

Gries, Christin-Isabel; Philbeck, Imme

Working Paper

Marktentwicklungen im Bereich Content Delivery Networks

WIK Diskussionsbeitrag, No. 376

Provided in Cooperation with:

WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH, Bad Honnef

Suggested Citation: Gries, Christin-Isabel; Philbeck, Imme (2013) : Marktentwicklungen im Bereich Content Delivery Networks, WIK Diskussionsbeitrag, No. 376, WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/226989>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

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

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Marktentwicklungen im Bereich Content Delivery Networks

Autoren:
Christin-Isabel Gries
Imme Philbeck

Bad Honnef, April 2013

Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik.org
www.wik.org

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor Abteilungsleiter Post und Logistik	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzende des Aufsichtsrates	Dr. Daniela Brönstrup
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer-Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

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

Zusammenfassung	V
Summary	VI
1 Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Zielsetzung und methodische Vorgehensweise	2
1.3 Struktur der Studie	3
2 Definitiorische und technische Einordnung von CDN	5
2.1 Definition von CDN	9
2.2 Technische Grundlagen von CDN	11
2.2.1 Technische Kernstruktur	11
2.2.2 Allgemeine Funktionsweise	19
2.2.3 Inhaltorientierte technische Segmentierung	22
2.2.4 Dienstportfolio	25
2.2.5 Standardisierung	27
2.3 CDN aus regulatorischer Sicht	28
2.4 CDN-Wertschöpfungskette	30
3 Der Markt für CDN	35
3.1 Marktvolumen	37
3.2 Angebot	40
3.2.1 Geschäftsmodelle im CDN-Markt	40
3.2.1.1 CDN-Spezialisten	46
3.2.1.2 Integrierte CDN-Betreiber	57
3.2.1.3 Reseller	75
3.2.2 Bedeutung der Anbietergruppen	77
3.2.2.1 Globaler Markt	77
3.2.2.2 Deutscher Markt	79

3.3 Nachfrage	80
3.3.1 Anforderungen und Entscheidungsfaktoren	80
3.3.2 Nachfragesegmente	83
3.3.2.1 Video / „Media & Entertainment“	83
3.3.2.2 Non-Video / „Enterprises“	86
3.3.3 Eigenbetrieb von CDN	88
4 Wettbewerbsaspekte	93
5 Ausblick	99
Abkürzungsverzeichnis	100
Literaturverzeichnis	101
ANHANG	104
Ausschreibung des CDN-Konditionsrahmenvertrags ARD	104

Abbildungen

Abbildung 1:	Global Consumer Internet Traffic 2011-2016	1
Abbildung 2:	Herkömmliche Inhaltübertragung und Inhaltübertragung im CDN (vereinfachte Darstellung)	7
Abbildung 3:	Globales CDN Server Netzwerk	11
Abbildung 4:	Funktionale Kernstruktur eines CDN	12
Abbildung 5:	Komponenten eines CDNs	13
Abbildung 6:	Strukturelemente von CDNs	14
Abbildung 7:	Funktionsweise eines CDN im Prozessdiagramm	21
Abbildung 8:	CDN-Betrieb im Kontext der Inhaltverteilung über das Internet	31
Abbildung 9:	Edgecast - Server-Standorte im Netzwerk	50
Abbildung 10:	OpenCDN von Edgecast	51
Abbildung 11:	Edgecast – Angebot für Carrier	52
Abbildung 12:	Limelight CDN	53
Abbildung 13:	Limelight – Orchestrate Application Platform	54
Abbildung 14:	CDNetworks	55
Abbildung 15:	Level 3 CDN	59
Abbildung 16:	CDN-Netzwerk von Ipercast	62
Abbildung 17:	CDN-Netzwerk der Media Broadcast (TDF)	65
Abbildung 18:	Angebote von Media Broadcast in der Wertschöpfungskette	66
Abbildung 19:	CDN-Lösung der Deutschen Telekom	71
Abbildung 20:	CDN-Netzwerk der DTAG - Server-Standorte und IP Links	71
Abbildung 21:	CDN-Netzwerk der BT	72
Abbildung 22:	CDN-Produkte von BT-Wholesale	73
Abbildung 23:	Wertschöpfungskette der Fernsehübertragung*	85
Abbildung 24:	Wettbewerbskräfte im CDN-Markt nach Porter	94

Tabellen

Tabelle 1:	Kennzahlen global führender CDN-Betreiber (2011)	38
Tabelle 2:	Überblick über mögliche Segmentierungskriterien für Anbieter im CDN-Markt	41

Infobox

Infobox 1:	Nutzen für verschiedene Stakeholder von CDNs	8
Infobox 2:	Peer-to-Peer CDNs	16
Infobox 3:	Cloud Services	17
Infobox 4:	Historische Entwicklung von CDNs	23
Infobox 5:	CDN-Federations-Modelle	74
Infobox 6:	CDN-Konditionsrahmenvertrag der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten	86
Infobox 7:	Google	88
Infobox 8:	Netflix	90
Infobox 9:	Amazon Cloudfront	91

Zusammenfassung

Ein CDN ist eine Software-Lösung, die als „Overlay“ zur existierenden Internet-Infrastruktur angesiedelt ist und im Zusammenspiel mit global verteilten, strategisch-geographisch platzierten Cache-Servern, die zum Teil mit Übertragungswegen verbunden sind, die Inhaltübertragung über das Internet optimiert. Die Möglichkeiten zur technischen Ausgestaltung des CDN und die Architektur des Server-Netzwerks sind sehr vielfältig. CDN werden bereits seit über zehn Jahren angeboten und unterliegen im Hinblick auf die angebotenen Funktionen und Dienste einem dynamischen Wandel. Neben den unmittelbar an den CDN-Betrieb anknüpfenden Kerndiensten gewinnen Mehrwertdienste im Markt stark an Bedeutung.

Aufgrund von Abgrenzungsproblemen ist es schwierig, Anbieter eindeutig dem CDN-Markt zuzuordnen und das Marktvolumen des CDN-Marktes zu erfassen. Das Marktvolumen kann mit weltweit etwa 2 Mrd. Euro (2011) als relativ klein eingeschätzt werden. Der Wettbewerb hat sich in den vergangenen Jahren stark intensiviert und wird vorwiegend über Preis und zunehmend über Innovationsfähigkeit und Qualität ausgetragen.

Die CDN-Betreiber sind in ein komplexes „Internet-Ökosystem“ eingebunden, mit dessen Akteuren (z.B. ISPs, Endkunden) sie in vielfältigen Beziehungen stehen. Die direkten Kunden der CDN-Betreiber sind jedoch Content Provider, die typischerweise ein hohes Datenvolumen über das Internet übertragen. Die Nachfrage nach CDN-Lösungen wird im Wesentlichen von dem dynamisch steigenden Datenverkehr getrieben. Im CDN-Markt haben sich Anbieter verschiedener unternehmerischer Herkunft etabliert, die sehr unterschiedliche Geschäftsmodelle und Strategien verfolgen. Anbieter wie Akamai, die ausschließlich im CDN-Betrieb tätig sind, haben den CDN-Markt seit seiner Entstehung geprägt und haben bis heute im weltweiten Markt eine herausragende Marktposition („CDN-Spezialisten“). Später in den Markt eingetreten sind CDN-Betreiber, die CDN zusätzlich zu ihrem bestehenden Produktportfolio vermarkten. Diese Betreiber verfügen zum Teil über ein eigenes Internet-Zugangsnetz („integrierte CDN-Betreiber“) oder vertreiben CDN-Dienste Dritter auf eigene Rechnung („CDN-Reseller“). Die Nachfrager von CDN können in die Segmente Video/Media & Entertainment und Non-Video/Enterprises eingeteilt werden, die sich im Hinblick auf das zu übertragende Datenvolumen und spezifische Mehrwertdienste unterscheiden. Für sehr große Nachfrager kommt auch der Aufbau eines eigenen CDN in Betracht.

Die zukünftige Entwicklung des CDN-Marktes hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab, die nur schwierig vorhersehbar sind. Nichtsdestotrotz erwarten die meisten Marktexperten, dass die Umsätze im CDN-Markt in den nächsten Jahren weiterhin wachsen werden. Welche Bedeutung CDN für die internetbasierte Inhaltübertragung gewinnen hängt u.a. davon ab, wie sich der Datenverkehr entwickelt und wie sich Beziehungen zwischen Content Providern und Netzbetreibern zukünftig gestalten.

Summary

A CDN is a software solution that is situated as an overlay to the Internet. It optimizes content delivery based on a globally distributed cache-server network. Cache-servers are placed in geographically strategic locations and are, but do not have to be, connected by dedicated transport links. The technical design of CDNs as well as the architecture of the server networks can take very different forms. CDNs have been in the market for more than 10 years and are subject to significant dynamic change in relation to their capabilities, functions and services offered.

It is challenging to determine an exact market volume for the CDN market, given the difficulties of identifying CDN activities and corresponding revenue streams only. However, the total world-wide revenue-based market volume is estimated to be relatively small at about €2 billion (2011). Competition in the CDN market has intensified over the last few years. Price has crystallized to be the main competitive variable. However, innovative capability, flexibility and quality are gaining a more prevalent role in competition.

CDN providers are part of a complex 'Internet-Ecosystem', which entails a myriad of different actors and relationships between them (e.g. ISPs, end-customers). Direct customers of CDNs are content providers, who generate a significant amount of data that needs to be carried over the Internet. The demand for CDN solutions is mainly driven by the dynamically increasing amount of data traffic. A number of different CDN business models and strategies have manifested themselves in the market. Providers like Akamai, who are 'CDN Specialists' with a sole focus on CDN provision, have shaped the CDN market since its infancy and throughout its development and have maintained a significant market position. Later market entrants are mainly characterized by offering CDN solutions in addition to an existing product portfolio. These providers are either 'Integrated CDN' providers, who own internet access infrastructure or who simply resell CDN services ('CDN Resellers'). The demand-side can be segmented into Video/Media & Entertainment and Non-Video/Enterprises, which differ with respect to the amount of data traffic carried and different value-added services offered. Large content providers also set up their own CDNs.

The future development of the CDN market will depend on a number of different factors and variables whose development is difficult to predict today; nonetheless, most market experts expect that CDN market revenues will continue to grow over the coming years. The significance of CDNs for internet-based content delivery will depend on how data traffic will evolve and how the relationship between content providers and network providers will develop.

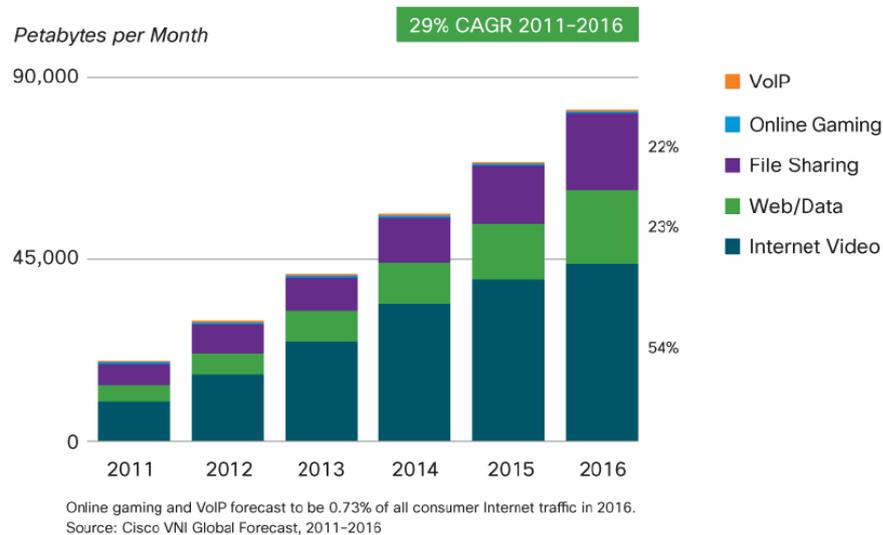
1 Einleitung

1.1 Einführung

Content Delivery Networks (CDN) haben seit ihrer Entstehung vor etwa zehn bis fünfzehn Jahren eine hohe Bedeutung für die effiziente Übertragung von internetbasierten Inhalten erlangt. Sie haben sich von anfangs weitgehend auf Caching ausgerichteten Server-Netzwerken zu Systemen mit zahlreichen Funktionen und hohem Innovationsgrad weiterentwickelt, die auf die zunehmend komplexen und dynamischen Internet-Inhalte ausgerichtet sind. Marktexperten schätzen, dass heute bereits etwa 30% der Datenübertragung im Internet auf CDN basiert¹ und potenziell bis zu 60% des Internet-Verkehrs über CDN übertragen werden könnte.²

Ein wesentlicher Treiber für CDN ist der dynamisch steigende Datenverkehr und der dadurch bedingte Bedarf an Lösungen zur effizienten Datenübertragung: Der globale Internet-Verkehr hat sich in den vergangenen fünf Jahren Erhebungen von CISCO zufolge verachtfacht.³ Voraussichtlich wird er auch zwischen 2011 und 2016 noch mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten (CAGR) von 29% zunehmen. In Westeuropa wird mit 27% eine etwas geringere CAGR erwartet, während Deutschland den Schätzungen von CISCO zufolge mit 29% im weltweiten Durchschnitt liegt (2011-2016)⁴.

