im allgemeinen Verhältnis von allen Netzbetreibern und Service Provider finden kann, lässt sich aus heutiger Sicht nicht abschließend beantworten. Die Regulierung muss daher die aufgezeigten Indikatoren für Bottlenecks beobachten, um ggf. Maßnahmen zu ergreifen. Die Rechtfertigung dafür ergibt sich aus dem möglicherweise festzustellenden volkswirtschaftlichen Nutzen, der verloren geht, wenn die NGN-Welt die Entfaltung des Innovationspotenzials der reinen Service Providern durch geschlossene Schnittstellen und Essential Facilities bei der Provisionierung unterbindet. Hier bietet sich generell noch Forschungsbedarf, um den volkswirtschaftlichen Nutzen einschätzen zu können, der durch Breitband allgemein, durch die Offenheit des Internetansatzes und durch die Wahlmöglichkeiten der Kunden generiert wird.

---

<sup>138</sup> Vgl. Marcus / Elixmann / Carter (2008): S. 96.

<sup>139</sup> Vgl. ERG (2008): S. 14f.

## 4 Qualitätsrealisierung und Probleme der Kostenallokation

In einem konvergierten All-IP Netz mit verschiedenen Diensten auf einer Plattform muss eine je nach Verkehrsklasse unterschiedlich definierte Qualität gewährleistet werden, und Best-Effort Verkehr darf anspruchsvolleren Sprachverkehr weder im Access noch im Backbone verdrängen. Darüber hinaus muss der Netzbetreiber sicherstellen, dass in Krisenlagen bestimmter Verkehr priorisiert übertragen werden kann<sup>140</sup>. Eine Herausforderung ist daher die Gewährleistung von Quality of Service innerhalb und vor allem über Netzgrenzen hinweg. Damit verbunden ist auch die Frage, ob der Regulierer Wholesaleangebote mit garantierten Verkehrsklassen vorschreiben muss.

In diesem Kapitel wird mit der Kostenallokation jedoch ein anderer Aspekt der Qualitätsdifferenzierung aufgegriffen. Neben der Fähigkeit zur Bereitstellung unterschiedlicher Qualitätsklassen ist es ebenfalls notwendig, diese Differenzierung auch abrechnen zu können, denn nur so kann Nutzerverhalten nach ökonomischen Prinzipien gesteuert werden. Dies bedeutet, die *Zusatzkosten* für die Bereitstellung von Qualität identifizieren und zuordnen zu können, und über die verschiedenen Qualitätsklassen ein gemeinsames Verständnis zwischen allen Netzbetreibern herbeizuführen. Neben dem Interesse der Netzbetreiber, ihre Netzinvestitionen zu optimieren, spielt diese Kostenallokation eine wesentliche Rolle bei der Bestimmung der Preise von Vorleistungen im NGN. Dies bezieht sich sowohl auf Bitstrom Zugang als auch auf Interconnection sowie ggf. auf zukünftige Varianten von Vorleistungen, bei denen ebenfalls eine verursachungsgerechte Kostenverteilung auf die Dienste als Basis der (regulierten?) Preisgestaltung gefordert ist.

Das Ziel muss also sein, die Zusatzkosten der Bereitstellung von Qualität den jeweiligen anspruchsvolleren Verkehren adäquat zurechnen zu können. Diese Zusatzkosten können resultieren aus

- zusätzlicher bereitgestellter Kapazität (größere Netzdimensionierung)<sup>141</sup> und
- zusätzlichen Verkehrsmanagementsystemen (Warteschlangentechniken erfordern höhere Rechenkapazität der Routerprozessoren. Dies kann wiederum zu steigenden Paketlaufzeiten führen, die ggf. durch Techniken wie MPLS<sup>142</sup> auszugleichen wären). Dazu können weitere Verfahren des Traffic Engineering eingesetzt werden.

---

**140** So heißt es im Telekommunikationsgesetz (TKG) Abschnitt 3, § 109: "Wer Telekommunikationsanlagen betreibt, die dem Erbringen von Telekommunikationsdiensten für die Öffentlichkeit dienen, hat darüber hinaus bei den zu diesem Zwecke betriebenen Telekommunikations- und Datenverarbeitungssystemen angemessene technische Vorkehrungen oder sonstige Maßnahmen zum Schutze gegen Störungen, die zu erheblichen Beeinträchtigungen von Telekommunikationsnetzen führen, und gegen äußere Angriffe und Einwirkungen von Katastrophen zu treffen".

**141** Siehe Anell / Jay / Plückebaum (2007): S.38-49 für eine tiefere Beschreibung der Dimensionierung von Kommunikationsnetzen.

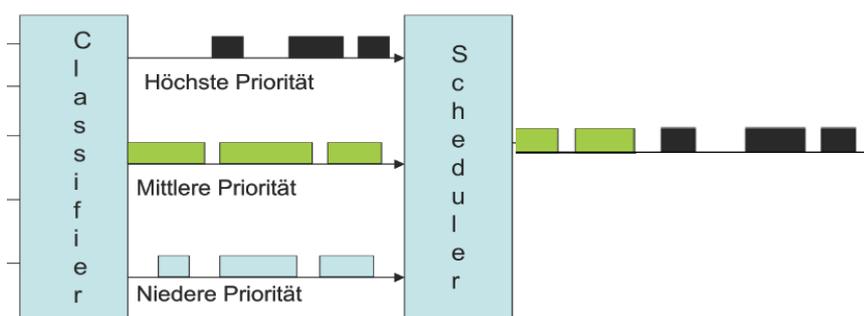
**142** MPLS – Multi Protocol Label Switching

Die wesentlichen Strategiealternativen Überdimensionierung, Verkehrspriorisierung und Kapazitätsreservierung, welche zur Gewährleistung der notwendigen Qualität für die verschiedenen Verkehrsklassen (gängigerweise Best Effort-, Echtzeit-, Streaming- und Datendienste)<sup>143</sup> eingesetzt werden, unterscheiden sich in diesen beiden Punkten.

Somit hat die Wahl der Strategie direkten Einfluss auf die Zusatzkosten der Qualitätsdifferenzierung. Ihre technische Realisierung wird an dieser Stelle nur in dem Rahmen beschrieben, der für die Ableitung von Kostenallokationsimplikationen nötig ist.<sup>144</sup>

- Überdimensionierung: Bereitstellung von soviel Kapazität auf Übertragungswegen und Routern, dass die kritischen Verkehre auch zu Zeiten hoher Netzauslastung nicht bzgl. ihrer Laufzeit etc. beeinträchtigt werden (und Paketverluste folgerichtig auch nicht auftreten können). Die Kapazitäten orientieren sich damit an den Anforderungen des hochwertigsten Dienstes, werden dann aber allen Diensten ohne Differenzierung bereitgestellt. Die Kosten bestimmen sich durch die nötige Gesamtdimensionierung des Netzes hinsichtlich Kapazitäten und Laufzeiten.
- Verkehrspriorisierung: (Zeit-)kritischem Verkehr wird über priorisierte Warteschlangensysteme ein Vorzug vor weniger kritischem Verkehr gegeben (Abbildung 4-1). Die Kosten sind bedingt durch die Einführung eines Verkehrsmanagementsystems, was u.a. eine höhere Prozessorkapazität der Router erfordert, sowie die Gesamtdimensionierung des Netzes.

Abbildung 4-1 Verkehrspriorisierung



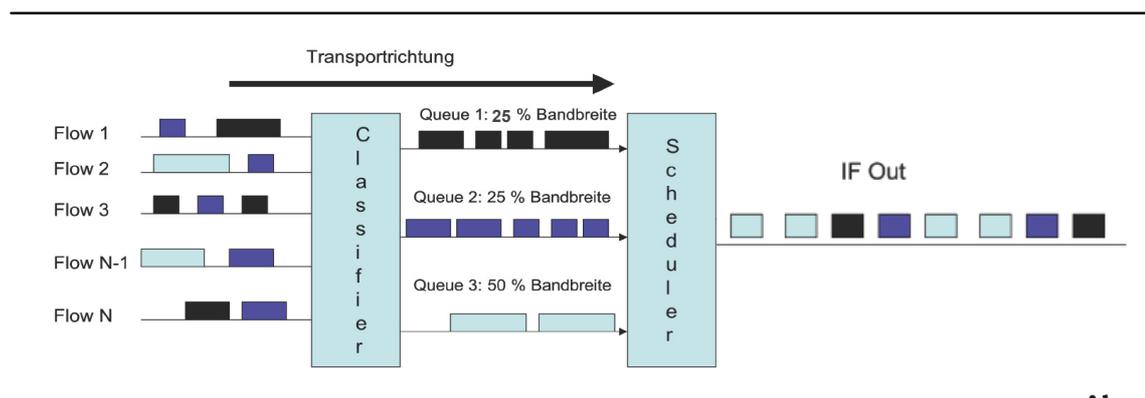
Quelle: in Anlehnung an Hein (2006): S.33.

<sup>143</sup> Vgl. Berg/Eickers/Eilers et al. (2006): S.15.

<sup>144</sup> Vgl. für eine detaillierte Beschreibung z.B. Hackbarth / Kulenkampff (2006): S. 43-48.

- Kapazitätsreservierung: Unterschiedlichen Verkehrsklassen werden definierte Kapazitäten zugewiesen. Dies geschieht entweder durch Führung in getrennten Tunneln (Verkehrstrennung) mit definierter Bandbreite, oder durch Gewichtung der priorisierten Warteschlangen in Abhängigkeit von der zugeordneten Bandbreite (Weighted Fair Queuing). Die Kosten sind bedingt durch das Verkehrsmanagementsystem und die Gesamtdimensionierung des Netzes.

Abbildung 4-2 Weighted Fair Queuing



Quelle: Hein (2006): S. 38f. (Gewichtung der ersten Schlange im Vergleich zum Original geändert).

Die Vor- und Nachteile ihrer technischen Implementierung sind in Tabelle 4-1 abgebildet (zum Teufelskreisproblem der Überdimensionierung siehe Fußnote<sup>145</sup>).

**145** Die Ambivalenz der Flexibilität / Skalierbarkeit bei der Strategie der Überdimensionierung in Tabelle 6 ergibt sich aus dem „Teufelskreis der Bandbreitenerhöhungen“: „Das unkontrollierte Verbessern der Performance sämtlicher Anwendungen kann dazu führen, dass die Endkunden noch mehr Freizeitapplikationen [Best Effort-Dienste] benutzen. Mit der Folge steigenden Ressourcenbedarfs, der schneller wächst als jener Verkehr, der durch die kritischen Anwendungen erzeugt wird. Deren Performance wird erheblich beeinträchtigt, was wieder zu einem nochmals höheren Bandbreitenbedarf führt [...]“, Sellin (2008): S.35f. Die Abbildung findet sich im Anhang A.

Tabelle 4-1 Technische Vor- und Nachteile von Überdimensionierung, Verkehrspriorisierung und Kapazitätsreservierung zur Gewährleistung von Qualität

	Überdimensionierung	Verkehrspriorisierung	Kapazitätsreservierung
<b>Dimensionierung des Netzes</b>	-- erfordert am meisten Kapazität	++ erfordert am wenigsten Kapazität	+
<b>Komplexität der Implementierung</b>	++ simpel	+	-- schwierig
<b>Flexibilität / Skalierbarkeit</b>	++ / -- Weiterausbau einfach / Teufelskreisproblem	+	-- Aufgrund der Komplexität schwierig
<b>Sicherstellung der Qualität für höherwertige Dienste</b>	-- Nicht gewährleistet	+	++ Statistisch / beim Einsatz von RSVP auch deterministisch gewährleistet

++ starker Vorteil, + Vorteil, -- starker Nachteil.