Abbildung 1: Global Consumer Internet Traffic 2011-2016



Quelle: CISCO (2012), S. 6

¹ Vgl. Bertrand/Le Louedec (2011), S. 5.

² Vgl. Rubenstein (2011), S. 7.

³ Vgl. CISCO (2012), S. 6.

⁴ Country-Analysis Tool,

http://www.cisco.com/web/solutions/sp/vni/vni_forecast_highlights/index.html#-Country.

Der stark steigende Datenverkehr wird vor allem durch die zunehmende Verbreitung und stärkere Nutzung bandbreitenintensiver Videodienste verursacht. Immer mehr Konsumenten sind aufgrund der hohen Penetration unterschiedlicher (mobiler) Endgeräte mit Internet-Zugang in der Lage, auf Videodienste zuzugreifen. Aufgrund einer zunehmenden Vielfalt an videobasierten Angeboten und fallender Preise infolge stärkerer Konkurrenz werden die Dienste immer intensiver genutzt. Diese Entwicklungen werden voraussichtlich dazu führen, dass im Jahr 2016 mehr als die Hälfte des IP-Verkehrs durch Videodienste verursacht wird.⁵

Kostenaspekte stellen jedoch insgesamt eine komplexe Thematik dar, die in der vorliegenden Studie nicht eingehend untersucht werden kann. Es wird jedoch auf einzelne Aspekte der Kostenthematik hingewiesen, wenn sie in einem spezifischen Zusammenhang eine relevante Bedeutung haben (z.B. technische Ausgestaltung von CDN oder Wertschöpfungskette von CDN).

Bisherige CDN werden aus regulatorischer Sicht übereinstimmend nicht als Netze oder elektronische Kommunikationsdienste, sondern als Applikationen betrachtet und besitzen keine besondere regulatorische Relevanz. Dennoch haben sich aufgrund der zunehmenden Bedeutung von CDN und ihrer Potenziale Regulierungsbehörden vereinzelt mit der Fragestellung auseinandergesetzt, ob und unter welchen Bedingungen CDN relevant für die Regulierung werden könnten. Die Ergebnisse dieser Analysen werden in der Studie vorgestellt, um das grundlegende Verständnis von CDN zu ergänzen. Darüber hinaus werden regulatorische Aspekte in der Studie nicht weiter erörtert.

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt auf einer Analyse der Marktentwicklungen, in deren Mittelpunkt vor allem die vielfältigen Anbieter und Geschäftsmodelle stehen. Des Weiteren werden definitorische und technische Grundlagen von CDN erörtert, um ein fundiertes Verständnis von CDN zu erreichen.

1.2 Zielsetzung und methodische Vorgehensweise

Das Ziel der vorliegenden Studie besteht darin, durch eine umfassende Analyse des CDN-Marktes dazu beizutragen, einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten und Marktteilnehmer zu erlangen und ein besseres Verständnis möglicher Entwicklungspfade und zukünftiger Herausforderungen zu gewinnen.

Der Fokus der Studie liegt auf dem Betrieb von CDN und der Vermarktung der daran anknüpfenden Dienste. Daher werden Unternehmen, die Produkte und Dienste als Zulieferer erbringen (d.h. vor allem Hard- und Softwarehersteller), nur am Rande berücksichtigt.

⁵ Vgl. CISCO (2012), S. 6.

Die Studie konzentriert sich auf die folgenden Fragestellungen:

- Wie können CDN definiert und abgegrenzt werden?
- Wie sind CDN aus technischer Sicht konzipiert?
- Welche Dienste können auf der Basis eines CDN erbracht werden?
- Wie sieht die CDN-Wertschöpfungskette im Kontext der Inhaltverteilung über das Internet aus?
- Wie ist das Marktvolumen für CDN einzuschätzen?
- Welche Geschäftsmodelle werden im CDN-Markt implementiert?
- Welche Anbieter sind im CDN-Markt tätig?
- Welche Bedeutung haben unterschiedliche Anbietergruppen im globalen und im deutschen CDN-Markt?
- Welche Anforderungen haben Nachfrager an CDN?
- Welche Nachfragesegmente lassen sich abgrenzen?
- Wie sind die Wettbewerbsbedingungen im CDN-Markt?

Zur Bearbeitung dieser Fragestellungen wurden zunächst im Rahmen einer Sekundäranalyse alle relevanten öffentlich zugänglichen Quellen mittels Desk Research erhoben und ausgewertet. Da über den CDN-Markt bisher nur wenige Studien und Analysen vorliegen, mussten viele Informationen und Einschätzungen durch Primäranalyse ergänzt und überprüft werden. Daher leisteten Gespräche mit Vertretern von CDN-Anbietern und -Nachfragern einen hohen Erklärungsbeitrag für die vorliegende Studie.

1.3 Struktur der Studie

Die Studie beginnt mit einem einführenden Kapitel, das den Hintergrund des CDN-Marktes erläutert und Ziel, Methodik und Struktur der Studie aufzeigt.

Anschließend werden im zweiten Kapitel definitorische und technische Grundlagen von CDN erörtert. Dabei wird insbesondere auf die Abgrenzung von CDN eingegangen und eine generische Definition erarbeitet. Das Grundlagenkapitel umfasst eine Analyse der technischen Struktur und Funktionsweise von CDN und zeigt auf, welche Dienste auf der Basis eines CDN erbracht werden können. Darüber hinaus wird ein Überblick über Untersuchungen und Einschätzungen von Regulierungsbehörden gegeben, die sich bereits mit CDN auseinandergesetzt haben. Das Kapitel schließt damit ab, die CDN-Wertschöpfungskette in den Markt für internetbasierte Inhaltübertragung einzuordnen und die einzelnen Wertschöpfungsstufen aufzuzeigen.

Das dritte Kapitel bezieht sich auf eine umfassende empirische Analyse des CDN-Marktes. Zunächst wird auf die Größe des Marktes eingegangen. Danach wird die Angebotsseite des Marktes im Hinblick auf relevante Geschäftsmodelle, Anbietergruppen und im Markt tätige CDN-Betreiber untersucht. Die Analyse der Anbieterseite schließt mit einer Einschätzung der Bedeutung unterschiedlicher Anbietergruppen im globalen und im deutschen Markt ab. Anschließend werden Nachfragesegmente im CDN-Markt abgegrenzt und spezifische Anforderungen an CDN aus Nutzersicht erörtert.

Im vierten Kapitel werden Wettbewerbsaspekte im CDN-Markt untersucht und bewertet. Die Studie schließt mit einem Ausblick ab, der auf relevante Faktoren der zukünftigen Marktentwicklung eingeht.

2 Definitiorische und technische Einordnung von CDN

Zentrale Ergebnisse:

- Ein CDN ist eine Software-Lösung, die als „Overlay“ zur existierenden Internet-Infrastruktur angesiedelt ist und im Zusammenspiel mit global verteilten, strategisch-geographisch platzierten Cache-Servern, die zum Teil mit Übertragungswegen verbunden sind, die Inhaltübertragung über das Internet optimiert.
- Ein CDN kann verschiedene Arten von Webinhalten schnell und hochverfügbar auf verschiedene Endgeräte an Endkunden übertragen.
- Ein CDN kann auch als ein Internet-Verkehrsmanagement-Tool angesehen werden, das dem Internet Mehrwert bringt, indem es das Core Internet verkehrstechnisch entlastet und die QoS von Anbietern und somit die QoE für Nutzer erhöht.
- Ein CDN besteht aus verschiedenen technischen Komponenten / Elementen: infrastrukturelevante Elemente wie Ursprungsserver und Cache-Server (Auslieferungssystem), und dienstrelevante Elemente wie dem Verteilungssystem, dem Request-Routing System und dem Accounting System.
- CDNs können verschiedener Architektur / Struktur sein: Dezentralisiert / Hochverteilt; Zentralisiert; Cloud-Basiert / Virtualisiert, oder basierend auf Peer-to-Peer Technologie.
- Auf Basis von CDN wird ein breites Dienstespektrum angeboten:
 - (1) Kerndienste, die sich auf die einfache Inhaltübertragung beschränken (z.B. Audio/Video Streaming, Audio/Video Downloads, Software Downloads und Small Object Delivery), und
 - (2) unterstützende Mehrwertdienste (z.B. Analyse, Sicherheit, Intelligentes Verkehrsmanagement, Digital Rights Management, Geolocation, Dynamic Site Acceleration, Front-End Optimization, Transparent Caching, Licensed and Managed CDN, Application Acceleration, Mobile Content Acceleration usw.)
- Zusammenfassend sind CDNs eine Zusammenstellung von vielen verschiedenen technischen Komponenten, die man auch einzeln am Markt erwerben kann, und welche zusammen mit unterstützenden Funktionen als „One-Stop-Mehrwert-Dienst“ am Markt verkauft werden. Dabei gibt es „Standard“-Angebote sowie für den Kunden „maßgeschneiderte“ Angebote.
- CDNs sind historisch proprietäre Lösungen, die in der Regel technisch nicht miteinander kompatibel sind und sich deshalb nicht ohne weiteres verbinden lassen. Seit Mitte-2000 haben Interessengruppen bestehend aus ISPs, Netzbetreibern, sowie Hardware- und Softwareherstellern Standardisierungsbestrebungen ins Leben gerufen, um die technische Kompatibilität und Zusammenschaltung verschiedener CDNs zu ermöglichen.

- CDNs unterliegen bisher keiner Regulierung: CDNs sind nicht auf der Telekommunikationsnetzebene angesiedelt, sondern als Software Overlay zum Internet; sie basieren auf global verteilter Hardware (Cache Server), die am Rand des Internets in oder am Rand der Netze von ISPs untergebracht sind; CDNs beeinflussen nicht das dezentrale effiziente Routing des Internets und haben sich als kommerzielle Lösungen am Markt entwickelt.
- Der CDN-Betrieb ist Teil eines größeren „Ökosystems“ der Inhaltsverteilung über das Internet. Der CDN-Betreiber und sein Nachfrager, der Inhaltanbieter, stehen in diesem Ökosystem in komplexen Beziehungen zu anderen Akteuren. Manche ISPs haben eine Schlüsselfunktion: Sie unterhalten Geschäftsbeziehungen sowohl mit dem CDN-Betreiber als auch mit Inhaltanbietern und Endkunden.
- Der CDN-Betreiber konzentriert sich bei seiner Wertschöpfung auf die Errichtung und den Betrieb des CDN und die Vermarktung CDN-basierter Dienste an Inhaltanbieter. Mit Endkunden besteht keine direkte Geschäftsbeziehung.

Ein Content Delivery Network ist grundsätzlich darauf ausgerichtet, verschiedene Formen von Webinhalten zum Endkunden zu übertragen. Dies ist nicht neu – es ist die Kernfunktion des Internets, Inhalte zu übertragen. Allerdings ist die herkömmliche Übertragung von Inhalt über das Internet oft mit Schwierigkeiten behaftet, wie Verzögerung, Jitter, und Paketverlust. In der Regel wird im Internet weder Quality of Service (QoS) noch Quality of Experience (QoE) bei der Inhaltübertragung garantiert. Netzbetreiber sind bei (unvorhergesehenen) Verkehrsspitzen mit möglichen Kapazitätsengpässen konfrontiert.