RSVP – Resource Reservation Protocol

Im Folgenden widmen wir uns den Implikationen für die Kostenallokation.<sup>146</sup>

In der Vergangenheit zielten Studien besonders auf die Integration von Sprache ins Breitbandnetz ab. Aus diesem Grund wurde die gemeinsame Bereitstellung von Best Effort und Echtzeitverkehr mit besonderem Blick auf VoIP analysiert, womit implizit geringe Bandbreitenerfordernisse der Echtzeiddienste unterstellt werden.<sup>147</sup> Dabei wurde gezeigt, dass die Integration von Echtzeiddiensten unter bestimmten Bedingungen begünstigt wird.<sup>148</sup> Dies ist dann der Fall, wenn zum einen die Verkehrsanteile von Best Effort-Verkehr im Verhältnis zu höherwertigem Verkehr sehr hoch sind. Wenn zum anderen die Bandbreitenanforderungen aller Verkehre insgesamt hoch, die der höherwertigen Verkehre jedoch verhältnismäßig klein sind, dann profitiert die Integration von Echtzeiddiensten vom hohen Best-Effort Anteil. Es resultiert daraus eine deutlich geringere Dimensionierungsanforderung als bei umgekehrten Konstellationen. Eine solche Situation liegt heute im Verhältnis von VoIP zum restlichen Best-Effort Verkehr vor. Insgesamt fokussieren wir uns auf die Fragen der Kostenallokation und blenden die Dimensionierungskalküle selbst weitgehend aus. In anderen Studien wird dies mit dem Aufbau von Kostenmodellen tiefer analysiert.<sup>149</sup>

Grundsätzlich erscheint der Bedarf nach Qualitätsdifferenzierung im Kernnetz wesentlich weniger dringend als im Aggregations- und im Anschlussnetz, weil das Ausbauen der Kapazitäten einfacher zu bewerkstelligen ist. Da in der Regel auf Backbonestrecken

<sup>146</sup> Siehe zu den folgenden Ausführungen besonders Berg/Eickers/Eilers et al. (2006): S.15 sowie 64-70.

<sup>147</sup> Vgl. Bundesnetzagentur (2008a): S.66.

<sup>148</sup> Vgl. im folgenden Hackbarth / Kulenkampff (2006): S. 44f.

<sup>149</sup> Zur Fragestellung der Dimensionierung und Kostenzuordnung stellen Rodriguez de Lope / Hackbarth / Garcia et al (noch nicht veröffentlicht) ein Kostenmodell vor, dass einen elementorientierten Ansatz verfolgt, der die QoS-Klassen verschiedener Dienste in die Kostenkalkulation mit einbezieht. Siehe auch Rodriguez de Lope / Hackbarth (noch nicht veröffentlicht).

noch viel unbeschaltete Glasfaser, sowie Leerrohre ohne Fasern verfügbar sind und auch die vorhandenen Fasern durch den Einsatz von Wellenlängen-Multiplexsystemen (WDM) noch deutlich intensiver ausgenutzt werden können, sind die Stufen der Kostenfunktion beim Kapazitätsausbau (Beschaltung von Fasern, Einblasen von neuen Faserbündeln in Leerrohre, Einsatz von WDM) ungleich flacher als die beim kompletten Neuausbau mit entsprechenden Tiefbaumaßnahmen, wie sie in Aggregations- und besonders in Anschlussnetzen der Fall sind. Insofern ergibt sich nur ein geringer Druck auf (Kern-)Netzbetreiber, komplexere Mechanismen zur Qualitätsdifferenzierung zu implementieren.

#### 4.1 Kostenallokation bei Überdimensionierung

Bei der Überdimensionierung müssen die Kapazitäten des Netzes so ausgelegt werden, dass zur Spitzenlastzeit regelmäßig nur 80% der Kapazitäten ausgelastet werden. Problematisch dabei ist jedoch, dass sich die Belastungskurve nicht nur im Tagesablauf, sondern auch über die Woche und den Monat gesehen verändert (z.B. Rückgang der Last im Sommer). Insgesamt steigt das Verkehrsaufkommen stetig an.

Es stellt sich die Frage, auf welche Weise die Kosten der Überdimensionierung auf Best-Effort und Echtzeitdienste aufgeteilt werden sollen. Zwei Argumentationen stehen zur Debatte:<sup>150</sup>

- Die Überdimensionierung erfolgt nur, um die adäquate Bereitstellung der Echtzeitdienste zu gewährleisten, daher müssen diesen auch die Kosten zugerechnet werden.<sup>151</sup>
- Im Überlastfall kann dennoch nicht sichergestellt werden, dass ausreichend Kapazität für Echtzeitdienste zur Verfügung steht. Echtzeitdienste ziehen daher möglicherweise keinen Nutzen aus dieser Qualitätssicherungsstrategie. Zudem werden die Kosten der Überdimensionierung ganz wesentlich von den hohen Mengen niederpriorer Daten und ihres Peak-Verhaltens bestimmt – und es kommen diese Anwendungen auch in den Genuss hoher Qualität. Daher sollten die Kosten der Überdimensionierung nicht allein von Echtzeitdiensten getragen werden, weil mit Hinblick auf stetig wachsende Verkehrsmengen keine Äquivalenz zwischen Nutzen und Kosten gewährleistet ist.

Die Kosten der Netzdimensionierung werden wesentlich durch den Kapazitätsbedarf zur Spitzenlastzeit bestimmt. Folglich käme für eine Aufteilung der kapazitätsorientierten Kosten eine anteilige Umlage der Verkehrsvolumina der einzelnen Dienste zur Spitzenlastzeit in Betracht. Die Kosten für die entsprechende Netzdimensionierung sind

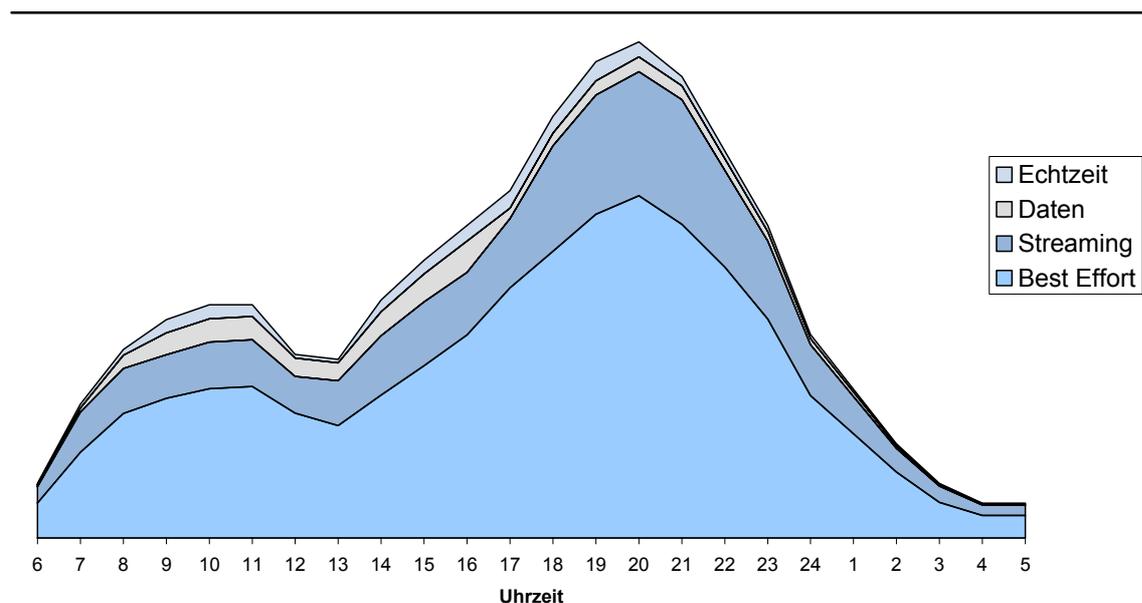
---

<sup>150</sup> Vgl. Bundesnetzagentur (2008a): S. 67.

<sup>151</sup> Unter anderem auch Position des Telecom e.V., siehe Bundesnetzagentur (2008b): S. 4.

dann anhand der Verkehrsanteile in der High Load Period (vgl. Abbildung 4-3) auf die Dienste zu verteilen. IPTV / VoD durch integrierte Netzbetreiber fällt in dieser Abbildung in die Streamingklasse, während Videostreaming durch Drittanbieter sowie Peer-to-Peer Verkehr als Best-Effort Verkehr eingestuft wurde.

Abbildung 4-3 Aggregiertes Verkehrsaufkommen unterschiedlicher Klassen im Tagesablauf (rein indikativ)



Es ist möglich, dass die Spitzenzeit von Best-Effort und höherwertigem Verkehr zeitlich auseinander fällt und der Umfang z.B. von VoIP zur Hauptlastzeit am Abend im Vergleich zum Best-Effort Verkehr eine deutlich untergeordnete Rolle spielt. Möglicherweise reicht bereits die durch den Best-Effort Spitzenverkehr erzwungene Dimensionierung aus um eine adäquate Überdimensionierung für den Rest des Tages zu erzeugen. In diesem Fall wäre es daher wiederum problematisch, die Zusatzkosten für eine höhere Qualität zu bestimmen, da die Netzdimensionierung rein vom Best-Effort Verkehr getrieben wird.

## 4.2 Kostenallokation bei Verkehrspriorisierung

Die Verkehrspriorisierung als Qualitätsdifferenzierungsstrategie wird mittelfristig als meist geeignete Variante zur Realisierung von Quality of Service innerhalb und über Netzgrenzen hinweg angesehen.<sup>152</sup> Im Gegensatz zur Überdimensionierung kann die Verkehrspriorisierung (wenn auch nur statistisch und nicht deterministisch) auch bei

<sup>152</sup> Vgl. Hackbarth / Kulenkampff (2006): S. 48.

Überlast die Qualität von höherwertigen Diensten gewährleisten. Es ist insbesondere bei Echtzeitdiensten des Typs VoIP davon auszugehen, dass der „Integrationsgewinn“ im Falle der Verkehrspriorisierung bei hohem Anteil von Best-Effort Verkehr noch höher ist als bei Überdimensionierung.<sup>153</sup> Dieser Integrationsgewinn entsteht durch Economies of Scale, unterschiedliche Zeiten der Spitzenauslastung von Best-Effort und VoIP sowie durch eine Reduktion der Wartezeiten.<sup>154</sup> Identifiziert man daher bei gegebenen Verkehrsmengen die Kosten von VoIP allein auf Basis der direkt zurechenbaren Elemente (und erhält z.B. fiktive 10c pro kbps), so unterschätzt man die tatsächlichen Kosten bei verursachungsgerechter Allokation. Man muss also den Integrationsgewinn bei der Kostenallokation berücksichtigen, denn nur durch die gemeinsame Führung von VoIP und Best-Effort und zu Lasten des Letzteren kommen die fiktiven 10c pro kbps erst zustande. Der VoIP Verkehr müsste bei adäquater Zuweisung daher teurer sein.

„Dies könnte dazu führen, dass ein Betreiber vor allem im BAN-Bereich [Broadband Access Netz] einen Integrationsgewinn erzielt, der durch die Kapazitäten eines Wholesale Best Effort Dienstes ohne QoS-Garantie entsteht. Er wäre dann in der Lage, selbst QoS-Dienste zu einem geringeren Preis anzubieten, im Gegensatz zu einem Betreiber, der nicht über ein BAN verfügt und damit QoS lediglich durch Überdimensionierung erzielen kann.“<sup>155</sup>

Auch in diesem Fall könnten die Verkehrsanteile zur Spitzenlastzeit herangezogen werden, um die Kosten auf die Dienste aufzuteilen.

### 4.3 Kostenallokation bei Kapazitätsreservierung

Weil die Verkehre im Falle der Verkehrstrennung je nach Klasse getrennt geführt werden, können die kapazitätsbedingten Kosten eindeutig den Verkehrsklassen zugeordnet werden. In diesem Fall ist die Kostenallokation also am eindeutigsten. Jedoch ist die Implementierung einer Kapazitätsreservierung selber mit umfangreichen Nachteilen (siehe Tabelle 4-1) verbunden, die einen tatsächlichen, weitflächigeren Einsatz als für VPN-Dienste (die insgesamt nur einen geringen Anteil am Verkehrsvolumen haben), sehr unwahrscheinlich machen.

---

<sup>153</sup> Vgl. Hackbarth / Kulenkampff (2006): S. 68. Hackbarth / Rodriguez de Lope / Kulenkampff (2008): S.16.

<sup>154</sup> Vgl. Hackbarth / Kulenkampff (2006): S. 68f.

- Economies of Scale: VoIP bedingt nur geringe Zusatzkapazitäten gegenüber dem großen Anteil an Best-Effort Verkehr.
- Die Hauptbelastungszeiten für VoIP liegen im Tag zeitlich vor dem Gipfel des Best-Effort Verkehrs am Abend.
- Reduktion der Wartezeiten: Für die hohen Gesamtbandbreiten des Best-Effort Verkehrs muss die Netzinfrastruktur entsprechend dimensioniert werden (Bandbreite sowie Prozessorgeschwindigkeit der Router), was den VoIP Diensten ohne Zusatzkosten zu Gute kommt.