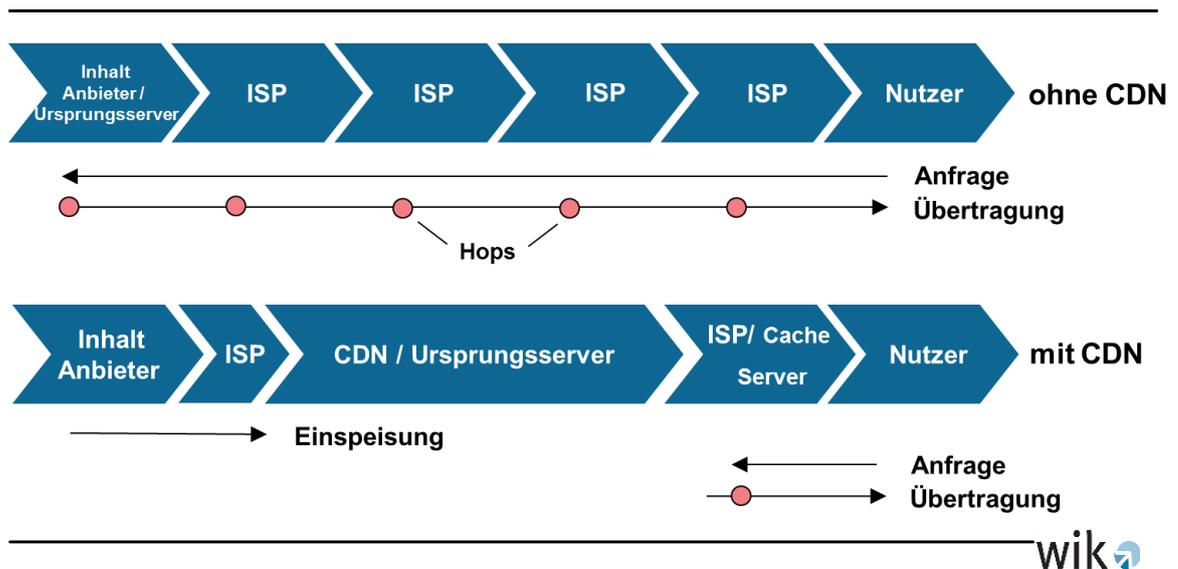
CDNs können als ein „Internet-Verkehrsmanagement-Tool“ im Core Internet dazu beitragen, mögliche Kapazitätsengpässe zu minimieren. Sie sind als „Software Overlay“ zur existierenden Internet Infrastruktur angesiedelt und implementieren eine Vielzahl von intelligenten Applikationen und Techniken (zum Beispiel Request Routing Algorithmen und Mechanismen), die auf die Optimierung von Inhaltübertragung spezialisiert sind. Diese Applikationen und Techniken reduzieren zusammen mit verteilter Hardware (Cache-Servern) die Verkehrsmenge, die bei der herkömmlichen Übertragung über das Core Internet transportiert wird. Die Cache-Server sind strategisch nahe dem Endkunden platziert, replizieren die nachgefragten Inhalte und ermöglichen so eine direkte Bedienung von Inhaltanfragen. Somit wird das Core Internet entlastet.⁶

Wie Abbildung 2 zeigt, wird die Anzahl der „Hops“, die der nachgefragte Inhalt zum Nutzer zurücklegen muss, durch das CDN reduziert. Der Inhalt geht in der Regel vom Cache Server, der dem Nutzer am nächsten ist, über das Zugangnetzwerk des ISPs

⁶ Vgl. hierzu auch OfCOM's „Traffic Management and Net Neutrality – A Discussion Document“ (2010), S. 51-54.

direkt zum Nutzer, ohne vorher durch das ganze Internet über zahlreiche „Hops“ geleitet zu werden. Dies gilt selbstverständlich nur für Inhalt, der auf einem Cache Server hinterlegt ist. Anderenfalls kann es passieren, dass der Inhalt direkt vom Ursprungsserver abgerufen werden muss.

Abbildung 2: Herkömmliche Inhaltübertragung und Inhaltübertragung im CDN (vereinfachte Darstellung)



Quelle: WIK, adaptiert von TELCO 2.0 Research August 2011

Ein CDN generiert also einen Mehrwert bei der Inhaltübertragung, der sich in einer durch den Endnutzer wahrgenommenen verbesserten QoE widerspiegelt. Der Sinn eines CDN besteht somit darin, die Nachteile der herkömmlichen Inhaltübertragung im Internet zu überwinden, und den Zugang zu Inhalten für den Nachfrager im Sinne der wahrgenommenen QoE und für den Anbieter im Sinne der messbaren QoS zu verbessern.

Neben CDNs gibt es auch andere Verkehrsmanagement-Praktiken, die die Verkehrsüberlastung im Core Internet reduzieren. Diese umfassen Traffic Shaping und Usage Caps, sowie Verkehrs-Priorisierung wie End-to-End QoS Verkehrsklassen, und z.B. DiffServ⁷, MPLS⁸ oder RSVP^{9,10}. Auch gibt es Praktiken, die im Zugangsnetzwerk an-

⁷ DiffServ bezeichnet „Differentiated Services“, was zur Klassifizierung von IP Paketen und Priorisierung von IP Verkehr genutzt wird, um eine bestimmte QoS zu garantieren. Vgl. auch <http://de.wikipedia.org/wiki/DiffServ>.

⁸ MPLS bezeichnet „Multiprotocol Label Switching“, was zur verbindungsorientierten Übertragung von IP Datenpaketen verwendet wird, um eine bestimmte QoS zu garantieren. Vgl. auch hierzu http://de.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol_Label_Switching.

⁹ RSVP bezeichnet „Resource Reservation Protocol“, was zur Reservierung von Netzwerkressourcen eingesetzt wird, um eine bestimmte QoS zu garantieren. Vgl. auch hierzu http://en.wikipedia.org/wiki/Resource_Reservation_Protocol.

gewendet werden, um die Überlastung an den Endpunkten zu reduzieren, wie „End-Point Based Congestion Control“, Internet Exchange Points und Peering. Im Gegensatz zu im Internet implementierten End-to-End QoS-Verkehrsklassen wird jedoch bei der Anwendung von CDNs nicht das dezentralisierte effiziente „Routing“ von Internetverkehr beeinträchtigt, da das CDN ein Software Overlay ist und die Hardware bei ISPs am Rand des Internets untergebracht sind.¹¹

So haben sich CDNs hauptsächlich zur Bewältigung der im Internet immer größer werdenden Datenmengen entwickelt und am Markt als gute und effektive Alternative zur herkömmlichen Inhaltsübertragung etabliert.

Infobox 1: Nutzen für verschiedene Stakeholder von CDNs

Ein CDN kann die folgenden Vorteile für CDN-Betreiber, Inhaltanbieter, Netzbetreiber und Endkunden realisieren:

- Vorteile für den CDN-Betreiber/Inhaltanbieter:
 - Die Content-Übertragung erfolgt deutlich schneller.
 - Die Content-Übertragung kann kostengünstiger realisiert werden.
 - Skalierbarkeit ermöglicht problemlose Handhabung von unvorhergesehenen Verkehrsspitzen.
 - Hohe Verfügbarkeit, da die Folgen eines möglichen Serverausfalls durch die auf globale Standorte verteilten Server reduziert werden, indem die nächstbeste Route für die Content-Übertragung gewählt wird.
- Vorteile für Netzbetreiber:
 - Kapazitätsengpässe können durch Verlagerung des Verkehrs vom Backbone auf das CDN besser gemanagt werden.
 - Investitionen in Netzinfrastruktur werden gesenkt.
- Vorteile für den Endkunden:
 - Höhere QoS durch bessere Performance, geringeren Paketverlust, und höhere Zuverlässigkeit.
 - Höhere wahrgenommene QoE beim Zugang zu Inhalten.

¹⁰ Vgl. hierzu auch OfCOM's „Traffic Management and Net Neutrality – A Discussion Document“ (2010), S. 51-54.

¹¹ Vgl. hierzu auch „BEREC's comments on the ETNO proposal for ITU/WCIT or similar initiatives along these lines“.
[http://berec.europa.eu/files/document_register_store/2012/11/BoR_\(12\)_120_BEREC_on_ITR.pdf](http://berec.europa.eu/files/document_register_store/2012/11/BoR_(12)_120_BEREC_on_ITR.pdf).

2.1 Definition von CDN

Während im Hinblick auf das Ziel und die grundsätzliche Funktionsweise eines CDN ein weitgehend übereinstimmendes Verständnis herrscht, hat sich eine einheitliche formale Definition von CDN noch nicht herausgebildet. Auch ist eine allumfassende Definition von CDN nicht wirklich sinnbringend möglich. Dafür sind vor allem die folgenden Aspekte verantwortlich:

- CDNs können strukturell verschieden konzipiert sein.
- Es existiert eine Vielzahl von Geschäftsmodellen und Anbietertypen.
- CDNs haben verschiedene technische Anforderungen, je nach der Art von Inhalt, der übertragen werden soll.
 - CDNs haben sich seit ihrer Entstehung in ihrem Dienstangebot stark gewandelt und werden sich voraussichtlich auch zukünftig verändern: Der zu übertragende Inhalt verändert sich (wird komplexer und reichhaltiger) und bedingt so die technische und architektonische Weiterentwicklung von CDNs.
 - Technologischer Fortschritt erweitert die Einsatzbereiche und Funktionalitäten von CDN.
- Die Dienste, die im Rahmen des CDN-Betriebs erbracht werden, sind inzwischen vielfältig und gehen über die reine Datenübertragung deutlich hinaus.

Mit Blick auf verschiedene Auffassungen und Interpretationen, Konzepte, Strukturen, Architektur und Funktionen von CDN und mit Untersuchung von verschiedenen im Internet vorhandenen CDN Definitionen¹², haben wir auf Basis der allgemeinen Funktionsweise eine Arbeitsdefinition zum Zweck dieser Studie wie folgt herausgearbeitet:

12 http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,2542,t=CDN&i=39466,00.asp
<http://whatis.techtarget.com/definition/content-delivery-network-CDN>
<http://www.webopedia.com/TERM/C/CDN.html>
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Content+Distribution+Network>
[http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-a-Content-Delivery-Network-\(CDN\)-74458.aspx](http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-a-Content-Delivery-Network-(CDN)-74458.aspx).

Ein CDN ist eine Software Lösung, die als „Overlay“ zur existierenden Internet-Infrastruktur angesiedelt ist und auf der Basis von global verteilten Cache-Servern, die zum Teil mit Übertragungswegen verbunden sind, die Inhaltübertragung über das Internet optimiert und verbessert.

Zu übertragende Inhalte können sowohl statischer als auch dynamischer Natur sein und können zum Beispiel Webseiten, Text-, Audio-, Video-, oder Bildinhalte sowie Live- und On-Demand Video Streaming, Online Games, (Geschäfts-) Applikationen, (Software-) Downloads, TV Programme etc.) umfassen.

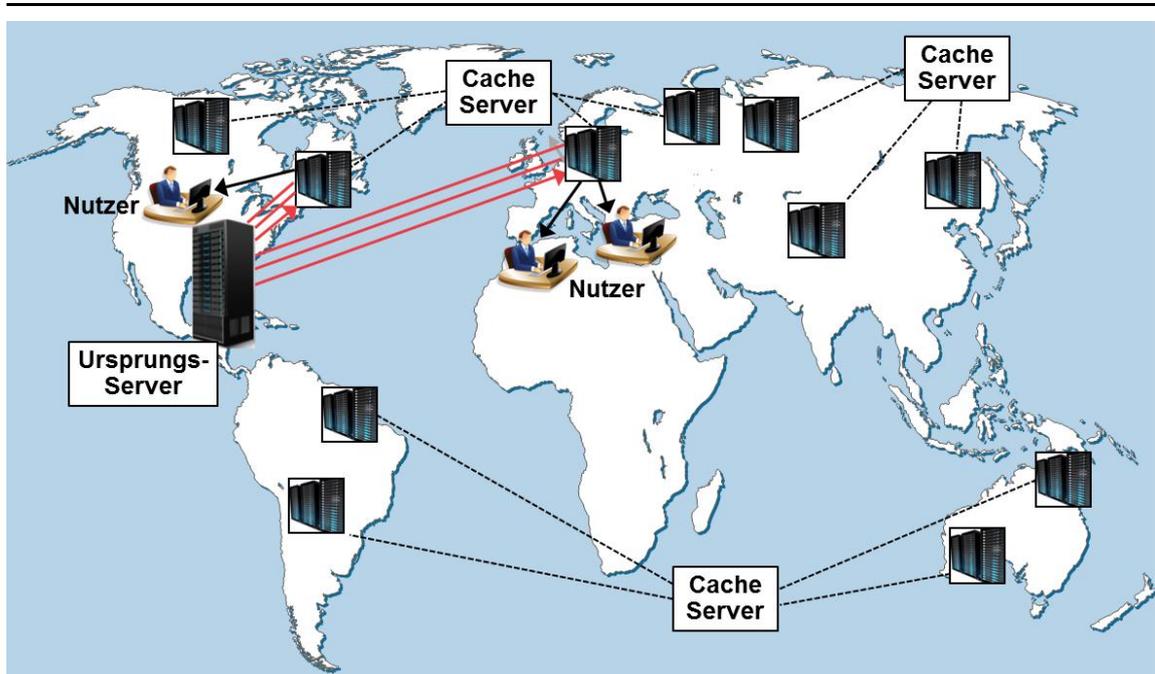
Die Server sind in der Regel an verschiedenen von CDN-Betreibern ausgesuchten geographisch-strategischen Standorten verteilt und sind üblicherweise am Rand oder auch innerhalb der Zugangsnetzwerke von Internet Service Providern („ISPs“) untergebracht (in z.B. Rechenzentren, Internetknoten).

CDN-Betreiber nutzen als Übertragungswege das Internet oder auch eigene oder angemietete Übertragungsinfrastruktur, um den Verkehr einen Teil des Weges zum Endkunden zu übertragen.

Diese Definition erfasst im Kern die Hauptaufgabe, Funktion und Zusammensetzung eines CDN, auch wenn CDNs in verschiedener Konzeption und architektonischer Struktur vorliegen können.

Ein globales CDN ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Ursprungsserver befindet sich in diesem Beispiel in Großbritannien und Cache-Server sind in den Netzwerken von ISPs an verschiedenen strategisch-platzierten Orten (zum Beispiel in Frankfurt, London, New York, Los Angeles, Sydney, Tokyo, Hong-Kong etc.) global verteilt.

Abbildung 3: Globales CDN Server Netzwerk



Quelle: WIK

2.2 Technische Grundlagen von CDN

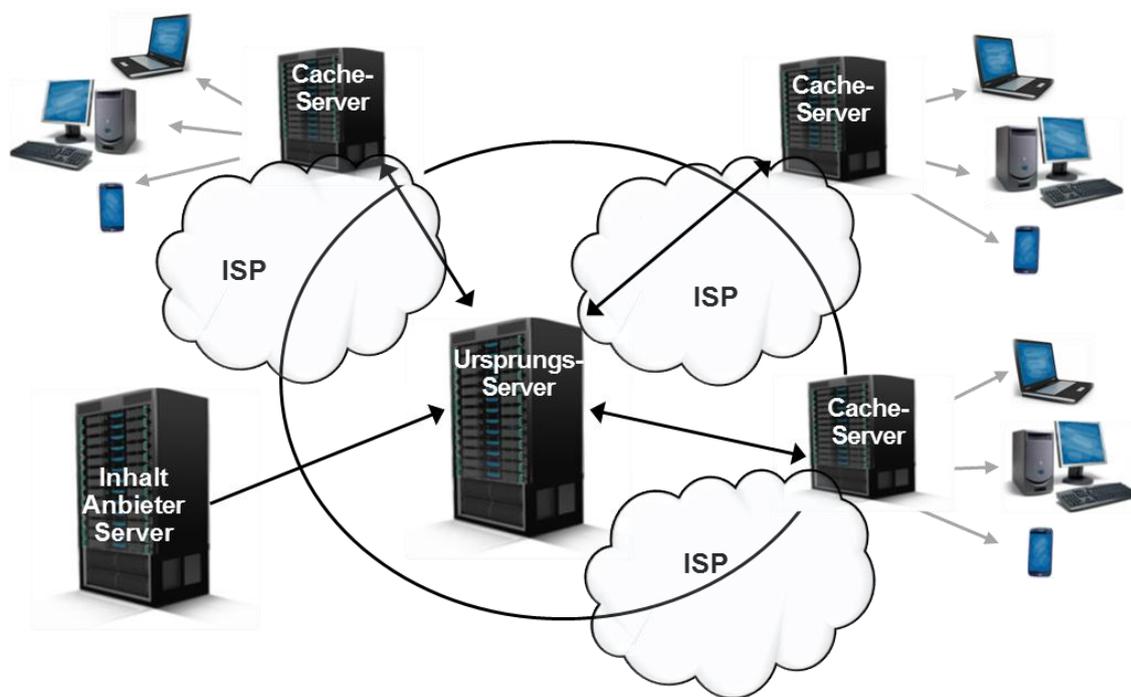
Abschnitte 2.2.1 bis 2.2.4 beschreiben (1) die technische Kernstruktur eines CDN; (2) die allgemeine Funktionsweise von CDNs; (3) die CDN Segmentierung: Was für Arten von CDN gibt es? und (4) CDN Dienstportfolio: Was für Dienste werden unter dem Begriff CDN angeboten? Letztlich werden noch (5) Standardisierungsbestrebungen von CDN, (6) CDN aus regulatorischer Sicht und (7) die CDN Wertschöpfungskette dargestellt.

2.2.1 Technische Kernstruktur

Die technische Kernstruktur eines CDN besteht in der Regel in einem Server-Netzwerk, welches einen oder mehrere Ursprungserver und mehrere, im CDN-Netzwerk verteilte Cache-Server umfasst. Diese sind an verschiedenen von CDN-Anbietern ausgesuchten geographisch-strategischen Standorten auf der Welt verteilt, und üblicherweise am Rand („Edge“) oder auch innerhalb der Zugangsnetzwerke (in z.B. Rechenzentren, Internetknoten) von Internet Service Providern untergebracht. Sie sind zum Teil durch Übertragungswege miteinander verbunden.

Bildlich lässt sich die Kernstruktur eines CDN wie folgt darstellen:

Abbildung 4: Funktionale Kernstruktur eines CDN



Quelle: WIK, adapted from „Content Delivery Networks“, NPT Report no 3 2012 und <http://t3n.de/magazin/content-delivery-networks-medieninhalte-geschicht-225211/>

Die Architektur des Servernetzwerks kann entweder „zentralisiert“ (z.B. Edgecast) oder „dezentralisiert“ (z.B. Akamai) sein. Eine zentralisierte Architektur besteht aus ein paar wenigen strategisch platzierten Points-of-Presence (PoPs), an denen die Cache-Server untergebracht sind. Eine dezentralisierte Architektur hat eine sehr viel größere Anzahl von Cache Servern, die an möglichst vielen Stellen, meist am Rand oder auch in den Netzwerken von ISPs, nahe dem Endkunden platziert sind. Server mit populärem Inhalt werden so nahe wie möglich am Endkunden in den Netzwerken von ISPs untergebracht und Server mit weniger populärem Inhalt im eigenen Netzwerk platziert. CDNs können auch auf Basis von „Peer-to-Peer“-Technologie oder als „Cloud CDN“ existieren. Peer-to-Peer-CDNs sind in Infobox 2 beschrieben. Ein Cloud CDN verwendet virtualisierte Serverinfrastrukturen zur Auslieferung von Inhalten¹³. Cloud Services und der Bezug zu CDNs sind in Infobox 3 näher beschrieben.

Ein CDN-Servernetzwerk ist wiederum ein komplexes System, das von einer Vielzahl an Support-Funktionen und Support-Equipment unterstützt wird, um die Einspeisung

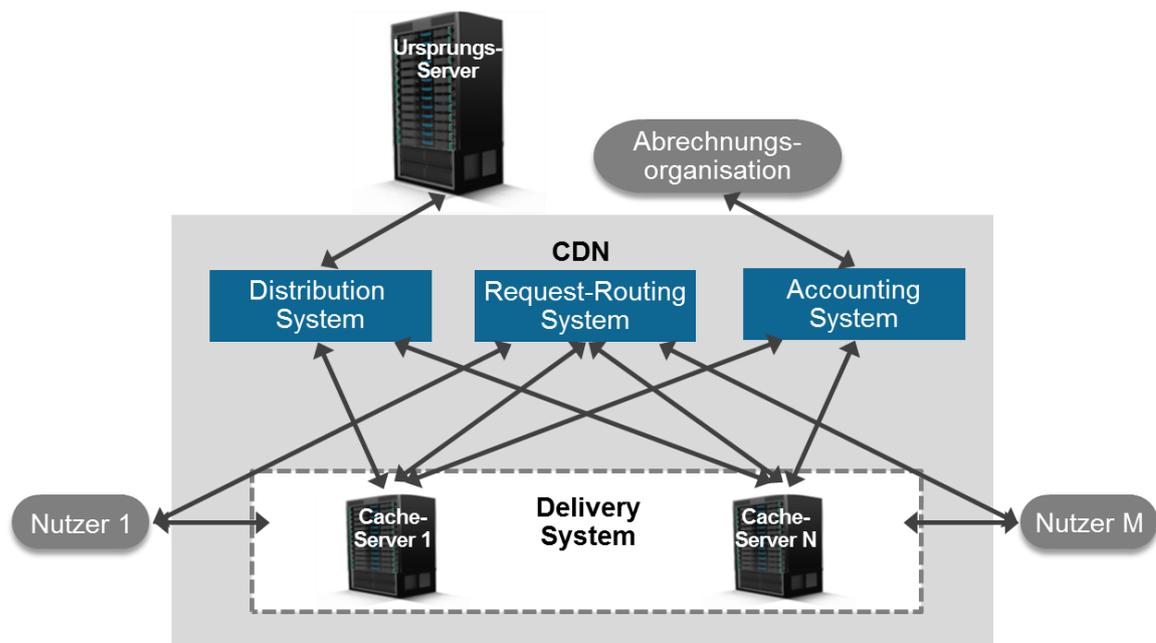
¹³ Vgl. Markus Vahlenkamp (2010), S. 14.

von Inhalt, Re-Routing, Verteilung, Replikation (Caching), Transfer und Datensammlung zu gewährleisten. Des Weiteren werden auch technische und administrative Support-Funktionen wie Formatumwandlung, Sammlung und Generierung von Statistiken, sowie Settlements / Abrechnung benötigt. Somit lassen sich zusätzlich zum Server Netzwerk bestehend aus Ursprungs- und Cache-Servern die folgenden technischen Komponenten identifizieren:

- **Request Routing System** – die Hauptaufgabe des Request Routing Systems besteht in der Weiterleitung der Inhaltsanfragen an die jeweiligen Cache-Server und setzt sich aus dem Algorithmus (welcher Cache-Server ist am besten geeignet?) und dem Mechanismus (tatsächliche Weiterleitung des Inhalts) zusammen.
- **Distribution System** – beinhaltet Mechanismen, die den Inhalt vom Ursprungserver auf die Cache-Server verteilen und für Konsistenz und Update der Cache-Server sorgen.
- **Accounting System** – das Accounting System dient der Generierung und Sammlung von Statistiken und der nutzungsbasierten Abrechnung.

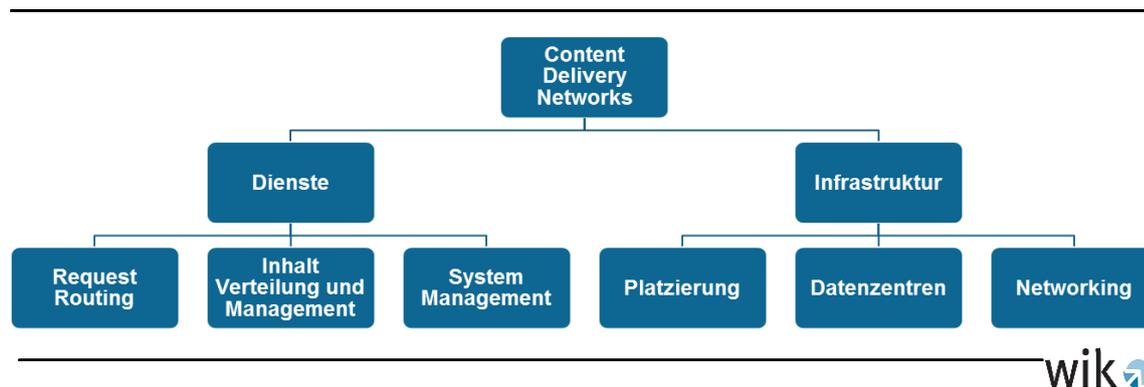
Die Komponenten eines CDN sind in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: Komponenten eines CDNs



Die oben genannten Komponenten eines CDNs lassen sich also grob in infrastrukturelevante Elemente und dienstrelevante Elemente unterteilen¹⁴. Hierbei kann bei den infrastrukturelevanten Elementen zwischen Platzierungsmechanismen, Datenzentren und Networking von / zwischen Ursprungs- und Cache-Servern, und bei den dienstrelevanten Elementen zwischen Request-Routing, Inhaltverteilung- und –Management (Distribution), und System Management (Accounting) unterschieden werden. Auch gibt es nutzerspezifische Dienste wie SLA-Management. Dies ist in Abbildung 6 dargestellt.¹⁵

Abbildung 6: Strukturelemente von CDNs



wik 

Quelle: WIK, adapted from "Content Delivery Networks and the Future Internet", Zoran Milicevic, Zoran Boycovic, December 2010, University of Belgrade

In Bezug auf die infrastrukturelevanten Elemente von CDNs geht es hauptsächlich um die geographische und architektonische Einrichtung (Platzierungsmechanismen und Datenzentren) von und Verbindung des CDN Servernetzwerks (Networking). Es gilt, die richtige Anzahl an und den richtigen Ort von Datenzentren zu bestimmen, wo die Cache Server untergebracht sind, die optimale Anzahl der Cache-Server zu bestimmen, die optimale Storage Kapazität in den POPs zu bestimmen, sowie die optimale Verbindung zwischen den Servern einzurichten¹⁶ (CDN-Architektur). Hierbei kann es wie schon oben kurz genannt, unter ausgewählten Kosten- und QoS-Gesichtspunkten zu sehr unterschiedlichen Ausprägungen kommen. Die Struktur hängt also von einer Reihe von Faktoren ab, wie der Ausgangssituation (vorhandene Infrastruktur), der vorhandenen Technologie, sowie Inputfaktorkosten von Servern, Transport, Computing, Energie, Land, Kollokation etc.. So kann man ein hoch verteiltes Server-Netzwerk einrichten mit einer großen Anzahl von Datenzentren und Cache-Servern (dezentralisierte Struktur, z.B. Akamai), oder aber ein CDN mit wenigen großen Datenzentren (zentralisierte

¹⁴ Vgl. Milicevic, Z. und Zoran Boycovic (2010).