<sup>155</sup> Bundesnetzagentur (2008): S. 69.

Wird anstelle von Verkehrstrennung auf Weighted Fair Queuing gesetzt, werden aus Sicht der Qualitätsdifferenzierung die Vorteile von priorisierten Warteschlangen und reservierten Kapazitäten vereint. Beim Weighted Fair Queuing wird für jede Verkehrsart eine bestimmte Bandbreite zur Verfügung gestellt sowie eine Priorisierung vorgenommen. Sofern eine Klasse zu einem gegebenen Zeitpunkt keinen Verkehr aufweist, kann ihre Bandbreite von anderen Klassen genutzt werden, und zwar mit Zugriffsrecht basierend auf der Prioritätenverteilung. Sofern gerade Verkehr einer Klasse vorliegt, steht ihr jedoch immer die definierte Mindestbandbreite zur Verfügung. In Abbildung 4-2 wird deutlich, dass nacheinander die Reihen entsprechend ihrer Kapazität abgearbeitet wurden. Zuerst wurden je ein Paket aus Priorität 1 und Priorität 2 (schwarz und dunkelblau) weitergeleitet. Danach wurden 2 Pakete der Priorität 3 weitergeleitet (doppelt so viel Bandbreite wie bei den anderen Klassen).

Auch beim Weighted Fair Queuing können die reservierten Bandbreiten jeweils als Basis für die Kostenallokation herangezogen werden. Es stellt sich die Frage, wie die flexiblere Handhabung der reservierten Kapazität im Vergleich zur Verkehrstrennung in die Kostenallokation einfließen soll. Beispielsweise möge sich kostenrechnerisch auf Basis der reservierten Kapazitäten ein Preis von 5c pro kbps für Best Effort Verkehr und 15c pro kbps für Echtzeitverkehr ergeben haben. In dem Moment, wo Best Effort Verkehr Bandbreiten von Echtzeitverkehr mitbenutzt, erscheint es nicht zweckmäßig, diese Verkehrsanteile mit 15c pro kbps zu bepreisen. Vielmehr stünde allenfalls zur Disposition, die ex-ante bestimmten Kosten von Best Effort als Deckungsbeitrag den Kosten für Echtzeitverkehr wieder gut zu schreiben.

#### **4.4 Zusammenfassung**

Es wurde gezeigt, dass die adäquate Allokation der zusätzlichen Kosten für die Bereitstellung von Quality of Service mit Problemen verbunden ist. So stellt sich die Frage nach der gerechten Aufteilung stets neu in Abhängigkeit vom konkreten Lastprofil, das für die Dimensionierung verwendet wird, und von der eingesetzten Realisierungsstrategie. Dabei stehen sich zumeist mehrere Ansätze zur Allokation mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen gegenüber.

Derzeit scheint die Verkehrspriorisierung und der Einsatz von Weighted Fair Queuing der vielversprechendste Weg zur Qualitätsdifferenzierung im NGN zu sein. Die Regulierung muss bei ihren Entscheidungen das Preisgefüge aus Best-Effort und qualitätsdifferenzierter Vorleistung auf Wholesale- und Retailebene berücksichtigen, um markt-machtbezogene Wettbewerbsvorteile zu identifizieren und ihnen entgegenzuwirken.

## 5 Abschließendes Fazit

Die Architektur des NGN wurde ausführlich mit der Herleitung wahrscheinlicher Geschäftsmodelle verknüpft, um potenzielle Bottlenecks in unterschiedlichen Anwendungsfällen und Geschäftsmodellszenarien identifizieren und soweit möglich konkretisieren zu können. Im NGN-Core betreffen die kritischen Fälle vor allem die Gesprächsterminierung, den Zugang von Service Providern auf Steuerungsfunktionen des IMS und Quality of Service sowie allgemein die Handhabung von QoS bei der IP-Zusammenschaltung.

Die angeführten Argumente für und gegen das Aufkommen von Wettbewerbsbeeinträchtigung aus den Stellungnahmen zum ERG-Papier haben ihre Berechtigung. Allerdings geschieht das Abwägen vor dem Hintergrund eines wenig konkreten Implementierungsrahmens. Es ist absehbar, dass der konkrete Umbau der (Kern-) Netze zum NGN nicht vollständig anhand der ITU-Standards erfolgen wird. Stattdessen werden die Netzbetreiber sich wohl an den zu erarbeitenden Vorgaben von ETSI/3GPP orientieren, aber selbst dann wird es in der Praxis wohl in den wenigsten Fällen zu einer vollständigen Umsetzung kommen. Folglich gibt es sehr wahrscheinlich kein harmonisiertes NGN, sondern verschiedene Ausprägungen einer NGN-Architektur mit der möglichen Folge von „vendor specificities“, d.h. fehlender Interoperabilität.

Bei der Analyse von Implikationen der Migration zu NGNs für die Regulierung müssen noch weitere zwei Aspekte berücksichtigt werden, nämlich der Umfang vertikaler Integration im NGN und die Durchdringung des NGN/IMS-Modells in der Zukunft.

Zum einen stellt sich die Frage, in welchem Umfang **vertikale Integration** in einer NGN-Welt präsent sein wird. Strukturelle Nachteile könnten sich allein daraus ergeben, dass ein identischer Dienst nicht vom integrierten Anschlussnetzbetreiber angeboten wird, sondern von einem in einem anderen Netz angesiedelten Service Provider (längerer Transportweg, wohlmöglich ohne Kontrolle von QoS-Parametern). Ob sich daraus Wettbewerbsbehinderungen ableiten lassen, hängt wohl in großem Maße von der QoS-Sensibilität zukünftiger Dienste, deren Marktdurchdringung und der Substituierbarkeit ab. Das Maß, in dem Netzbetreiber in der Lage sind, Walled-Gardens zu errichten und andere Dienstleister vom Zugang zu ihrem Dienstangebot auszugrenzen hängt sicherlich auch entscheiden von den Kundenbedürfnissen und deren Nachfragermacht ab. Es ist durchaus denkbar, dass sich Modelle mit Premium- und niedrigerer Qualität, z.B. für einen Telefondienst herausbilden. Genauso vorstellbar ist aber auch, dass gerade im Massenmarkt kein Platz für Premiumdienste ist und / oder dass die Kunden bei zu großen Einschränkungen ihrer Service Provider Selektion den Netzbetreiber wechseln. Insofern ist der Erfolg von Walled Garden Strategien und Lock-In Bestrebungen wie die selektive Herabsetzung der Qualität von konkurrierenden Diensten auch davon abhängig, wie leicht die Konsumenten ihren Anbieter wechseln können.

Zum anderen ist grundsätzlich offen, wie groß die **Durchdringung bzw. die Dominanz des hier skizzierten NGN/IMS-Modells** ist. Dies gilt einerseits für den Umsetzungsgrad des IMS als Architektur für die Diensteschicht, welche offenbar zumindest in Europa die dominante Strategie der Incumbents zu sein scheint. Zum anderen gilt dies für die Implementierung von differenzierten Verkehrsklassen, welche bislang noch auf sich warten lässt. Vorstellbar ist, dass es in Zukunft drei Gruppen von Netzbetreibern gibt, die dadurch charakterisiert werden, wie sie Quality of Service bereitstellen (siehe Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1 Charakterisierung zukünftiger Netzbetreibervarianten anhand ihres Umgangs mit Quality of Service

Anbietertyp	Nur Best Effort	Generisches QoS	NGN mit IMS
QoS-Maßnahmen auf IP-Ebene (Transportschicht)	Keine	DiffServ, Traffic engineering, Überdimensionierung	DiffServ, Traffic engineering, QoS durch Priorisierung/Reservierung?
Einbezug von Intelligenz der Diensteschicht	Keine	Keine	Ja

Es ist wahrscheinlich, dass das NGN/IMS-Modell sich in seiner Gänze nur dann gegenüber herkömmlicher QoS-Realisierung behaupten kann, wenn dies Endkunden und Vorleistungsnachfragern einen Mehrwert bietet, der preislich/kostenseitig vermarktbar bleibt. Kurz: Die über das IMS-basierte NGN-Modell ausgelieferten Dienste müssen „besser“ sein als die rein über das Internet ausgelieferten, und die Endkunden müssen bereit sein, dafür zu zahlen.

Um die Vorteile der NGN/IMS-Implementierung wahrnehmen zu können, scheint es nötig, ein breites Dienstespektrum direkt (vertikale Integration) oder indirekt (in unterschiedlichen Kooperationsformen mit anderen Service Providern) zu generieren. Einige Akteure werden vor diesem Hintergrund voraussichtlich ihre Dienste mit einer weniger komplexen Softswitch-Architektur erbringen können. Dass die großen, infrastrukturestützten Incumbents und Wettbewerber auf eine NGN/IMS-Architektur setzen werden, kann nur vermutet werden und hängt in entscheidendem Maße von der Generierung neuer Dienste und dem Selbstverständnis der Netzbetreiber ab. Zurzeit scheint es vielmehr so, als würden die Netzbetreiber weder eine ausgeprägte QoS-Realisierung, noch eine vollständige Implementierung des NGN / IMS Konzeptes anstreben. Dennoch scheint nach Aussagen der Netzbetreiber das IMS als das dominante Leitmodell für die Realisierung der Steuerungsfunktionen der Diensteschicht zu gelten.

Der Netzzugang auf der Transportschicht bedarf in erster Linie standardisierter Verkehrsklassen, um netzübergreifend Qualität sicherstellen zu können. Nur auf diese Weise können anspruchsvolle Dienste, die nicht im Netz des Anschlussnetzbetreibers des Endkunden originieren, erbracht werden. Jedoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass z.B. im Falle von IPTV bislang zwar viele Aktivitäten, aber nur ausgewähl-

ter Erfolg zu verbuchen ist. Und mit Blick auf das Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zur IP-Interconnection ist eine faktische Abgrenzung anhand von Qualitätsmerkmalen von Voice over Broadband und Voice over Internet bislang nicht feststellbar. Gleichmaßen wird in anderen Studien argumentiert, dass Best-Effort basierte Dienste stets eine Alternative darstellen<sup>156</sup>. Dort wird gezeigt, dass differenzierte QoS über Netzgrenzen zwar seit langem möglich ist, aber nicht umgesetzt wird. Insofern könnte die Risikowahrnehmung der Netzbetreiber eine Überdimensionierungsstrategie trotz ihrer Nachteile weiterhin vorteilhafter beurteilen. Wie im Verlauf der Analyse in Kapitel 3 dargelegt, gilt es dann sicherzustellen, dass der Best-Effort Verkehr des Service Providers nicht schlechter gestellt wird als der des Netzbetreibers.

Es ist also nicht eindeutig, dass ohne externen Druck standardisierte Verkehrsklassen über Netzgrenzen zum Einsatz kommen. Es stellt sich allerdings die Frage, ob es den Regulierungsbehörden überhaupt obliegen sollte, solche Klassen zu definieren. In Deutschland wurde bspw. jüngst in der Entscheidung zum IP-Bitstrom nur eine Mindestqualität, die den Einsatz von VoIP ermöglicht festgeschrieben, nicht jedoch die tatsächliche Ausprägung von Grenzen der Verkehrsparameter ausgesprochen.

Aus den angeführten Gründen können mögliche Bottlenecks und die Argumente für und gegen das Aufkommen nur auf einer funktionell theoretischen Ebene erarbeitet, jedoch nicht abschließend beurteilt werden. Die Regulierung muss daher die identifizierten Schnittstellen und Problemfelder im Auge behalten, um etwaige entstehende Marktmacht und ggf. Verletzungen einer - wie auch immer definierten - Netzneutralität entgegenzuwirken. In dem Maße, in dem die Implementierung von IMS-basierten NGN-Architekturen konkreter wird, muss dann das Aufkommen möglicher Bottlenecks beobachtet werden. Besonders das Verhältnis von Service Provider und Netzbetreiber bedarf in Zukunft weiterer Aufmerksamkeit.

Hinsichtlich der Fragen zur Netzneutralität wird in Kürze ein weiterer Diskussionsbeitrag des WIK erscheinen.<sup>157</sup> In kürzerer Form wurde des Weiteren auf die bevorstehenden Probleme der adäquaten Allokation von Zusatzkosten der Qualitätsdifferenzierung eingegangen. Diese Problematik wird insbesondere die Vorleistungspreisbestimmung beeinflussen, adressiert aber auch Grundsatzfragen der Netzwerkplanung in einer All-IP Welt. In diesem Zusammenhang werden gegenwärtig Arbeiten durchgeführt, die versuchen, die Implikationen über eine Kostenmodellierung zu konkretisieren.<sup>158</sup>

---

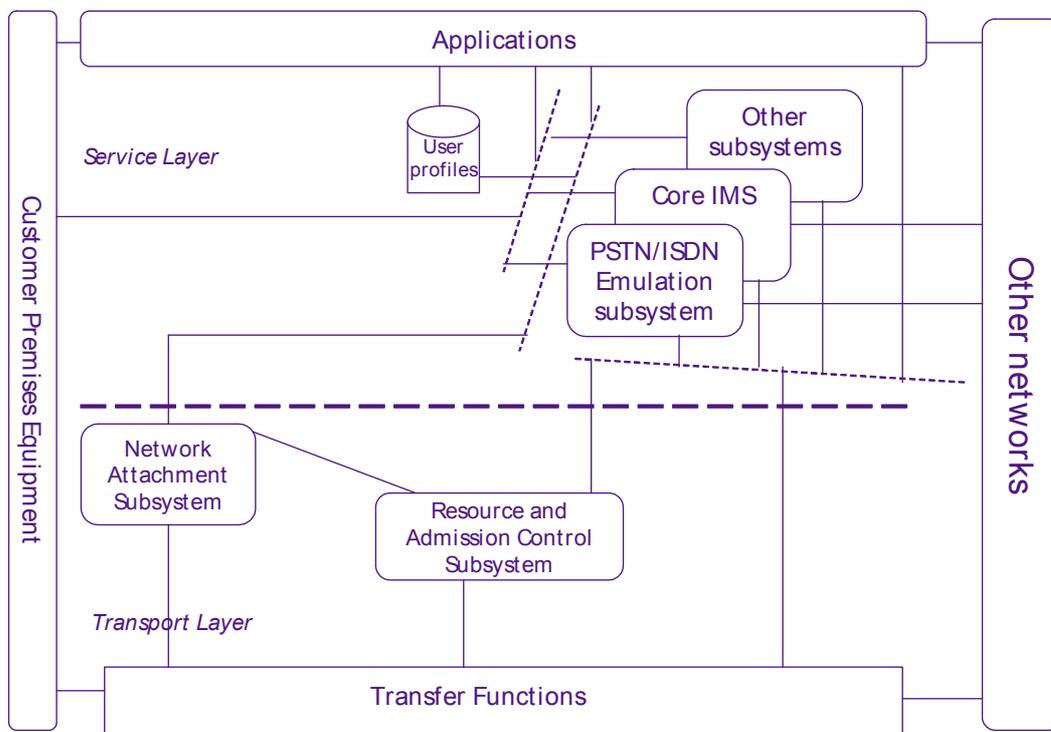
<sup>156</sup> Marcus / Elixmann / Carter (2008): S. 122f.

<sup>157</sup> Carter / Marcus / Wernick (noch nicht erschienen).

<sup>158</sup> Siehe Rodriguez de Lope / Hackbarth (noch nicht veröffentlicht) und Rodriguez de Lope / Hackbarth / Garcia et al (noch nicht veröffentlicht).

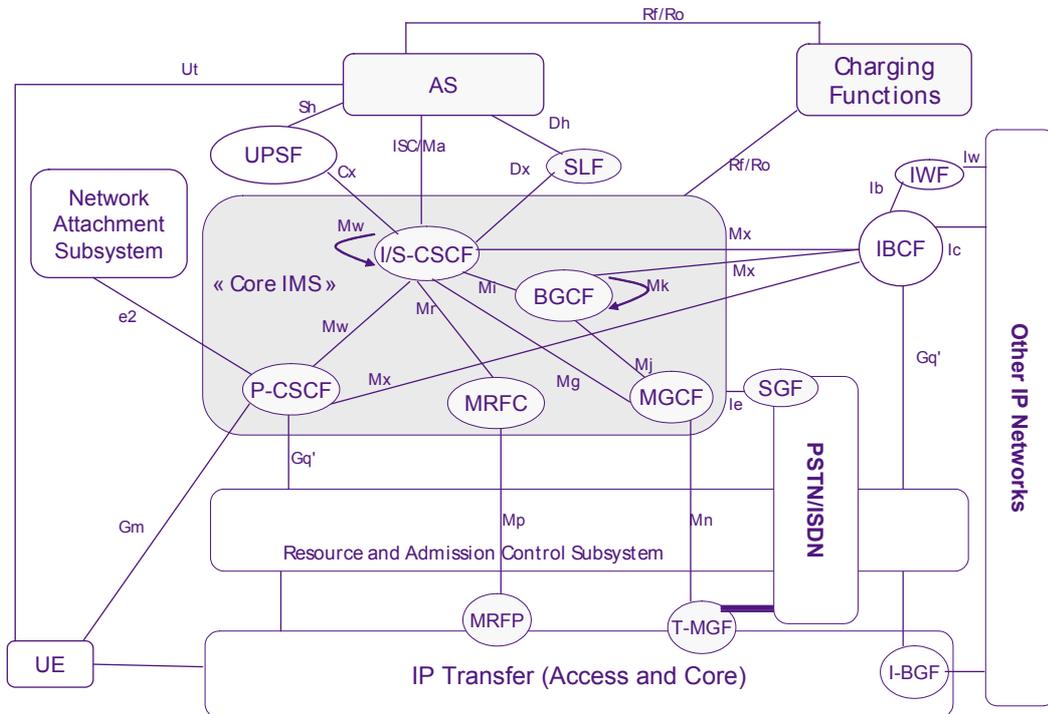
## Anhang A: Weitere Abbildungen

Abbildung-Anhang-A 1 Generelle NGN Architektur nach ETSI



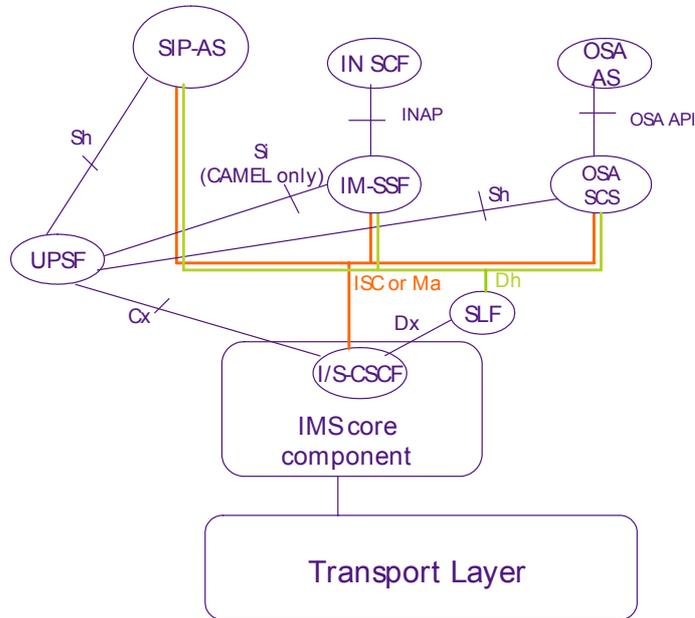
Quelle: ETSI ES 282 007 V1.1.1, Figure 1: TISPAN NGN overall architecture

Abbildung-Anhang-A 2 NGN-Architektur mit IMS nach ETSI



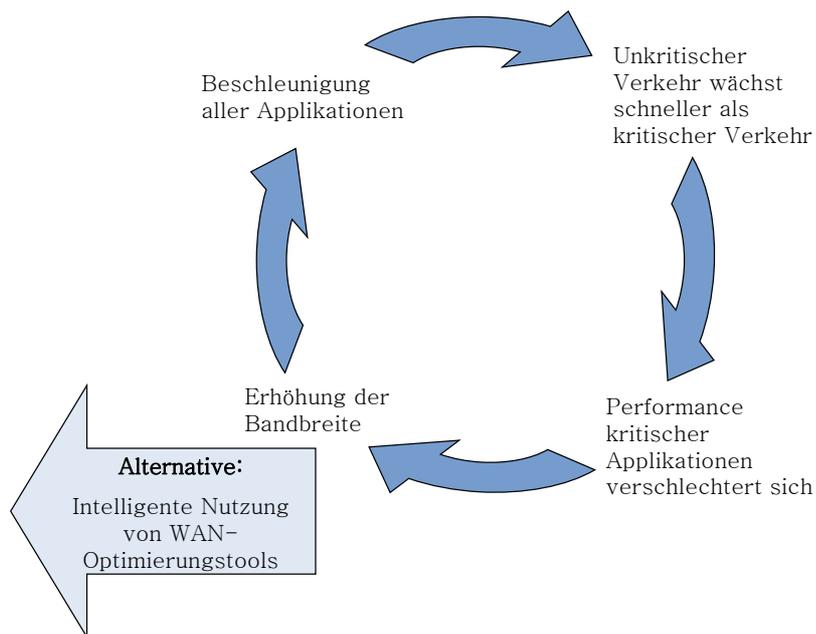
Quelle: ETSI ES 282 007 V1.1.1, Figure 3 : NGN IMS Overview.

Abbildung-Anhang-A 3 Schnittstelle zwischen Diensteschicht und Anwendungsschicht abgeleitet aus ETSI Architektur



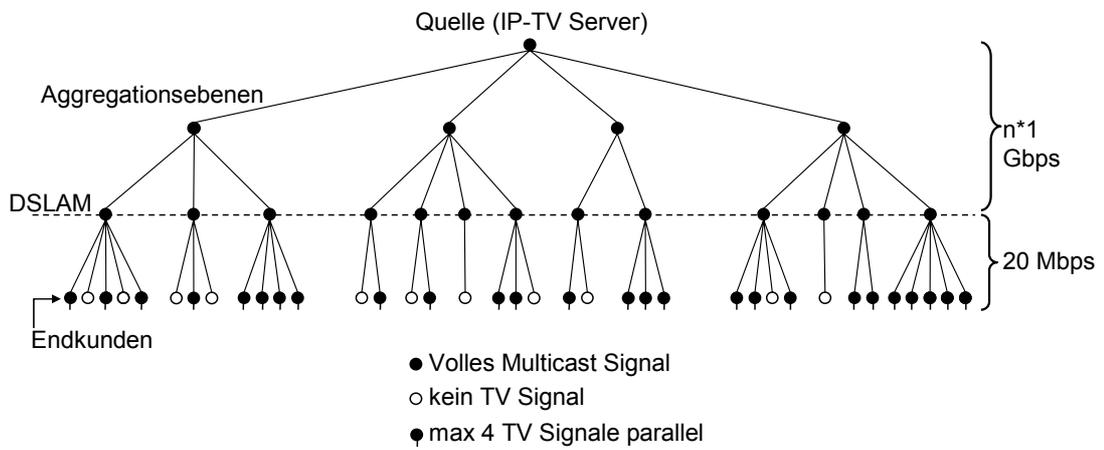
Quelle: ETSI 282007 Figure 4: Value Added Services architecture

Abbildung-Anhang-A 4 Teufelskreis



Quelle: Sellin (2008).

Abbildung-Anhang-A 5 Multicast-Baum



Quelle: Jay, Anell, Plückebaum (2007): S.45.

## Anhang B: NGN- und OSI-Schichtenmodell im Vergleich

Das OSI<sup>159</sup>-Referenzmodell bildet seit seiner Definition im Jahre 1983 die maßgebliche Bezugsarchitektur für offene Datenkommunikationssysteme. Zum tieferen Verständnis ist es sinnvoll, den Schichtenaufbau und die realisierten Funktionalitäten im NGN mit denen im OSI-Referenzmodell zu vergleichen. Hierzu wird zunächst kurz der Aufbau des OSI-Referenzmodells erläutert.