¹⁵ Vgl. hierzu auch Markus Vahlenkamp (2010), S. 14.

¹⁶ Die Wahl der Architektur des CDNs (dezentral oder zentral) und die Verbindung der Cache-Server hängt stark von der Ausgangssituation des Anbieters ab (hat er bereits Infrastruktur, die genutzt werden kann etc.), sowie von den zum Zeitpunkt des Markteintritts vorhandenen Technologien.

Struktur, z.B. EdgeCast's SuperPOP Architektur)¹⁷. Einflussfaktoren der CDN-Architektur / Struktur werden kurz in Abschnitt 3.2.1 erläutert.

Dienstrelevante Elemente von CDNs schließen eine große Anzahl an unterstützenden Funktionen und Fähigkeiten ein, welche sich grob in Request Routing, Inhaltverteilung und dessen Management, Performance Monitoring und Management, und System Management, sowie Accounting einteilen lassen.

Die wichtigsten Mechanismen, die für eine effektive Inhaltverteilung unabdingbare Bestandteile eines CDNs ausmachen, und unter die oben genannten Funktionen fallen, wurden von Bartolini, Casalicchio und Tucci (2004) wie folgt identifiziert¹⁸:

- **Re-routing** ermöglicht das schnelle Re-routing von Inhaltanfragen, um entstandene Verkehrsspitzen ("bursts") und Staus ("congestions") zu umgehen.
- **Content Update** ermöglicht den automatischen Check von Inhaltveränderungen auf der Hostseite und die automatische Weiterleitung von verändertem Inhalt an den Rand des Netzwerks.
- **Active Measurement** ist im Access Router integriert und hat direkten Zugang zum "real time"-Internet Verkehr Status, um die schnellste Route zwischen dem Nachfrager und dem Cache Server in jeglicher Verkehrssituation zu bestimmen (auch in „Flash crowds“). Active Measurement stellt die Basis des Replica Selection Mechanismus dar.
- **Replica Selection** ist in den Cooperative Access Router integriert, um den nächsten verfügbaren Cache Server zu bestimmen, von dem der nachgefragte Inhalt geholt werden kann. Um den Service so robust wie möglich zu machen und die einzelnen Server nicht zu überladen, muss der Replica Selection Mechanismus auch über Zugangskontrollen und Load-Balancing Techniken verfügen.
- **Systems Management Mechanismen** beinhaltet Operational Support Systems (OSS) und Business Support Systems (BSS). Während OSS hauptsächlich unterstützende Funktionen ausübt wie Maintenance, Inventur, Dienstbereitstellung, Komponentenkonfiguration, und Fehlermanagement, ist die Hauptaufgabe des BSS, sich um Endkunden und unterstützenden Prozesse wie Order Management, Rechnungsmanagement, Payment Collection etc. zu kümmern.

¹⁷ Die gewählte Architektur ist oft allerdings historisch bedingt. So hatte die langsame Internetverbindung in den 90er Jahren zur Folge, dass die ersten CDNs architektonisch auf einem dezentralisierten Edge Netzwerk von vielen Tausenden von kleinen Storage Servern basierten.

¹⁸ N. Bartolini, E. Casalicchio, S. Tucci (2004): A Walk through Content Delivery Networks, Universita di Roma, La Sapienza, p.5.

Infobox 2: Peer-to-Peer CDNs

Ein CDN kann auch auf Basis von Peer-to-Peer („P2P“)-Technologie funktionieren. Bei einem Peer-to-Peer CDN handelt es sich zwar nicht um traditionelle CDN-Technologie und -Architektur, die von der obigen allgemeinen Definition abgedeckt wird, jedoch kommen P2P CDNs immer mehr zum Einsatz, da sie eine effizientere Nutzung von Ressourcen ermöglichen, indem jede Node die identische Verantwortung trägt und die gesamte über das P2P abgewickelte Kommunikation symmetrisch ist. Dies ist nicht neu – das Internet wurde praktisch als ein P2P-System entwickelt. Die Idee der Nutzung von P2P-Technologie für CDN ist (1) zentrale Server zu entlasten und (2) ungenutzte Ressourcen wie nicht ausgelastete Computer und Internetverbindungen von Endverbrauchern zu nutzen. Dieses System ist wesentlich billiger, ist allerdings auch weniger zuverlässig und hängt von der verfügbaren Bandbreite ab. Allerdings gibt es auch schon Lösungen, die Qualitätsprobleme adressieren.¹⁹ P2P CDNs sind z.B. File Sharing Services wie BitTorrent, Gnutella, FastTrack, welche hauptsächlich aus dem illegalen File Sharing (Z.B. Napster, Pirate Bay) bekannt sind und häufig auch für nicht-kommerzielle Zwecke eingesetzt werden. Dabei sei jedoch hervorgehoben, dass die P2P-Technologie selbst legal ist und auch von Unternehmen zur Verteilung von Content eingesetzt wird.

Im Kern besteht ein Peer-to-Peer CDN aus vier architektonischen Hauptelementen, welche das Fundament des CDN-Peering-Systems bilden. Diese sind das Request-Routing-Peering system, das Distribution Peering system, das Accounting Peering system, und die Cache Server. Zusammen kontrollieren sie die Auswahl des liefernden CDN, die Inhaltübertragung zwischen den Peer-to-Peer CDNs, sowie Usage Accounting und Billing und Settlement der Peer-to-Peer CDNs.²⁰

Peer-to-Peer-CDNs sollten nicht verwechselt werden mit „Peering of CDNs“: CDN Federations oder Zusammenschlüsse funktionieren zwar auf Basis von Peering-Vereinbarungen, da CDN-Peering es erlaubt, ohne große Investitionen mehrere CDNs zu kombinieren um die Reichweite und Größe der einzelnen CDNs auszubauen²¹, sind aber nicht gleichzusetzen mit P2P CDNs.

¹⁹ Vgl. auch „Content Delivery Networks: Ensuring quality of experience in streaming media applications“, TeliaSonera International Carrier, White paper 2008, p.12 und http://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network.

²⁰ Vgl. „Content Distribution Networks – State of the Art“, Telematica Instituut, 2001, p. 19, <https://doc.telin.nl/dsweb/Get/Document-15534/cdnsota.pdf>.

²¹ Vgl. „Content Distribution Networks – State of the Art“, Telematica Instituut, 2001, p. 19, <https://doc.telin.nl/dsweb/Get/Document-15534/cdnsota.pdf>.

Infobox 3: Cloud Services

„Cloud Computing“ („Rechnerwolke“) oder „Cloud Services“ erfahren zurzeit einen (Marketing) „Hype“, der alles, was mit IT-Dienstleistungen zu tun hat, zusammenfasst. Jedes Unternehmen wirbt mit „Cloud Präsenz“. Auch werden oft „Cloud Services“ oder „Cloud Computing“ im Zusammenhang mit CDNs genannt, oder es wird von „Cloud-basierten“ CDNs gesprochen. Diese Infobox gibt einen kurzen Überblick über Cloud Services.



Bei Cloud Computing sowie bei CDN gibt es keine allgemeingültige Definition. Jedoch orientiert man sich an der Cloud Computing Beschreibung von NIST (National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce), die Cloud Computing als „ein Modell“ beschreibt, „das es erlaubt, bei Bedarf jederzeit und überall bequem über ein Netz auf einen geteilten Pool von konfigurierbaren Rechnerressourcen (z. B. Netze, Server, Speichersysteme, Anwendungen und Dienste) zuzugreifen, die schnell und mit minimalem Managementaufwand oder geringer Serviceprovider-Interaktion zur Verfügung gestellt werden können.“²²

Dem NIST zufolge sind Cloud Services durch die folgenden Eigenschaften charakterisiert:

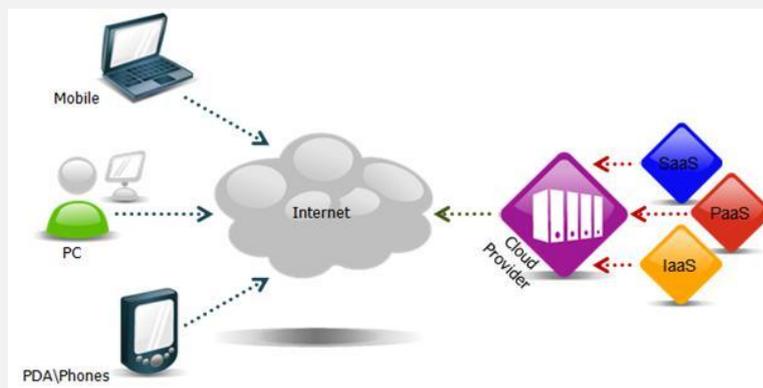
- On-demand self-service: Für den Nutzer sind Dienste wie z.B. Network Storage, automatisch und ohne Interaktion mit dem jeweiligen Service Provider zugänglich.
- Broad network access: Die Dienste sind über das Netzwerk auf der Basis von Standardmechanismen zugänglich, die jede Form der Kundenplattform und des Zugangsgeräts unterstützen (z.B. Mobiltelefon, Tablet PC, Laptop, Workstation).
- Resource Pooling: Der Ressourcenpool des Cloud Services Providers, der verschiedene physische und virtuelle Ressourcen umfasst, ist mehreren Nutzern zugänglich und kann entsprechend des Kundenbedarfs dynamisch zugewiesen werden. Er ist durch eine gewisse „Location Independence“ gekennzeichnet in dem Sinne, dass der Kunde i.d.R. den genauen Standort der zur Verfügung gestellten Ressourcen nicht kennt bzw. nicht kontrollieren kann.
- Rapid Elasticity: Die Dienste sind in hohem Maße skalierbar und können elastisch (teilweise auch automatisch) entsprechend der Kundennachfrage zur Verfügung gestellt werden.
- Measured Services: Die Ressourcennutzung kann gemessen und überwacht werden und entsprechend bemessen auch den Cloud-Anwendern zur Verfügung gestellt werden.

²² Vgl. NIST (2011), S. 2. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik beschreibt Cloud Computing ähnlich: Cloud Computing bezeichnet das dynamisch an den Bedarf angepasste Anbieten, Nutzen und Abrechnen von IT-Dienstleistungen über ein Netz. Angebot und Nutzung dieser Dienstleistungen erfolgen dabei ausschließlich über definierte technische Schnittstellen und Protokolle. Die Spannweite der im Rahmen von Cloud Computing angebotenen Dienstleistungen umfasst das komplette Spektrum der Informationstechnik und beinhaltet unter anderem Infrastruktur (z. B. Rechenleistung, Speicherplatz), Plattformen und Software.

Grob unterteilt werden können diese Dienste in die Kategorien

- Infrastructure-as-a-Service (IaaS): z. B. Speicherplatz über das Internet
- Platform-as-a-Service (PaaS): z. B. Bereitstellung von Entwicklertools über das Internet
- Software-as-a-Service (SaaS): z. B. Nutzung einer Applikation über das Internet

Eine visuelle Veranschaulichung findet man auf „Privacy in the Cloud“, Princeton University²³:



Darüber hinaus kann nach dem Betreibermodell („managed“ oder „unmanaged“) und der Infrastruktur (dediziert oder shared) unterschieden werden in die folgenden Cloud-Arten:

- Private Cloud: dedizierte Infrastruktur, unmanagedes Betriebsmodell (Self Service)
- Community Cloud
- Public Cloud: geteilte (shared) Infrastruktur, unmanagedes Betriebsmodell (Self Service)
- Hybrid Cloud

Von der Nachfragerseite lassen sich Cloud Services wie folgt verstehen: Wenn man als Nachfrager einen Cloud Service erwirbt, dann kauft man anstelle von physischen Anlagegütern Zugang zu Cloud Computing und Cloud Storage Ressourcen (oder IT-Diensten) „on-Demand“ über das Internet und zahlt nur für die tatsächliche Nutzung. Somit können Cloud Dienste auch als kosteneffektive Alternative für kostenintensive und auf Hardware und Manpower basierende IT-Dienste interpretiert werden. Cloud Services erfordern keine eigene Netzwerkkapazität oder dessen Planung und Bereitstellung und auch kein IT-Personal. Cloud Services sind „Pay-As-You-Go“ Dienste, die sich proportional zur Geschäftsaktivität bewegen und so besonders attraktiv sind für KMUs, welche nicht die finanziellen Ressourcen besitzen, um eigene „dedizierte“ Server zu betreiben. (Vgl. <http://www.princeton.edu/~ddix/cloud-computing.html>).

Cloud Services werden von vielen Marktteilnehmern als einer der wichtigsten Trends im IT-Markt der letzten Jahre bezeichnet, obwohl es „Cloud Dienste“ laut Interview-Teilnehmern funktional betrachtet schon seit Jahren auf dem Markt gibt. Im Jahr 2011 nutzten in Deutschland einer Studie von Kelton Research zufolge 76% der Unternehmen Cloud Services.²⁴

²³ Vgl. <http://www.princeton.edu/~ddix/cloud-computing.html>.

²⁴ Vgl. Halbinger (2012).

Beziehung zu CDNs

Die meisten der großen CDN Anbieter bieten auch Cloud Services an, um ihren Kunden ein komplettes Produktportfolio bieten zu können. Jedoch dient Cloud Computing nicht primär der Inhaltverteilung, sondern ist vielmehr mit IT-Outsourcing und Storage verwandt und kann als Substitut für eigene IT-Dienstleistungen und Infrastruktur stehen. Zwar gibt es auch CDNs, die Teil der Cloud-Infrastruktur sind (vgl. AT&T Cloud-based CDN²⁵ – die Serverinfrastruktur oder Teile davon sind virtualisiert, sodass sie zum Beispiel dezentralisierte und zentralisierte CDNs bei der Auslieferung von Inhalten während Flash Crowds unterstützen können²⁶), jedoch sind Clouds und CDNs nicht miteinander substituierbar und erfüllen andere Funktionen. CDNs sind weitaus komplexere und spezialisiertere Systeme, die sehr spezifische und komplexe Funktionen erfüllen. Somit sind Cloud Services und CDNs funktional nicht verwandt und lassen sich voneinander abgrenzen. Auch besteht die Abgrenzung in der Beziehung zum Endkunden. Während es bei CDNs zwischen Endkunden und CDN keine Beziehung gibt, besteht bei Cloud Diensten eine direkte vertraglich feste Beziehung zwischen dem Endkunden und dem Cloud Dienste Anbieter.

2.2.2 Allgemeine Funktionsweise

Um zu verstehen, wie CDNs im Allgemeinen funktionieren, sollte man sich zuerst als Vereinfachung die Funktionsweise von herkömmlichen Websites genauer ansehen. Das Grundprinzip ist ähnlich: wenn man eine URL in den Webbrowser eintippt, dann wird zuerst eine Anfrage an den Webserver geschickt, welcher die nachgefragte Webseite beinhaltet. Wenn der Server die Anfrage bekommen hat, schickt er alle Inhalte, die in der Website enthalten sind, an den nachfragenden Computer. Diese Inhalte können von verschiedenem Typ sein, wie HTML, CSS, JavaScript Files, Bilder, Audio Files und Video Files. Wenn es sich um ein Text File handelt, geht die Übertragung sehr schnell. Handelt es sich jedoch um ein Video File, so kann es wesentlich länger dauern. Eine der Variablen, die die Herunterladegeschwindigkeit beeinflusst, ist die physische Distanz zwischen dem Webserver und dem anfragenden Computer. Eine andere Variable ist die physische Bandbreite der Server und die Anzahl von Endnutzern, die gleichzeitig denselben Inhalt nachfragen. Wenn ein Inhabtanbieter eine Website hat, die viel bandbreitenintensiven Inhalt wie Video, Audio etc. beinhaltet, dann reicht zum Beispiel eine herkömmliche Hosting-Lösung nicht aus und ein CDN ist die bessere Lösung.

Die effizientere Inhaltübertragung im CDN lässt sich durch das weit verteilte Server-Netzwerk realisieren, welches den Inhalt näher zum Endkunden bringt. Wenn ein Endnutzer einen bestimmten Inhalt anfordert, prüft der Cache-Server, der geographisch am nächsten zum Endnutzer ist, ob er den Inhalt bereits besitzt. Wenn nicht, wird die Anfrage (unverschlüsselt oder SSL-verschlüsselt) entweder

²⁵ Vgl. <http://www.att.com/gen/press-room?pid=20121&cdvn=news&newsarticleid=32067>.

²⁶ Vgl. Arlitt und Jin 2000, ARLITT, M.; JIN, T.: A workload characterization study of the 1998 World Cup Web site. In: Network, IEEE 14 (2000), Mai, Nr. 3, S. 30–37. – ISSN 0890-8044.

- an den Ursprungsserver weitergeleitet und der Cache-Server macht sich eine Kopie des nachgefragten Inhalts (in der Regel beinhaltet jeder Cache-Server eine Kopie des Ursprungsinhalts, sodass z.B. ein Nutzer in Japan, der einen Inhalt aus z.B. USA anfragt, von einem Sever in Tokyo und ein Nutzer in Deutschland von einem Server in Frankfurt mit dem gleichen Inhalt gleichzeitig bedient werden kann),
- an einen anderen nahegelegenen Cache-Server weitergeleitet, oder
- der Ursprungsserver „pushed“ die Inhalte auf die Cache-Server, welche interagieren, um die Replikations- und die Update-Kosten möglichst gering zu halten.

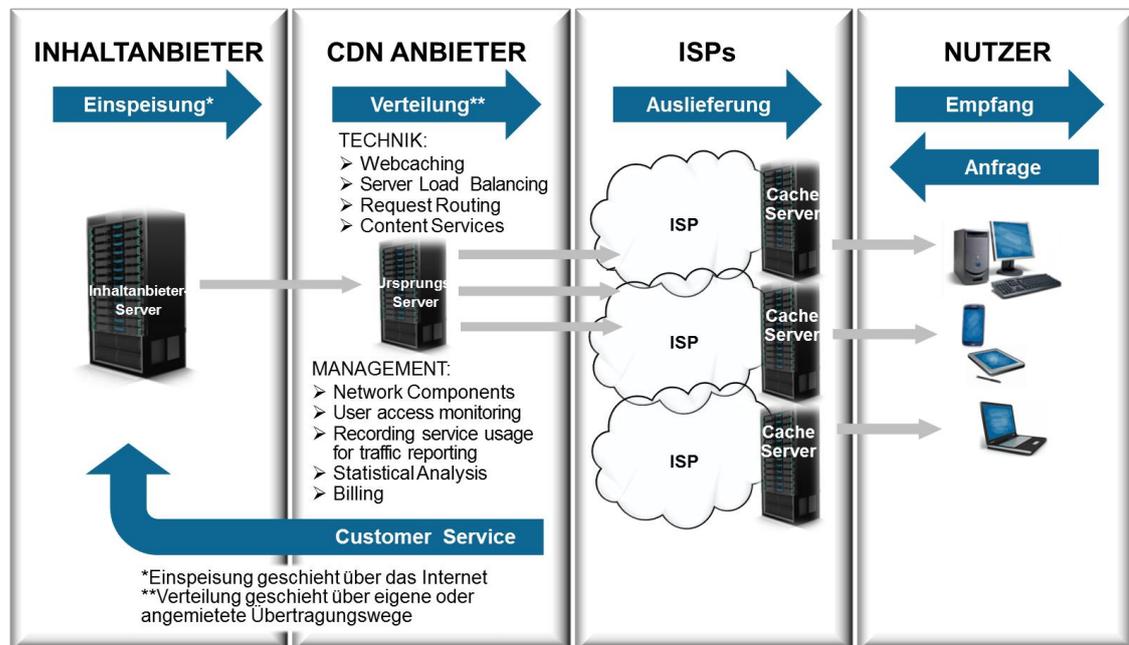
Sobald ein Endnutzer einen Inhalt abrufen will, wird für die Datenübertragung zwischen Server und Endnutzer jeweils die kürzeste Route (gemessen z.B. an der Anzahl der „Hops“) gewählt und damit eine möglichst hohe Geschwindigkeit bei der Datenauslieferung erzielt.

Die Weiterleitung des Inhalts wird auf Basis von Mechanismen wie Domain Name System („DNS“) basierendes Request Routing²⁷, URL Rewrite²⁸, HTTP Redirection²⁹, Global Server Load Balancing (GLSB)³⁰ und Anycasting³¹ realisiert. Das „Request-Routing“- und „Load Balancing“ System³² sorgt dafür, dass Anfragen immer bei Servern eingehen, die im Moment der Anfrage freie Ressourcen haben und möglichst in geographischer Nähe des Endnutzers sind. Dies führt auf der einen Seite dazu, dass die Anfragen möglichst schnell beantwortet werden und auf der anderen Seite dazu, dass sie möglichst wenig Bandbreite benötigen. Für die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit der Inhaltübertragung ist der Standort der Cache Server von strategischer Bedeutung. Je näher der Server beim Endkunden steht, desto besser kann die Content-Übertragung realisiert werden. Die Auswahl der Serverstandorte erfolgt u.a. anhand der Benutzerstandorte, des Netzwerkstatus und unter Kostengesichtspunkten.

-
- 27** Vgl. http://www.watchguard.com/help/docs/edge/10/en-US/index_Left.html#CSHID=en-US%2Fproxies%2Fdns%2Fdns_proxy_about_f.html|StartTopic=Content%2Fen-US%2Fproxies%2Fdns%2Fdns_proxy_about_f.html|SkinName=Edge DNS Routing ist der „Naming Service“ des Internets, welcher den Domain Name in eine IP Adresse umwandelt. Das Domain Name System (DNS) ist ein Servernetzwerk System, welches die numerische IP Adresse in lesbare, hierarchische Internet Adressen übersetzt und vice versa.
- 28** <http://www.expertglossary.com/seo-search-marketing/definition/url-rewrite>.
- 29** Vgl. Markus Vahlenkamp (2010) „Content Delivery Networks – Chancen und Konzepte für Internet Service Providers“, Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, S. 11; http Redirection bietet durch die 3xx Status Codes im HTTP-Header die Möglichkeit, Clients zu signalisieren, dass sie ihre Anfrage an einen anderen Server erneut stellen sollen. Kann zu zusätzlicher Latenz führen.
- 30** Vgl. <http://kb.eukhost.com/global-server-load-balancing/>. GLSB ist eine Erweiterung des Load Balancing – Internet Verkehr kann auf verschiedene Datenzentren an global verschiedenen Orten verteilt werden.
- 31** Vgl. <http://en.wikipedia.org/wiki/Anycast> - Anycasting ist eine Netzwerk Adressen und Routing Methodik, die Datagramme, die von einem Sender ausgehen an den topologisch nächstgelegenen Knoten einer Gruppe von potentiellen Empfängern schickt.
- 32** Vgl. http://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network.

Abbildung 7 stellt die Funktionsweise eines CDN im Prozessdiagramm dar.

Abbildung 7: Funktionsweise eines CDN im Prozessdiagramm



Quelle: WIK

Wie in Abbildung 7 dargestellt ist, speist der Inhaltanbieter den Inhalt in den Ursprungsserver ein, der sich entweder bei dem Inhaltanbieter selbst oder bei dem CDN-Anbieter befindet³³. Die Einspeisung des Inhalts durch den Inhaltanbieter in das CDN geschieht über das Internet. Der CDN-Anbieter nutzt das Internet oder das eigene oder angemietete IP-Netz, um die Inhalte vom Ursprungsserver auf die Cache Server zu verteilen, die in der Regel am Rand oder in den Netzwerken von ISPs platziert sind. Die Nutzung von Web Caching, Server Load-Balancing, Request Routing und anderen Techniken ermöglicht die effizientere Inhaltverteilung. Der ISP liefert die nachgefragten Inhalte über die Zugangsverbindung des Endnutzers an den Endnutzer aus. Dienstleistungen des CDN-Anbieters an den Inhaltanbieter umfassen außerdem Management der Inhaltverteilung (Management der Network Components, User Access Monitoring, Recording von Servernutzung für Traffic Reporting, Statistische Analyse, Billing) sowie Customer Services.

³³ Wo sich der Ursprungsserver befindet, hängt in der Regel von dem zu verteilenden Inhalt ab. Handelt es sich zum Beispiel um vertrauliche (oft dynamische) Daten, gibt der Inhaltanbieter die Daten nicht aus der Hand und bedient vom eigenen Ursprungsserver (z.B. Online Banking, ECommerce etc.). Vgl. auch Markus Vahlenkamp (2010) "Content Delivery Networks – Chancen und Konzepte für Internet Service Providers", Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, S. 19.

2.2.3 Inhaltorientierte technische Segmentierung

Die in 2.2.1 genannten Komponenten sind allgemein in jedem CDN vorhanden. Allerdings gibt es je nach Inhalt verschiedene technische Anforderungen an ein CDN. So stellt ein statischer Inhaltenanbieter nicht die gleiche funktionale Anforderung an ein CDN, wie ein Inhaltenanbieter, der dynamischen, sich verändernden Inhalt anbietet. Streaming ist zum Beispiel als Lösung für dynamischen Inhalt kostspieliger anzubieten als Lösungen für statischen Inhalt, die spezielle Server und Software sowie Lizenzen für z.B. Adobe Flash Media Server oder Windows Media Server erfordern.