Charakteristikum des OSI-Referenzmodells ist eine offene Datenkommunikation. „Offen“ bedeutet in diesem Kontext, dass diese Architektur nicht-proprietäre Standards für den freizügigen Nachrichtenaustausch zwischen beliebigen Kommunikationspartnern auf der Basis unterschiedlichster Plattformen ermöglichen soll. Das OSI-Referenzmodell unterteilt die Kommunikation in sieben arbeitsteilige Aufgaben, denen jeweils eine Schicht zugeteilt ist. Die sieben Schichten des OSI-Referenzmodells und ihre jeweiligen Funktionen sind<sup>160</sup>:

- *Anwendungsschicht* (Schicht 7): Funktionsaufruf durch den Anwender.
- *Darstellungsschicht* (Schicht 6): Definition und Anpassung von Darstellungsformen für Anwenderinformationen.
- *Sitzungssteuerungsschicht* (Schicht 5): Steuerung, insbesondere Synchronisation des Nachrichtenaustausches zwischen Kommunikationspartnern (Sitzung).
- *Transportschicht* (Schicht 4): Ende-zu-Ende-Steuerung des Nachrichtenaustausches zwischen Endeinrichtungen über das ganze Netz hinweg.
- *Vermittlungsschicht* (Schicht 3): Steuerung der Übermittlung von Nachrichten durch ein Datennetz über mehrere Netzknoten hinweg einschließlich Verkehrslenkung
- *Sicherungsschicht* (Schicht 2): Gesicherte Übertragung von Datenblöcken auf einem Bitübertragungsabschnitt zwischen zwei benachbarten Netzknoten.
- *Bitübertragungsschicht* (Schicht 1): Übertragung von Nachrichtenbits über elektrische und/oder optische physikalische Kanäle.

Diese jeweiligen schichtspezifischen Funktionalitäten bietet jede Schicht der jeweils darunter liegenden Schicht an und nutzt für ihre Aufgaben die Dienste der darüber liegenden Schichten<sup>161</sup>. Dieses Prinzip ist in Abbildung a dargestellt:

---

<sup>159</sup> Open Systems Interconnection.

<sup>160</sup> Vgl. Jung, Warnecke (2002): S. 1-71.

<sup>161</sup> Vgl. ITU Y.2011 (2004): S. 20.

Abbildung-Anhang-B 1 Aufbau des OSI-Schichtenmodells (schematische Darstellung)

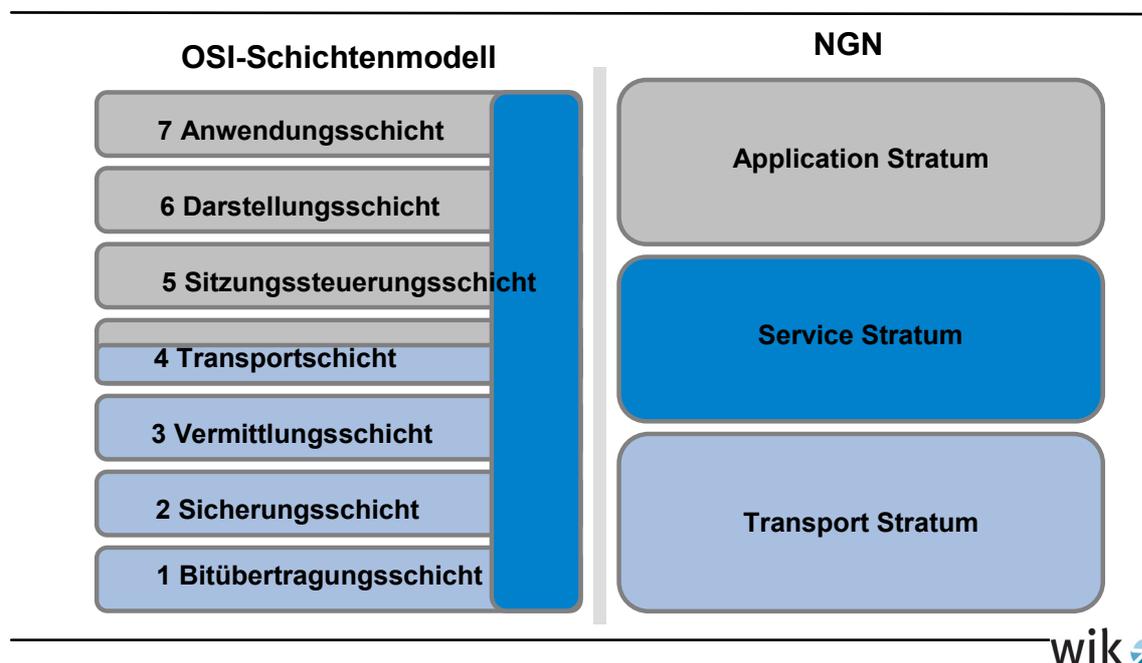


Quelle: In Anlehnung an Stoll (2006).

Aus der schematischen Darstellungen ist ersichtlich, dass die Datenpakete auf ihrem Weg von der Anwendungsschicht zur Bitübertragungsschicht durch die Nutzung der Funktionalitäten der jeweilig oberen Schicht (in Abbildung-Anhang-B 1) gekennzeichnet durch schicht-spezifische Header) ständig „größer“ werden. Protokolle können hierbei entweder einer konkreten Schicht zugeteilt werden, oder sie üben Aufgaben mehrerer Schichten zusammen aus.

Im OSI-Referenzmodell erfüllen die Bitübertragungsschicht (Schicht 1), die Sicherungsschicht (Schicht 2), die Vermittlungsschicht (Schicht 3) und prinzipiell auch die Transportschicht (Schicht 4) Transportfunktionen. Allerdings sind die Funktionalitäten dieser Schichten nicht in letzter Konsequenz mit den Funktionalitäten der Transportschicht im NGN vergleichbar. Dies wird am Beispiel der Transportschicht (Schicht 4) des OSI-Referenzmodells deutlich. Diese stellt eine Ende-zu-Ende-Verbindung zwischen zwei Endgeräten bzw. einem Endgerät und einem Endsystem (beispielsweise ein Application Server) her, demzufolge kann die Funktionalität der Transportschicht im OSI-Referenzmodell zumindest teilweise auch der Applikationsschicht des NGN zugeordnet werden (vgl. Abbildung-Anhang-B 2).

Abbildung-Anhang-B 2 Annäherung der Funktionen von OSI- und NGN-Schichten



Die OSI-Schichten Sitzungssteuerungsschicht (Schicht 5), Darstellungsschicht (Schicht 6) und Anwendungsschicht (Schicht 7) übernehmen Funktionalitäten, die aggregiert mit denen der Anwendungsschicht (Application Layer / Stratum) im NGN vergleichbar sind. Allerdings geht wie oben beschrieben die Funktionalität der Applikationsschicht im NGN über die Funktionalitäten der drei hierarchisch höchsten OSI-Schichten hinaus, da teilweise auch Funktionalitäten der Transportschicht (Schicht 4) im OSI-Referenzmodell übernommen werden. Zu den Funktionalitäten der Transportschicht im NGN gehören auch die Transport Control Funktionen, also die Steuerfunktionalitäten der Transportschicht. Diese Funktionalitäten finden sich im OSI-Referenzmodell größtenteils auf der Vermittlungsschicht (Schicht 3). Die Service Control Functions des Service Layers / Stratums im NGN werden im OSI-Referenzmodell von allen sieben Schichten aggregiert als interne Funktionalität realisiert (vgl. Abbildung-Anhang-B 2).

## Anhang C: Vergleich der internationalen Sicht zur IP-Interconnection im NGN

Während die Zusammenschaltung von PSTN umfassend regulatorisch geregelt ist, gibt es keine allgemeine Verpflichtung zur Zusammenschaltung von IP-Netzen. Der generelle Austausch von IP-Verkehr geschieht größtenteils in nichtregulierter Form durch den Markt, entweder über private oder über öffentliche Zusammenschaltungspunkte, bei denen Verkehr entweder kostenlos oder kostenpflichtig getauscht wird.<sup>162</sup>

In einer kürzlich erschienenen Studie der WIK-Consult wurde der Frage nachgegangen, ob eine Verpflichtung zu genereller IP-Zusammenschaltung erlassen werden sollte.<sup>163</sup> Die Arbeit kommt zu dem Ergebnis, dass eine generelle Verpflichtung zu multilateralem Peering nicht zu befürworten ist. Jedoch sollte der Regulierer in der Lage sein einzuschreiten, wenn die IP-Zusammenschaltung zusammenbricht, besonders dann, wenn dies aufgrund von strategischer Marktmacht geschieht. Dafür müsste der Regulierer in der Lage sein, eine Preisobergrenze für die Zusammenschaltung festzulegen.<sup>164</sup> Diese Fragestellungen sind bislang jedoch vorwiegend theoretischer Natur. Unseres Wissens gibt es zurzeit in Europa keine vollständig implementierte Regulierung von IP-Zusammenschaltung. Wurden Anfang 2007 nur Deutschland, Italien und die Niederlande als EU-Mitgliedsstaaten benannt, die den Kontext zum damaligen Zeitpunkt als problematisch betrachteten, zählt nun (2008) auch Norwegen zu den Ländern, in denen die IP-Zusammenschaltung höhere Relevanz erlangt. Von den Mitgliedsstaaten, die IP-Interconnection in Konsultationsverfahren eingebracht haben, sind vor allem Deutschland und Großbritannien hervorzuheben, die Arbeitsgruppen mit der Untersuchung des Problemfeldes beauftragten, sowie Italien, wo eine erste Zusammenschaltungsverpflichtung in der Einführung begriffen ist<sup>165</sup>. Ein detaillierter Überblick findet sich im Konsultationsdokument der ERG zur IP-Zusammenschaltung (ERG (2008)). Im folgenden findet sich ein Kurzüberblick über die Aktivitäten der Regulierer der großen europäischen Industriestaaten.

Im Hinblick auf die zukünftige IP-Zusammenschaltung im NGN hat sich vor allem der **deutsche Regulierer** in Konsultationsverfahren engagiert und zuletzt ein Eckpunktepapier für die IP-Zusammenschaltung vorgelegt. Darin wird unter anderem konsolidierend festgestellt:<sup>166</sup>

- “Ein zukunftsorientiertes Zusammenschaltungsregime für IP-basierte Netze sollte die Trennung von Transport und Dienst widerspiegeln“ (Eckpunkt 1).
- „Zusammenschaltungsprodukte auf der Transportebene könnten dienstunabhängig mit unterschiedlichen Transportklassen eingeführt werden. Zusammen-

---

<sup>162</sup> Kapitel 3.1.3.1. enthält eine ausführliche Beschreibung von Peering und Transit.

<sup>163</sup> Vgl. Marcus / Elixmann / Carter et. Al (2008).

<sup>164</sup> Vgl. Marcus / Elixmann / Carter et. Al (2008) : S.139.

<sup>165</sup> Vgl. ERG (2007a): S. 8-10 und ERG (2008): S. 37.

<sup>166</sup> Bundesnetzagentur (2008a): S. 3f.

schaltungsprodukte auf der Steuerungs- oder Kontrollebene bilden hingegen eher auf den Dienst bezogene Qualitätsmerkmale ab“ (Eckpunkt 2).

In Italien hat **AGCOM** eine Verpflichtung zur IP Interconnection für Netzbetreiber mit strategischer Marktmacht der alten Märkte 8 bis 10 ausgesprochen. Diese ist bislang nicht vollständig implementiert. Zu den Elementen gehören die Technologieneutralität, Symmetrie in der Verpflichtung zur effizienten Zusammenschaltung von VoIP<sup>167</sup> sowie der Zugang zu technischen Schnittstellen, die für die Interoperabilität von VoIP nötig sind.<sup>168</sup>

**OFCOM** hat eine Industriegruppe (NGNuk) damit beauftragt, Fragestellungen hinsichtlich Architektur, kommerziellem Model von IP-Zusammenschaltung sowie der Interoperabilität von Netzintelligenz zu untersuchen.<sup>169</sup> Die Outputs sind Definitionsvorschläge von Dienstgruppen und deren Ende-zu-Ende Anforderungen sowie die Beschreibung der Anforderung an IP-Zusammenschaltung zur Realisierung dieser Dienste<sup>170</sup>. Dabei werden Vorschläge für vier Verkehrsklassen<sup>171</sup> auf der Transportebene und für generische Anforderungen auf der Diensteschicht (Sicherheit, Authentifizierung, Nummerierung/Adressierung) gemacht, sowie erste Leistungsparameter und Zielgrößen in Abhängigkeit vom Dienst der Anwendungsschicht definiert.