Die zu übertragenden Inhalte geben vor, wie das CDN technisch realisiert werden muss. Dementsprechend lassen sich grob vier Arten von CDNs identifizieren, die verschiedene technische Komponenten beinhalten sowie auf verschiedene unterstützende Funktionen angewiesen sind³⁴:

- **„Legacy CDN“, welche unkomplizierten Inhalt wie Text, Bilder, Dokumente, und Video übertragen.** Die Technik, die für Legacy CDNs genutzt wird, ist hauptsächlich die der Web Acceleration. „Legacy CDNs“ übertragen meist sehr große Datenmengen und werden von Nachfragern oft separat ausgeschrieben.
- **„On-Demand Video CDN“, welche voraufgezeichneten oder vorkodierten Videocontent übertragen.** Anfangs benötigte man für die Übertragung von „On-Demand Video“ einen Streaming Server und deshalb unterschied man All – Zweck von On Demand Video CDNs. Heute können „Legacy“ CDNs auch Video übertragen auf Basis von Direct Download, Progressive Download (z.B. YouTube) oder HTTP Streaming in Zusammenhang mit Adaptive Bitrate (ABR) Encoding und Delivery. „On Demand Video CDNs“ übertragen meist auch sehr große Mengen an Daten.
- **„Live Video CDN“, welche Live-Videocontent übertragen.** Live-Video CDNs sind technisch anders als „All Zweck“- und „On Demand“-CDNs, da sie auf einer leicht anderen Infrastruktur basieren. Da Live-Video nicht repliziert werden kann, bedarf es für ein Live Video CDN an Leitungen entweder mit höherer Bandbreite zwischen einer zentralen Lokation und dem End-Zuschauer oder aber Leitungen mit niedrigerer Bandbreite die den Live-Stream an einen Repeater oder Reflektor schicken, welcher näher am Endkunden ist. Die Kosten für ein Live Video CDN sind sehr hoch. Meist werden „Live Video CDNs“ von Anbietern angeboten, die sich nur auf Streaming spezialisiert haben.
- **„Application CDN“, welche auf die Übertragung von Software Downloads, Applications etc. spezialisiert sind.** Dies sind CDNs, welche auf sich technisch stark von „All Zweck“ und „Video CDNs“ unterscheiden. Application CDNs

³⁴ Vgl. „What is a Content Delivery Network?“ [http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-a-Content-Delivery-Network-\(CDN\)-74458.aspx](http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-a-Content-Delivery-Network-(CDN)-74458.aspx).

basieren auf einer Suite von Technologien, die sich aus WAN Optimization Controllern („WOC“) und Application Delivery Controllern („ADC“) zusammensetzen. Das ADC ist ein Advanced Traffic Management Device, welches auch als Web Switch, Content Switch oder Multilayer Switch bekannt ist, und Verkehr unter Nutzung von bestimmten Anwendungskriterien auf die geographisch verschiedenen verteilten Server verteilt.³⁵

Die meisten der großen CDN-Anbieter bieten alle Arten von CDNs über ihre CDN-Plattform an, welche mit allen technischen „Fähigkeiten“ und Funktionalitäten ausgestattet ist, um jeglichem Inhalt gerecht zu werden (Vgl. www.akamai.com, www.edgecast.com, www.limelight.com etc.). Kleinere Anbieter spezialisieren sich teilweise auf eine bestimmte Art von Inhaltübertragung (vgl. TV1.eu, Ipercast etc.).

Infobox 4: Historische Entwicklung von CDNs

Das Internet ist ein sich fortwährend ändernder Mechanismus für das Management, Verbreiten, Kreieren und das Überliefern von verschiedenen Inhalten und Diensten. Vor der Entstehung von CDNs gab es Server Farmen, hierarchisches Caching, Verbesserungen von Web Servern und die Einführung von Caching Proxies. Das Hauptaugenmerk war auf die Entwicklung von Infrastruktur gerichtet, auf Spiegelung von Inhalten, Caching und Multihoming. Aus diesen Technologien haben sich CDNs entwickelt.

CDNs als Begriff gibt es seit mehr als 10 Jahren. Die ersten CDNs entstanden in den **späten 90er Jahren**. In Rechenzentren wurden erstmals gespiegelte Server eingesetzt, um auf der Basis von Dial-up Internet Verbindungen statische Inhalte wie Software, Texte und Bilder auszuliefern und die populärsten Websites effektiver zu machen. Die langsame Internetverbindung hatte zur Folge, dass die ersten CDNs architektonisch auf einem dezentralisierten Edge Netzwerk von vielen Tausenden von kleinen Storage-Servern basieren. Die Haupttechnologien, die in den ersten CDNs eingesetzt werden, sind Replikationstechniken, Intelligentes Routing und Edge Computing Methoden. Das „Legacy CDN“, das auch oft nur mit „Web Acceleration“ bezeichnet wird, entwickelt sich³⁶.

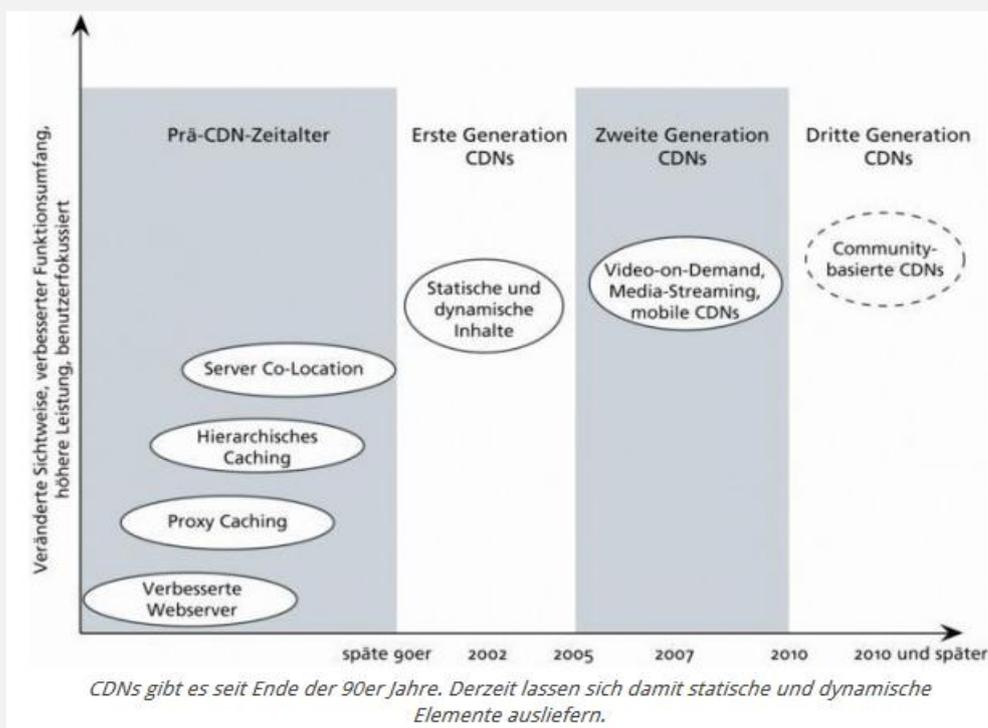
Seit etwa 2005 können CDNs zusätzlich zu statischen Inhalten auch dynamische Inhalte verbreiten. Raw Computing, Video-on-Demand, Live-Video und Audio- und Media-Streaming, sowie Nutzerinteraktion sind umsetzbar. „On Demand Video CDNs“ sowie „Live Video CDNs“ erscheinen auf der Bildfläche. Die Nutzer greifen dabei über lokale Rechner oder mobile Endgeräte auf die Inhalte zu. Die zweite Generation von CDNs hat signifikant mehr Speicherkapazitäten bei einer geringeren Anzahl von POPs und

³⁵ Vgl. auch http://en.wikipedia.org/wiki/Application_delivery_network.

³⁶ Vgl. <http://amkpathan.wordpress.com/article/ongoing-trends-and-future-directions-in-3uxfz2buz8z1w-2/>, 5 July 2011.

kann so den Anforderungen der stark gestiegenen Nachfrage nach Bandbreite besser begegnen³⁷. Zweite Generation CDNs wenden Peer-to-Peer, energieeffiziente und Cloud Computing-Techniken an³⁸.

Seit etwa 2010 gibt es CDNs, die als „Community-basierte CDNs“ oder „Active Content“ CDNs bezeichnet werden können. Durch das rapide Wachstum von Peer-to-Peer-Techniken und die Weiterentwicklung und Verbesserung von Inhaltproduktion und „Retrieval Tools“ wird die Entwicklung von Nutzergenerierten aktiven Inhalten vorangetrieben³⁹. So werden peer-to-peer-Netzwerke vorwiegend von den Endverbrauchern beherrscht.



Quelle: <http://t3n.de/magazin/content-delivery-networks-medieninhalte-geschickt-225211/>

Die **Zukunft** gehört CDNs, welche weniger „hardwareintensiv“ sind. Durch fallende Hardware-, Storage- und Transit-Preise treten immer mehr „Web Service CDNs“ in den Markt ein. Diese CDN-Anbieter haben so gut wie keine eigene Infrastruktur und konzentrieren sich hauptsächlich auf mittelständische Kunden. Solche CDN-Anbieter nutzen entweder die Infrastruktur von existierenden CDN-Anbietern (Yottaa / Amazon vgl. <http://www.yottaa.com/>) oder haben ein paar hundert Server für die Übertragung von Small File Inhalten oder dynamischen Inhalten installiert.

³⁷ Vgl. http://www.us.ntt.net/downloads/papers/The_Value_of_a_CDN_2010.pdf, Whitepaper 2010.

³⁸ Vgl. dazu auch <http://www.cdnreviews.com/cdn-history/>.

³⁹ Vgl. <http://amkpathan.wordpress.com/article/ongoing-trends-and-future-directions-in-3uxfz2buz8z1w-2/>, 5 July 2011.

2.2.4 Dienstportfolio

Dienste, die von CDN-Anbietern unter dem Begriff CDN angeboten werden, sind vielfältig: auf den meisten Webseiten der Inhaltanbieter findet man eine Auflistung von verschiedenen Diensten, die über die CDN-Plattform des Anbieters möglich sind und angeboten werden. Die Angebote machen deutlich, dass CDNs nicht nur aus dem reinen Inhaltsverteilungsdienst und den „Core Services“ bestehen, sondern auch aus einer Reihe von Mehrwertdiensten, die über die reine Inhaltübertragung hinausgehen. Mehrwertdienste haben sich im Laufe der Jahre mit der steigenden Nachfrage nach komplexeren Inhalten, wie Raw Computing, Video-on-Demand, Media-Streaming, Soziale Netzwerke, eCommerce, und Enterprise- und Unternehmensapplikationen entwickelt und sind Teil des CDN-Dienstes, der an Kunden verkauft wird.

Dienste, die man allgemein auf Webseiten von CDN Anbietern vorfindet, beinhalten:

- Content / Application Acceleration⁴⁰
- Application Delivery
- http Caching
- Streaming
- Storage
- Security
- Analytics
- Wholesale / Carrier CDNs
- Licensed or Managed CDNs
- Data Centre / Edge Hosting - darunter Collocation (Hosting von IT-Infrastruktur), Backup and Storage.
- Mobile Content Delivery Solutions: speziell auf die Optimierung des Inhalts für den Zugang über mobile Endgeräte ausgerichtete Lösungen, darunter „device specific optimization“, oder „mobile site acceleration“.
- Advertising Solutions: Auswertung von Nutzerdaten zum Zweck der gezielten und effektiven personalisierten Werbung.

⁴⁰ Application Acceleration Technologies sind Technologien, die auf die Optimierung der Applikationsübertragung ausgerichtet sind. Sie umfassen auch Techniken zur Lastverteilung und zum Verkehrsmanagement. Application Acceleration kann sowohl mit entsprechenden Software- als auch mit Hardwareprodukten erreicht werden – siehe <http://www.itbusinessedge.com/slideshows/show.aspx?c=91034&slide=9>): Hardware-Based Application Acceleration (z.B. entsprechende Hard- und Software im Data Center und beim Endkunden) Acceleration as a Service (AaaS) (Dienste eines ISP) Two-way-Acceleration (zum und vom Endkunden) CDN acceleration (Although CDNs inherently speed content delivery, many providers are now looking to integrate acceleration technologies to further enhance the performance of streaming video and other content. This is especially critical as mobile content and video usage – typically prone to frame drops and buffering issues – continues to surge).

Die meisten CDN Anbieter bieten diese Dienste über ihre jeweiligen CDN-Plattformen an⁴¹; je nach Lösung gebündelt oder einzeln. So gibt es Kerndienste, die sich hauptsächlich auf die tatsächliche Inhaltübertragung beziehen, und unterstützende Dienste, die einen Mehrwert darstellen. Die Summe aus Kerndiensten und Mehrwertdiensten ist eine (oft maßgeschneiderte) Komplettlösung, sodass das CDN-Angebot ein „One-Stop-Shop“ ist, und der Kunde sich nicht anderweitig am Markt nach zusätzlicher Hard- oder Software umsehen muss⁴².