Die niederländische **OPTA** adressiert die Frage der IP-Zusammenschaltung im Rahmen der die Diskussion dominierenden Anstrengungen um einen Konsens in der Frage der Standortauflösung von KPNs Hauptverteilern im Zuge des Netzbbaus zu FTTx nicht.<sup>172</sup> Allerdings haben die nationalen Kabelnetzbetreiber eine direkte IP-Zusammenschaltung realisiert, wobei erwartet wird, dass sie Druck auf den Incumbent ausüben werden, um auch eine direkte Zusammenschaltung mit KPN zu erzwingen.

Die französische **ARCEP** beschreibt die Zusammenschaltungsarrangements im NGN nicht näher. Aus heutiger Perspektive versteht sich ARCEP als Regulator von Streitigkeiten zwischen Netzbetreibern bei „access“ oder „interconnection“, nicht jedoch zwischen Service Provider und Netzbetreiber. Für die Zukunft schließt ARCEP ein Abweichen von dieser Positionierung jedoch nicht aus und verweist auf die Draft Access Directive<sup>173</sup>. Dies ist vor dem Hintergrund von Kapitel 3 und der Problematik der Geschäftsbeziehungen zwischen Netzbetreiber und Dienstanbieter von Interesse.

---

**167** ...“this means that whenever IP Interconnection is more efficient than CSS7 interconnection, IP interconnection should be adopted.“ ERG (2008): S.125.

**168** vgl. ERG (2008): S. 2 und S. 125f.

**169** Vgl. OFCOM (2006): 8f.

**170** Vgl. NGNuk (2007a) und NGNuk (2007b).

**171** real-time, near real-time, streaming und standard, sowie eine zusätzliche control traffic Klasse.

**172** Vgl. OPTA (2006a): S. 36.

**173** In der Präsentation von Gabrielle Gauthey (ARCEP 2007b) wird Artikel 2 der Draft Access Directive wie folgt zitiert: ““access” means the making available of facilities and/or services, to another undertaking, under defined conditions, on either an exclusive or non-exclusive basis, for the purpose of providing electronic communications services or delivering of information society services or broadcast content services. “

Es zeigt sich also, dass die Debatten aufgrund der größtenteils langsamen Migration zu NGN ebenfalls noch auf einer relativ unkonkreten Ebene geführt werden. Daher fällt ein internationaler Vergleich der Regulierungspositionen momentan schwer.

## **Anhang D: Übersicht über Schlüsseldokumente der relevanten Standards**

### *ITU:*

- Y.2001: General overview of NGN
- Y.2012: Functional requirements and architecture of NGN Release 1
- Y.2021: IMS for NGN
- Y.2111: Resource and Admission Control Functions in NGN

### *3 GPP:*

- TS 23.002: IMS Architecture
- TS 23.218: IMS Session Handling
- TS 23.228: IMS Architecture Stage 2

### *ETSI Tispan:*

- ETSI ES 282 007: IP Multimedia Subsystem (IMS); Functional architecture

## Literaturverzeichnis

- 3GPP (2007): TS 23.002.: Technical Specification Group Services and Systems Aspects; Network architecture (Release 8), Sophia Antipolis.
- 3GPP (2008a): TS 23.228: Technical Specification Group Services and System Aspects; IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 (Release 8), Sophia Antipolis.
- 3GPP (2008b): TS 23.218: Technical Specification Group Core Network; IP Multimedia (IM) session handling; IM call model Stage 2 (Release 8), Sophia Antipolis.
- Agilent (2006): IPTV QoE: Understanding and interpreting MDI values, URL: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-5088EN.pdf>  
Abruf am 09.05.2008.
- Andresen, Jens (2006): Warum IMS? Was leistet die neue Netztechnik des IP Multimedia Subsystem? URL: <http://www.net-im-web.de/pdf/Andresen-IMS.pdf>  
Abruf am 13.04.2008
- Anell, Patrick / Elixmann, Dieter (2007): „Triple Play“-Angebote von Festnetzbetreibern: Implikationen für Unternehmensstrategien, Wettbewerb(spolitik) und Regulierung. WIK Diskussionsbeitrag 292, Bad Honnef.
- Anell, Patrick / Jay, Stephan / Plückebaum, Thomas (2007): Nachfrage nach Internetdiensten – Dienstearten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service. WIK Diskussionsbeitrag Nr. 302, Bad Honnef.
- Arbeitskreis für technische und betriebliche Fragen der Nummerierung und Netzzusammenschaltung (2007): Konzept für die Zusammenschaltung von Next Generation Networks. Version 1.0.0.
- ARCEP (2005): Consultation publique sur les projets de décisions relatifs aux marchés de la téléphonie fixe. URL: [http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/france/registeredsnotifications/fr20050221/consultation\\_2005pdf/\\_FR\\_1.0\\_&a=d.](http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/france/registeredsnotifications/fr20050221/consultation_2005pdf/_FR_1.0_&a=d.), Abruf am 15.06.2008
- ARCEP (2007a): Unbundling and Bitstream Report in France at 30th September 2007, URL: <http://www.arcep.fr/index.php?id=9568&L=1>  
Abruf am 08.05.2008
- ARCEP (2007b): Next Generation access networks and net-neutrality, Präsentation von Gabrielle Gauthey auf: IDATE Transatlantic Telecom Forum, Wednesday November 14th, 2007, URL: <http://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/communiqués/discours/g-gauthey-idade-1107.pdf>  
Abruf am 06.05.2008.
- Baset, Salman A. / Schulzrinne, Henning (2004): An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol, URL: <http://arxiv.org/abs/cs/0412017>  
Abruf am 04.05.2008
- Bleich, Holger (2005): Internet-Infrastruktur - „Bosse der Fasern“, in [c't], 7/2005.
- Berg, Achim / Eickers, Gerd / Eilers, Thomas et al.: „Rahmenbedingungen der Zusammenschaltung IP-basierter Netze“, URL: [http://www.eco.de/dokumente/20061215\\_Abschlussbericht\\_IP-Zusammenschaltung.pdf](http://www.eco.de/dokumente/20061215_Abschlussbericht_IP-Zusammenschaltung.pdf)  
Abruf am 21.05.2008.

- Bundesnetzagentur (2008a): Eckpunkte der Zusammenschaltung IP-basierter Netze. URL: <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/12699.pdf>, Abruf am 02.05.2008.
- Bundesnetzagentur (2008b): Synopse der Stellungnahmen zum Abschlussbericht der Projektgruppe „Rahmenbedingungen der Zusammenschaltung IP-basierter Netze“, URL: <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/12697.pdf>, Abruf am 02.05.2008.
- Carter, Kenneth R. / Marcus, Scott J. / Wernick, Christian (noch nicht erschienen): Network Neutrality in Europe, WIK Diskussionsbeitrag, Bad Honnef.
- Chiesa, Marco / Frank, Michael (2007): QoS regulations in a converged IP/NGN environment. ITU-D Workshop for the Arab region on Interconnection and Next Generation Networks, Addressing the regulatory challenges, Manama (Bahrain) 2- 3 May 2007, URL: [http://www.itu.int/ITU-D/treg/Documentation/Bahrain/Frank\\_QoS%20regulations%20in%20a%20converged%20ONGN%20environment.pdf](http://www.itu.int/ITU-D/treg/Documentation/Bahrain/Frank_QoS%20regulations%20in%20a%20converged%20ONGN%20environment.pdf)  
Abruf am 05.05.2008.
- Cisco (2008): Cisco IOS Release 12.0 Security Configuration Guide, URL: [http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12\\_0/security/configuration/guide/scaaa.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0/security/configuration/guide/scaaa.html)  
Abruf am 09.05.2008.
- Comscore (2008): Video Metrix report for November 2007, URL: <http://www.comscore.com/press/release.asp?press=2002> Abruf am 05.05.2008.
- Cuevas, Antonio / Moreno, Jose Ignacio / Vidales, Pablo / Einsiedler, Hans (2006): The IMS Service Platform: A Solution for Next-Generation Network Operators to Be More than Bit Pipes, in [IEEE Communications Magazine], vol. 44, no. 8, August 2006.
- Devoteam/Siticom (2003): Study on regulatory implications of the introduction of Next Generation Networks and other new developments in electronic communications.
- Eickers, Gerd (2005): Technische Möglichkeiten der Zusammenschaltung bei VoIP. URL: <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/8285.pdf>, Abruf am 09.06.2008.
- Electronic Frontier Foundation (2007): Packet Forgery By ISPs: A Report On The Comcast Affair, URL: <http://www.eff.org/wp/packet-forgery-isps-report-comcast-affair>  
Abruf am 16.05.2008.
- Elixmann, Dieter / Scanlan, Mark et al. (2002): The Economics of IP Networks – Market, Technical and Public Policy Issues Relating to Internet Traffic Exchange; Study for the European Commission.
- ERG (2007a): Final Report on IP Interconnection, URL: [http://www.erg.eu.int/doc/publications/erg\\_07\\_09\\_rept\\_on\\_ip\\_interconn.pdf](http://www.erg.eu.int/doc/publications/erg_07_09_rept_on_ip_interconn.pdf)  
Abruf am 15.05.2008.
- ERG (2007b): ERG Opinion on Regulatory Principles of NGA. URL: [http://erg.ec.europa.eu/doc/publications/erg07\\_16rev2\\_opinion\\_on\\_nga.pdf](http://erg.ec.europa.eu/doc/publications/erg07_16rev2_opinion_on_nga.pdf), Abruf am 09.06.2008.
- ERG (2008): ERG Consultation Document on Regulatory Principles of IP-IC/NGN-Core. URL: [http://www.erg.eu.int/doc/publications/consult\\_ngo\\_2008/erg\\_08\\_26rev1\\_consul\\_ip\\_ngo\\_080604.pdf](http://www.erg.eu.int/doc/publications/consult_ngo_2008/erg_08_26rev1_consul_ip_ngo_080604.pdf)  
Abruf am 09.06.2008.

- Ericsson (2007): Introduction to IMS, URL:  
[http://www.ericsson.com/technology/whitepapers/8123\\_Intro\\_to\\_ims\\_a.pdf](http://www.ericsson.com/technology/whitepapers/8123_Intro_to_ims_a.pdf)  
Abruf am 15.05.2008.
- Espiner, Tom (2006): Skype's market share halves, URL:  
<http://news.zdnet.co.uk/communications/0,1000000085,39250116,00.htm>  
Abruf am 05.05.2008.
- Europäische Kommission (2003): An approach to costing the transport of 'must-carry' channels, in relation to Article 31 of the Universal Service Directive, URL:  
[http://www.cableeurope.eu/uploads/documents/pub-8\\_en-ecca\\_4631\\_bis\\_document\\_on\\_a\\_communication\\_\\_on\\_must\\_carry.pdf](http://www.cableeurope.eu/uploads/documents/pub-8_en-ecca_4631_bis_document_on_a_communication__on_must_carry.pdf)  
Abruf am 07.05.2008.
- Europäische Kommission (2005): Cases FR/2005/221 To FR/2005/0226: Retail Fixed Narrow-band Access and Calls Markets in France. Comments pursuant to Article 7(3) of Directive 2002/21/EC1; Brief an den Präsidenten der ARCEP zur Marktanalyse im Schmalbandfestnet. URL:
- Frommer, Dan (2006): Vonage Dominates Home VoIP Market, URL:  
<http://www.forbes.com/markets/2006/03/14/voip-vonage-comcast-0314markets15.html>  
Abruf am 14.05.2008.
- Gauthey, Gabrielle (2007): FTTH in France, Presentation on WIK Conference, 22.3.2007, Königswinter.
- Gavosto, Andrea, Ponte, Guido Giacomo and Scaglioni, Carla, "Investment in Next Generation Networks and the Role of Regulation: A Real Option Approach" (December 11, 2007). ISEG-UTL Economics Working Paper No. 031/2007/DE Available at SSRN, URL:  
<http://ssrn.com/abstract=1080564>  
Abruf am 14.05.2008.
- Hackbarth, Klaus / Kulenkampff, Gabriele (2006): Technische Aspekte der Zusammenschaltung in IP-basierten Netzen unter besonderer Berücksichtigung von VoIP, URL:  
<http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/7106.pdf>  
Abruf am 16.05.2008.
- Hackbarth, Klaus / Rodriguez de Lope, Laura / Kulenkampff, Gabi (2008): Cost Models for Wholesale Bitstream Access Service in Next Generation Networks, in M. Pagani ed., Multimedia Technology and Networking IDEA Group Reference, Hershey 2<sup>o</sup> ed. 2008 (in print).
- Heise online (2008): Deutsche Telekom öffnet VoD-Angebot für Kunden anderer Internetanbieter, URL:  
<http://www.heise.de/newsticker/Deutsche-Telekom-oeffnet-VoD-Angebot-fuer-Kunden-anderer-Internetanbieter--/meldung/104478/from/rss09>  
Abruf am 16.05.2008.
- Hein, Matthias (2006): Mechanismen zur Sicherung der Dienstgüte (QoS). URL:  
<http://www.voipango.de/download/QoS.pdf>, Abruf am 03.06.2008
- Huston, Geoff (1999): Peering and Settlements. In: The Internet Protocol Journal, vol. 2, No. 2, June 1999.
- Ipoque (2007): Internetstudie 2007, URL:  
[http://www.ipoque.com/userfiles/file/p2p\\_study\\_2007\\_abstract\\_de.pdf](http://www.ipoque.com/userfiles/file/p2p_study_2007_abstract_de.pdf)  
Abruf am 14.05.2008.

- ITU (2004a): ITU-T Recommendation Y.2001: General overview of NGN, Genf.
- ITU (2004b): ITU-T Recommendation Y.2011: General principles and general reference model for Next Generation Networks, Genf.
- ITU (2006a): ITU-T Recommendation Y.2012: Functional requirements and architecture of the NGN release 1, Genf.
- ITU (2006b): ITU-T Recommendation Y.2111: Resource and admission control functions in Next Generation Networks, Genf.
- Jay, Stephan / Anell, Patrick / Plückebaum, Thomas / Kulenkampf, Gabriele / Marcus, Scott (2007): Next Generation bitstream access: WIK Consult Studie für ComReg, Irland. URL: <http://www.comreg.ie/fileupload/publications/ComReg0795a.pdf> Abruf am 16.05.2008.
- Jay, Stephan / Plückebaum, Thomas (2007a): Die Wichtigkeit von Quality of Service für Breitbandnetze, in: WIK Newsletter Nr. 69.
- Jay, Stephan / Plückebaum, Thomas (2007b): NGN Bitstream Access, presentation to Irish carriers, Dublin, December, 14th 2007.
- Jung, Volker; Warnecke, Hans-Jürgen (2002): Handbuch für die Telekommunikation, 2. Auflage, Berlin.
- Kesting, Markus (2007): Unverzichtbar – Qualitätssicherung in IMS-Netzen, in: Net 12/2007, S. 4 – 26.
- Knightson, Keith/Morita, Naotaka/Towle, Thomas (2005): NGN Architecture: Generic Principles, Functional Architecture, and Implementation, in: IEEE Communications Magazine October 2005, p. 49-56.
- Mager, Richard (2004): IP-Telefonie, Marktpotentiale, Strategien und Auswirkungen.
- Marcus, Scott / Elixmann, Dieter (2007): Regulatory Approaches to Next Generation Networks: WIK-Consult, URL: <http://web.si.umich.edu/tprc/papers/2007/800/Regulatory%20Approaches%20to%20NGNs%20v1.2%20FINAL.pdf> Abruf am 16.05.2008.
- Marcus, Scott / Elixmann, Dieter / Carter, Kenneth et al (2008): The Future of IP Interconnection: Technical, Economic and Public Policy Aspects. WIK Consult Study for the European Commission, URL: [http://ec.europa.eu/information\\_society/policy/ecomms/doc/library/ext\\_studies/future\\_ip\\_intercon/ip\\_intercon\\_study\\_exec\\_sum.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomms/doc/library/ext_studies/future_ip_intercon/ip_intercon_study_exec_sum.pdf) Abruf am 16.05.2008.
- Massner, Stephan (2007): Die Funktionsweise und der Aufbau der Next Generation Networks und des IP-Multimedia-Subsystems, in: Wissen Heute, Heft 12, Vol. 60, S.4-14.
- NGNuk (2007a): End-to-End Services Requirements Scope for Interconnected Next Generation Network Interconnections, draft 2.1. URL: [http://www.ngnuk.org.uk/index.php?id=122&type=0&jumpurl=uploads%2Fmedia%2FNGNuk\\_End-to-End\\_Service\\_Requirements\\_Scope\\_V2\\_1.pdf&juSecure=1&mimeType=application%2Fpdf&locationData=122%3Att\\_content%3A462&juHash=2d686c563b](http://www.ngnuk.org.uk/index.php?id=122&type=0&jumpurl=uploads%2Fmedia%2FNGNuk_End-to-End_Service_Requirements_Scope_V2_1.pdf&juSecure=1&mimeType=application%2Fpdf&locationData=122%3Att_content%3A462&juHash=2d686c563b) Abruf am 19.05.2008.

- NGNuk (2007b): Interconnect Services Requirements Scope for Next Generation Networks, draft. 2.1. URL:  
[http://www.ngnuk.org.uk/index.php?id=122&type=0&jumpurl=uploads%2Fmedia%2FNuk\\_Interconnect\\_Service\\_Reqs\\_V2.1.pdf&juSecure=1&mimeType=application%2Fpdf&locationData=122%3Att\\_content%3A530&juHash=0704f27557](http://www.ngnuk.org.uk/index.php?id=122&type=0&jumpurl=uploads%2Fmedia%2FNuk_Interconnect_Service_Reqs_V2.1.pdf&juSecure=1&mimeType=application%2Fpdf&locationData=122%3Att_content%3A530&juHash=0704f27557).  
Abruf am 19.05.2008.
- Norton, William B. (2001): Internet Service Providers and Peering, URL:  
<http://www.equinix.com/pdf/whitepapers/PeeringWP.2.pdf>  
Abruf am 25.05.2008.
- Norton, William B. (2003): The Evolution of the U.S. Internet Peering Ecosystem, URL:  
<http://www.nanog.org/mtg-0405/pdf/nortonslides.pdf>  
Abruf am 16.05.2008.
- Norton, William B. (2007): Video Internet: The next wave of massive disruption to the U.S. Ecosystem (v1.2), URL:  
<http://www.blogg.ch/uploads/Internet-Video-Next-Wave-of-Disruption-v1.2.pdf>  
Abruf am 16.05.2008.
- OFCOM (2005): Next Generation Networks - Future arrangements for access and interconnection presentations, URL:  
<http://www.ofcom.org.uk/consult/condocs/ngn/>  
Abruf am 16.05.2008.
- OFCOM (2006): Developing the regulatory framework, URL:  
<http://www.ofcom.org.uk/consult/condocs/nxgnfc/statement/>  
Abruf am 16.05.2008.
- OFCOM (2007a): Future broadband Policy approach to next generation access, URL:  
[http://www.ofcom.org.uk/consult/condocs/nga/future\\_broadband\\_nga.pdf](http://www.ofcom.org.uk/consult/condocs/nga/future_broadband_nga.pdf)  
Abruf am 16.05.2008.
- OPTA (2006): KPN's Next Generation Network: All-IP, URL:  
<http://www.opta.nl/download/Positionpaper%5FAI%2DIP%5F02102006%2Epdf>  
Abruf am 16.05.2008.
- Pew Internet & American Life Project (2008): Pew internet project data memo, URL:  
[http://www.pewinternet.org/pdfs/Pew\\_Videosharing\\_memo\\_Jan08.pdf](http://www.pewinternet.org/pdfs/Pew_Videosharing_memo_Jan08.pdf)  
Abruf am 16.05.2008.
- Pilzweger, Markus (2007): Breitbandbelastung: Britische ISPs wettern gegen Multimedia-Player der BBC. URL:  
[http://www.pcwelt.de/start/dsl\\_voip/online/news/90498/breitbandbelastung\\_britische\\_issps\\_wettern\\_gegen\\_multimedia\\_player\\_der\\_bbc/index.html](http://www.pcwelt.de/start/dsl_voip/online/news/90498/breitbandbelastung_britische_issps_wettern_gegen_multimedia_player_der_bbc/index.html), Abruf am 10.06.08.
- Reiss, Spencer (2007): Here comes trouble, in [Wired Magazine], February 2007.
- Rodriguez de Lope, Laura / Hackbarth, Klaus (noch nicht veröffentlicht): Cost model for Bitstream Access Services with QoS parameters. Pending to be published into a special issue on Socio-Economic Aspects of Next Generation Internet of Journal of Universal Computer Science (JUICS).
- Rodriguez de Lope, Laura / Hackbarth, Klaus / Garcia, A.E. / Plückebaum, Thomas / Ilic, Dragan (noch nicht veröffentlicht): Cost models for Next Generation Networks with Quality of Service parameters, paper accepted at Networks 2008, Budapest, November 2008.

- Rosauer, Bernhard (2006): Entwicklung der Telefonie hin zu Voice over IP und technische Grundlagen, in [WissenHeute], Jg. 59, Heft 12/2006.
- Sabbagh, Dan (2008): BBC iPlayer "risks overloading the internet". URL:  
[http://technology.timesonline.co.uk/tol/news/tech\\_and\\_web/article3716781.ece](http://technology.timesonline.co.uk/tol/news/tech_and_web/article3716781.ece)  
Abruf am 10.06.08.
- Santella, Giovanni (2007): The evolution towards NGNA and the regulatory issues, URL:  
<http://ofcom.org.uk/media/speeches/2007/03/agcom.pdf>  
Abruf am 16.05.2008.
- Schaller, Sybille / Abbadessa, Daniele / Schülke, Anett (2005): Neue Dienste braucht das Land, URL:  
[http://www.funkschau.de/heftarchiv/pdf/2005/fs12/fs\\_0512\\_s28.pdf](http://www.funkschau.de/heftarchiv/pdf/2005/fs12/fs_0512_s28.pdf)  
Abruf am 13.04.2008.
- Sellin, Rüdiger (2008): Prioritäten setzen – Intelligentes Application Management in IP-Netzen, in [NET], 3/2008.
- Stamm, Peter / Wörter, Martin (2003): Mobile Portale: Merkmale, Marktstruktur und Unternehmensstrategien. WIK Diskussionsbeitrag Nr. 244, Bad Honnef.
- Swisscom (2006): Swisscom approach towards NGN, URL:  
<http://www.bakom.admin.ch/themen/technologie/01397/01542/index.html?lang=de&download=M3wBUQCu/8ulmKDu36WenojQ1NTTjaXZnqWfVpzLhmfhnapmmc7Zi6rZnqCkkIN1g36DbKbXrZ2IhtTN34al3p6YrY7P1oah162apo3X1cjYh2+hoJVn6w==.pdf>  
Abruf am 15.05.2008.
- Trick, Ulrich / Weber, Frank (2007): SIP, TCP/IP und Telekommunikationsnetze Next Generation Networks und VoIP-konkret. 3. Auflage.
- VATM (2008): VATM-Jahrbuch 2007/2008, URL:  
<http://www.vatm.de/content/jahresberichte/inhalt/28-01-2008.pdf>  
Abruf am 16.05.2008.

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

- Nr. 232: Ulrich Stumpf:  
Prospects for Improving Competition in Mobile Roaming, März 2002
- Nr. 233: Wolfgang Kiesewetter:  
Mobile Virtual Network Operators – Ökonomische Perspektiven und regulatorische Probleme, März 2002
- Nr. 234: Hasan Alkas:  
Die Neue Investitionstheorie der Realoptionen und ihre Auswirkungen auf die Regulierung im Telekommunikationssektor, März 2002
- Nr. 235: Karl-Heinz Neumann:  
Resale im deutschen Festnetz, Mai 2002
- Nr. 236: Wolfgang Kiesewetter, Lorenz Nett und Ulrich Stumpf:  
Regulierung und Wettbewerb auf europäischen Mobilfunkmärkten, Juni 2002
- Nr. 237: Hilke Smit:  
Auswirkungen des e-Commerce auf den Postmarkt, Juni 2002
- Nr. 238: Hilke Smit:  
Reform des UPU-Endvergütungssystems in sich wandelnden Postmärkten, Juni 2002
- Nr. 239: Peter Stamm, Franz Büllingen:  
Kabelfernsehen im Wettbewerb der Plattformen für Rundfunkübertragung - Eine Abschätzung der Substitutionspotenziale, November 2002
- Nr. 240: Dieter Elixmann, Cornelia Stappen unter Mitarbeit von Anette Metzler:  
Regulierungs- und wettbewerbspolitische Aspekte von Billing- und Abrechnungsprozessen im Festnetz, Januar 2003
- Nr. 241: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf unter Mitarbeit von Ulrich Ellinghaus, Joachim Scherer, Sonia Strube Martins, Ingo Vogelsang:  
Eckpunkte zur Ausgestaltung eines möglichen Handels mit Frequenzen, Februar 2003
- Nr. 242: Christin-Isabel Gries:  
Die Entwicklung der Nachfrage nach breitbandigem Internet-Zugang, April 2003
- Nr. 243: Wolfgang Briglauer:  
Generisches Referenzmodell für die Analyse relevanter Kommunikationsmärkte – Wettbewerbsökonomische Grundfragen, Mai 2003
- Nr. 244: Peter Stamm, Martin Wörter:  
Mobile Portale – Merkmale, Marktstruktur und Unternehmensstrategien, Juli 2003
- Nr. 245: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:  
Sicherstellung der Überwachbarkeit der Telekommunikation: Ein Vergleich der Regelungen in den G7-Staaten, Juli 2003
- Nr. 246: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:  
Gesundheitliche und ökologische Aspekte mobiler Telekommunikation – Wissenschaftlicher Diskurs, Regulierung und öffentliche Debatte, Juli 2003
- Nr. 247: Anette Metzler, Cornelia Stappen unter Mitarbeit von Dieter Elixmann:  
Aktuelle Marktstruktur der Anbieter von TK-Diensten im Festnetz sowie Faktoren für den Erfolg von Geschäftsmodellen, September 2003
- Nr. 248: Dieter Elixmann, Ulrike Schimmel with contributions of Anette Metzler:  
"Next Generation Networks" and Challenges for Future Regulatory Policy, November 2003
- Nr. 249: Martin O. Wengler, Ralf G. Schäfer:  
Substitutionsbeziehungen zwischen Festnetz und Mobilfunk: Empirische Evidenz für Deutschland und ein Survey internationaler Studien, Dezember 2003
- Nr. 250: Ralf G. Schäfer:  
Das Verhalten der Nachfrager im deutschen Telekommunikationsmarkt unter wettbewerblichen Aspekten, Dezember 2003

- Nr. 251: Dieter Elixmann, Anette Metzler, Ralf G. Schäfer:  
Kapitalmarktinduzierte Veränderungen von Unternehmensstrategien und Marktstrukturen im TK-Markt, März 2004
- Nr. 252: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:  
Der Markt für Public Wireless LAN in Deutschland, Mai 2004
- Nr. 253: Dieter Elixmann, Annette Hillebrand, Ralf G. Schäfer, Martin O. Wengler:  
Zusammenwachsen von Telefonie und Internet – Marktentwicklungen und Herausforderungen der Implementierung von ENUM, Juni 2004
- Nr. 254: Andreas Hense, Daniel Schäffner:  
Regulatorische Aufgaben im Energiebereich – ein europäischer Vergleich, Juni 2004
- Nr. 255: Andreas Hense:  
Qualitätsregulierung und wettbewerbspolitische Implikationen auf Postmärkten, September 2004
- Nr. 256: Peter Stamm:  
Hybridnetze im Mobilfunk – technische Konzepte, Pilotprojekte und regulatorische Fragestellungen, Oktober 2004
- Nr. 257: Christin-Isabel Gries:  
Entwicklung der DSL-Märkte im internationalen Vergleich, Oktober 2004
- Nr. 258: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Diana Rätz:  
Alternative Streitbeilegung in der aktuellen EMVU-Debatte, November 2004
- Nr. 259: Daniel Schäffner:  
Regulierungsökonomische Aspekte des informatischen Unbundling im Energiebereich, Dezember 2004
- Nr. 260: Sonja Schölermann:  
Das Produktangebot von Universaldienstleistern und deren Vergleichbarkeit, Dezember 2004
- Nr. 261: Franz Büllingen, Aurélia Gillet, Christin-Isabel Gries, Annette Hillebrand, Peter Stamm:  
Stand und Perspektiven der Vorratsdatenspeicherung im internationalen Vergleich, Februar 2005
- Nr. 262: Oliver Franz, Marcus Stronzik:  
Benchmarking-Ansätze zum Vergleich der Effizienz von Energieunternehmen, Februar 2005
- Nr. 263: Andreas Hense:  
Gasmarktregulierung in Europa: Ansätze, Erfahrungen und mögliche Implikationen für das deutsche Regulierungsmodell, März 2005
- Nr. 264: Franz Büllingen, Diana Rätz:  
VoIP – Marktentwicklungen und regulatorische Herausforderungen, Mai 2005
- Nr. 265: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:  
Stand der Backbone-Infrastruktur in Deutschland – Eine Markt- und Wettbewerbsanalyse, Juli 2005
- Nr. 266: Annette Hillebrand, Alexander Kohlstedt, Sonia Strube Martins:  
Selbstregulierung bei Standardisierungsprozessen am Beispiel von Mobile Number Portability, Juli 2005
- Nr. 267: Oliver Franz, Daniel Schäffner, Bastian Trage:  
Grundformen der Entgeltregulierung: Vor- und Nachteile von Price-Cap, Revenue-Cap und hybriden Ansätzen, August 2005
- Nr. 268: Andreas Hense, Marcus Stronzik:  
Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber – Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse, September 2005
- Nr. 269: Ingo Vogelsang:  
Resale und konsistente Entgeltregulierung, Oktober 2005
- Nr. 270: Nicole Angenendt, Daniel Schäffner:  
Regulierungsökonomische Aspekte des Unbundling bei Versorgungsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung von Pacht- und Dienstleistungsmodellen, November 2005

- Nr. 271: Sonja Schölermann:  
Vertikale Integration bei Postnetzbetreibern – Geschäftsstrategien und Wettbewerbsrisiken, Dezember 2005
- Nr. 272: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:  
Transaktionskosten der Nutzung des Internet durch Missbrauch (Spamming) und Regulierungsmöglichkeiten, Januar 2006
- Nr. 273: Gernot Müller, Daniel Schöffner, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:  
Indikatoren zur Messung von Qualität und Zuverlässigkeit in Strom- und Gasversorgungsnetzen, April 2006
- Nr. 274: J. Scott Marcus:  
Interconnection in an NGN Environment, Mai 2006
- Nr. 275: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:  
Incumbents und ihre Preisstrategien im Telefondienst – ein internationaler Vergleich, Juni 2006
- Nr. 276: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:  
Wettbewerbspolitische Bedeutung des Postleitzahlensystems, Juni 2006
- Nr. 277: Marcus Stronzik, Oliver Franz:  
Berechnungen zum generellen X-Faktor für deutsche Strom- und Gasnetze: Produktivitäts- und Inputpreisdifferential, Juli 2006
- Nr. 278: Alexander Kohlstedt:  
Neuere Theoriebeiträge zur Netzökonomie: Zweiseitige Märkte und On-net/Off-net-Tariffdifferenzierung, August 2006
- Nr. 279: Gernot Müller:  
Zur Ökonomie von Trassenpreissystemen, August 2006
- Nr. 280: Franz Büllingen, Peter Stamm in Kooperation mit Prof. Dr.-Ing. Peter Vary, Helge E. Lüders und Marc Werner (RWTH Aachen):  
Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, September 2006
- Nr. 281: Michael Brinkmann, Dragan Ilic:  
Technische und ökonomische Aspekte des VDSL-Ausbaus, Glasfaser als Alternative auf der (vor-) letzten Meile, Oktober 2006
- Nr. 282: Franz Büllingen:  
Mobile Enterprise-Solutions – Stand und Perspektiven mobiler Kommunikationslösungen in kleinen und mittleren Unternehmen, November 2006
- Nr. 283: Franz Büllingen, Peter Stamm:  
Triple Play im Mobilfunk: Mobiles Fernsehen über konvergente Hybridnetze, Dezember 2006
- Nr. 284: Mark Oelmann, Sonja Schölermann:  
Die Anwendbarkeit von Vergleichsmarktanalysen bei Regulierungsentscheidungen im Postsektor, Dezember 2006
- Nr. 285: Iris Bösch:  
VoIP im Privatkundenmarkt – Marktstrukturen und Geschäftsmodelle, Dezember 2006
- Nr. 286: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:  
Stand und Perspektiven der Telekommunikationsnutzung in den Breitbandkabelnetzen, Januar 2007
- Nr. 287: Konrad Zoz:  
Modellgestützte Evaluierung von Geschäftsmodellen alternativer Teilnehmernetzbetreiber in Deutschland, Januar 2007
- Nr. 288: Wolfgang Kiesewetter:  
Marktanalyse und Abhilfemaßnahmen nach dem EU-Regulierungsrahmen im Ländervergleich, Februar 2007
- Nr. 289: Dieter Elixmann, Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:  
Internationaler Vergleich der Sektorperformance in der Telekommunikation und ihrer Bestimmungsgründe, Februar 2007
- Nr. 290: Ulrich Stumpf:  
Regulatory Approach to Fixed-Mobile Substitution, Bundling and Integration, März 2007

- Nr. 291: Mark Oelmann:  
Regulatorische Marktzutrittsbedingungen und ihre Auswirkungen auf den Wettbewerb: Erfahrungen aus ausgewählten Briefmärkten Europas, März 2007
- Nr. 292: Patrick Anell, Dieter Elixmann:  
"Triple Play"-Angebote von Festnetzbetreibern: Implikationen für Unternehmensstrategien, Wettbewerb(s)politik und Regulierung, März 2007
- Nr. 293: Daniel Schäffner:  
Bestimmung des Ausgangsniveaus der Kosten und des kalkulatorischen Eigenkapitalzinssatzes für eine Anreizregulierung des Energiesektors, April 2007
- Nr. 294: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:  
Ex-ante-Preisregulierung nach vollständiger Marktöffnung der Briefmärkte, April 2007
- Nr. 295: Alex Kalevi Dieke, Martin Zauner:  
Arbeitsbedingungen im Briefmarkt, Mai 2007
- Nr. 296: Antonia Niederprüm:  
Geschäftsstrategien von Postunternehmen in Europa, Juli 2007
- Nr. 297: Nicole Angenendt, Gernot Müller, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:  
Stromerzeugung und Stromvertrieb – eine wettbewerbsökonomische Analyse, August 2007
- Nr. 298: Christian Growitsch, Matthias Wissner:  
Die Liberalisierung des Zähl- und Messwesens, September 2007
- Nr. 299: Stephan Jay:  
Bedeutung von Bitstrom in europäischen Breitbandvorleistungsmärkten, September 2007
- Nr. 300: Christian Growitsch, Gernot Müller, Margarethe Rammerstorfer, Prof. Dr. Christoph Weber (Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Universität Duisburg-Essen):  
Determinanten der Preisentwicklung auf dem deutschen Minutenreservemarkt, Oktober 2007
- Nr. 301: Gernot Müller:  
Zur kostenbasierten Regulierung von Eisenbahninfrastrukturentgelten – Eine ökonomische Analyse von Kostenkonzepten und Kostentreibern, Dezember 2007
- Nr. 302: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückerbaum:  
Nachfrage nach Internetdiensten – Dienstearten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service, Dezember 2007
- Nr. 303: Christian Growitsch, Margarethe Rammerstorfer:  
Zur wettbewerblichen Wirkung des Zweivertragsmodells im deutschen Gasmarkt, Februar 2008
- Nr. 304: Patrick Anell, Konrad Zoz:  
Die Auswirkungen der Festnetzmobilfunksubstitution auf die Kosten des leitungsvermittelten Festnetzes, Februar 2008
- Nr. 305: Marcus Stronzik, Margarethe Rammerstorfer, Anne Neumann:  
Wettbewerb im Markt für Erdgasspeicher, März 2008
- Nr. 306: Martin Zauner:  
Wettbewerbspolitische Beurteilung von Rabattsystemen im Postmarkt, März 2008
- Nr. 307: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:  
Geschäftsmodelle und aktuelle Entwicklungen im Markt für Broadband Wireless Access-Dienste, März 2008
- Nr. 308: Christian Growitsch, Gernot Müller, Marcus Stronzik:  
Ownership Unbundling in der Gaswirtschaft – Theoretische Grundlagen und empirische Evidenz, Mai 2008
- Nr. 309: Matthias Wissner:  
Messung und Bewertung von Versorgungsqualität, Mai 2008
- Nr. 310: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückerbaum:  
Netzzugang im NGN-Core, August 2008



**ISSN 1865-8997**