Allerdings gibt es keine feste oder genaue Einteilung von Diensten in Mehrwertdienste, die zusätzlich zu CDN-Kerndiensten angeboten werden. Die Einteilung in Kern- und Mehrwertdienste ist eher künstlich und als Marketing-Kategorisierung zu verstehen und hängt auch von den zu verschiedenen Zeitpunkten existierenden und vorhandenen Technologien und vom Zeitpunkt des Markteintritts ab. Dies wird von Interview-Teilnehmern sowie von führenden CDN Markt-Analysten bestätigt⁴³. So haben viele CDN Anbieter verschiedene Auffassungen, was „Kern“ und was „Mehrwert“ darstellt und berechnen auch ihren Umsatz nicht in diesen Kategorien.⁴⁴ Ein Interviewteilnehmer, der erst relativ spät in den Markt eingetreten ist, zählt zum Beispiel Application Acceleration zu den Kerndiensten, während Dan Rayburn, Analyst bei Frost & Sullivan, diese zu den Mehrwertdiensten zählt.

Dan Rayburn fasst Audio/Video Streaming, Audio/Video Downloads, Software Downloads und Small Object Delivery als „Kerndienste“ zusammen und nennt alles, was zusätzlich dazu angeboten wird, einen Mehrwertdienst. Darunter fallen Dienste wie Dynamic Site Acceleration, Front-End Optimization, Transparent Caching, Licensed and Managed CDN, Application Acceleration und Mobile Content Acceleration. Auch fallen Sicherheitsdienste, sowie Custom und Managed DNS, Custom Reporting, Tracking und Analytics und andere in die Mehrwertdienst Kategorie.

Andere Quellen⁴⁵ nennen zusätzlich Mehrwertdienste wie:

- Digital Rights Management Tools: um z.B. Lizenzierung zu managen. Laden Konsumenten Filme oder Musik herunter, überträgt das CDN gleichzeitig die dazugehörigen Metadaten. In diesen ist festgelegt, wie lange ein Film für die Konsumenten auf der heimischen Festplatte verfügbar ist oder wie häufig ein Titel gebrannt werden kann.

41 Vgl. www.akamai.com, www.edgecast.com, www.limelight.com etc.

42 Hier sollte angemerkt werden, dass Kunden nicht immer alle ihre CDN Anforderungen von einem Anbieter kaufen. Ausschreibungen für Streaming / Video und Ausschreibungen für statische Inhalte werden oft separat ausgeschrieben.

43 Vgl. Dan Rayburn, Analyst at Frost & Sullivan
http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2012/08/when-it-comes-to-cdn-what-is-value-add-services-and-what-isnt.html.

44 Vgl. http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2012/08/when-it-comes-to-cdn-what-is-value-add-services-and-what-isnt.html.

45 Vgl. <http://t3n.de/magazin/content-delivery-networks-medieninhalte-geschickt-225211/>.

- Geolocation: ein Dienst, der prüfen kann, woher der Nutzer auf das Online Angebot zugreift. Dies ermöglicht auch die Einrichtung von Beschränkungen der Ausstrahlung bestimmten Inhalts auf bestimmte Zeiten und Länder (z.B. geographische Lizenzierung bei Spielen oder Online Shopping); Außerdem wird der Nutzer an den nächstgelegenen verfügbaren Server weitergeleitet.
- Time Token, um Zeitfenster für Downloads festzulegen.
- Intelligent Traffic Management: hilft zu erkennen, wenn ein Server nicht genügend Leistung hat und leitet die Anfrage dann an den nächstgelegenen Server weiter.

2.2.5 Standardisierung

CDNs sind proprietäre Lösungen, die in der Regel technisch nicht miteinander kompatibel sind und sich deshalb nicht ohne weiteres verbinden lassen. So hat sich eine Vielzahl technisch verschiedener CDNs am Markt entwickelt.

Das Thema CDN-Standardisierung gibt es schon seit Mitte-2000 und die Meinungen zu Standardisierung sind geteilt. Während ein Teil des Marktes die Zukunft von CDNs erheblich durch Standardisierung beeinflusst sieht, sieht der andere Teil des Marktes den Business Case für CDN Föderationen auf Basis eines Standards des kleinsten gemeinsamen Nenners als „schwach“⁴⁶. In den letzten fünf Jahren hat es jedoch durch geographisch kleiner aufgestellte Anbieter und auch Netzbetreiber, die ihre Reichweite durch Kooperation erweitern möchten, oder einen CDN Markteintritt durch Kooperation realisieren möchten („Federated CDNs“), konkrete Bestrebungen zur Standardisierung von CDNs gegeben⁴⁷. Auch entwickeln Hardware- und Software-Hersteller sowie CDN-Spezialisten „Federated Solutions“ oder „Open CDN Solutions“. Vergleiche hierzu auch Abschnitt 3.2.1.3.

Zurzeit gibt es eine Reihe von verschiedenen Standardisierungsansätzen, die sich noch in der Ausarbeitung oder Pilot-Phase befinden. Konkrete Ergebnisse oder Standards haben sich folglich noch nicht am Markt etabliert. Daher ist die Situation zurzeit noch schwierig zu beurteilen. Jedoch gibt es die folgenden Standardisierungsinitiativen:

- ETSI TS 102 990 V1.1.1 (2012-11): "Media Content Distribution (MCD); CDN Interconnection, use cases and requirements"
- ETSI TS 182 019 V3.1.2 (2011-09): "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Content Delivery Network (CDN) Architecture"

⁴⁶ <http://www.iptv-news.com/2012/09/jet-stream-the-business-case-for-cdn-federation-is-very-weak/>.

⁴⁷ Siehe <http://www.edgecast.com/company/news/edgecast-announces-opencdn.html> oder http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2011/06/telco-and-carriers-forming-new-federated-cdn-group-called-ocx-operator-carrier-exchange.html.

- ETSI Draft TS 182 032 V0.0.7 (2012-11): "CDN Interconnection Architecture" (noch nicht veröffentlicht).

Weitere Standardisierungsanstrengungen und Aktivitäten werden unter anderem von der Internet Engineering Task Force („IETF“⁴⁸) und der ITU-T⁴⁹ unternommen.^{50 51}

2.3 CDN aus regulatorischer Sicht

Da CDNs als „Overlay“ zum Internet auf der Applikationsebene angesiedelt sind, und nicht auf der Netzwerkebene, unterliegt der Betrieb von CDNs keiner Regulierung. Die BEREC und einige europäische Regulierungsbehörden haben sich bereits mit der Einordnung von CDN und ihrer zunehmenden Bedeutung im Kontext anderer Themenbereiche wie IP Interconnection, Netzneutralität etc. befasst. Jedoch ist zurzeit noch offen, wie CDN im bestehenden Regulierungsrahmen einzuordnen sind.

NPT

NPT Norwegen hat ein „Regulatory assessment“ von CDNs im Mai 2012 durchgeführt.

NPT kommt zu dem Schluss, dass CDN Dienstleistungen nicht die Kriterien eines elektronischen Kommunikationsservices des norwegischen Electronic Communications Act erfüllen. Dies trifft vor allen Dingen auf Spezialisten CDNs zu.

Mit Bezug auf infrastrukturbasierte CDNs wird zwar angenommen, dass der Transmission Teil des CDN Delivery die Kriterien eines elektronischen Kommunikationsservice und eines öffentliche elektronischen Kommunikationsnetzwerks erfüllt, aber das CDN Dienstleistungen nicht deshalb automatisch regulatorischer Obligationen unterliegen müssen. Dies hängt auch davon ab, ob der CDN Anbieter auch Netzwerkanbieter ist und ob die CDN Dienstleistungen hauptsächlich intern genutzt werden.⁵²

ARCEP

ARCEP (2011, p.77) hat untersucht, ob CDNs unter die Regulierung fallen mit Bezug auf die Frage ob Dienstleistungen hauptsächlich aus Signaltransfer (conveyance of signals) bestehen, oder nicht.

ARCEP kommt zu dem Schluss, dass CDN Dienstleistungen hauptsächlich aus dem Transfer von elektronischem Content zwischen dem Delivery Point (distribution server) und dem Server des CDN Anbieters bestehen. Jedoch ist der CDN Anbieter nicht für

⁴⁸ Vgl. <http://www.ietf.org/>.

⁴⁹ Vgl. <http://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx>.

⁵⁰ Die beiden erstgenannten Standards sind bei www.etsi.org verfügbar - Download unter <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>.

⁵¹ Vgl. http://inet.cpt.haw-hamburg.de/teaching/ws-2011-12/master-projects/vahlenkamp_aw1.pdf.

⁵² Vgl. <http://www.npt.no/ikbViewer/Content/138477/Content%20Delivery%20Networks%20-%20regulatory%20assessment%20May%202012.pdf>.

die gesamte Übertragungskette verantwortlich, sondern nur für die Übertragung zwischen den Servern des Content- und des CDN Anbieters.⁵³

ARCEP hat im September 2012 einen „Report to Parliament and the Government on Net Neutrality“ herausgebracht, in dem ARCEP unter anderem auch CDNs anspricht. Diese werden im Zusammenhang mit IP Interconnection und als Alternative zu Transit und Peering genannt. Auch wird die sich verändernde Transitmarktstruktur unter wettbewerblichen Gesichtspunkten durch vertikale CDN Integration von Transitanbietern und ISPs dargestellt. Regulatorisch betrachtet gibt es in ARCEP's Netzneutralitätsreport allerdings keine neuen Erkenntnisse in Bezug auf CDN.⁵⁴

OFCOM

OfCOM hat in „Traffic Management and Net Neutrality – A Discussion Document“ (24 June 2010) CDNs andiskutiert, aber keine Schlüsse in Bezug auf Regulierung oder die juristische Position von CDNs gezogen, da CDNs als Content Service definiert sind und nicht als elektronischer Kommunikationsdienst.⁵⁵

Ein nachfolgender Report „Infrastructure Report 2012 Update“ vom 16. November 2012 identifiziert auch keine weiter relevanten Aspekte in Bezug auf CDN. CDNs werden nur im Zusammenhang mit „Interconnection with other Networks“ genannt, und als Alternative für Transit und Peering für ISPs genannt, um eine direktere Verbindung zwischen populären Inhalten und dem Endkunden herzustellen. Dies führt dazu, dass der ISP weniger Bandbreite benötigt und so Kosten für Transit oder Peering einspart.⁵⁶

PTS

PTS (2009) hat untersucht, welche Dienstleistungen und Netzwerke unter das Schwedische Kommunikationsgesetz fallen mit Bezug auf den Agenten, der den Transfer von Signalen (conveyance of signals) kontrolliert.⁵⁷

BEREC

BEREC hat CDNs in ihrem Draft Report „An assessment of IP interconnection in the context of Net Neutrality – for public consultation“ mit Bezug auf die juristische Klassifizierung, Umsätze, Kosten, und Betreiber typen beleuchtet.

BEREC kommt zu dem vorläufigen Schluss, dass ein Spezialist-CDN („Pure“ or „core functionality“ CDN) weder ein elektronischer Kommunikationsservice, noch ein Netzbetreiber ist, da es das Internet nur als Übertragungsmedium nutzt, wie andere Content- und Applikationsanbieter auch.

⁵³ Vgl. http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-Hogan-Analysys-juin2011.pdf.

⁵⁴ Vgl. Seiten 19, 58-59, 61, 63, 84, 86, 100-105, und 107-109

http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-parlement-net-neutrality-sept2012-ENG.pdf.

⁵⁵ Vgl. <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/net-neutrality/summary/netneutrality.pdf>.

⁵⁶ Vgl. Seiten 53-54, <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/research/telecoms-research/infrastructure-report/infrastructure-report2012.pdf>.

⁵⁷ Vgl. (Schwedische Fassung) <http://www.pts.se/upload/Rapporter/Internet/2009/ekomtjanster-2009-12.pdf>.

Mit Bezug auf CDN Anbieter, die auch die Übertragungsinfrastruktur betreiben (z.B. Telco CDNs), zitiert BEREC ARCEPs und NPTs Schlüsse, das dieser Service unter Umständen als elektronischer Kommunikationsservice gewertet werden kann, da das zusätzliche Angebot der Übertragung ganz oder hauptsächlich aus der Übertragung von Signalen bestehe. Somit wäre der infrastrukturbasierte CDN Betreiber nicht nur ein CDN, sondern auch ein Netzbetreiber im Sinne von Art 2 der FD. Es bleibt jedoch offen, ob diese elektronischen Kommunikationsnetzwerke als öffentliche elektronische Kommunikationsnetzwerke interpretiert werden können, da in den meisten Fällen die Übertragungskapazität nur in-house genutzt wird. ⁵⁸

BEREC identifiziert in ihren „Comments on the ETNO proposal for ITU/WCIT or similar initiatives along these lines“ vom 14. November 2012 CDNs als einen Mechanismus, der die QoE von Nutzern verbessert, dabei aber nicht auf End-to-End QoS Verkehrsklassen abstellt, welche in der Netzneutralitätsdebatte wettbewerbsrechtlich als umstritten gelten. Im Gegenteil haben sich CDNs durch kommerzielle Innovation und ohne regulatorische Intervention am Markt entwickelt. Auch gefährden sie nicht das System des dezentralisierten effizienten „Routings“ von Internet Verkehr, da die Server am Rand des Internets untergebracht sind.

2.4 CDN-Wertschöpfungskette

Für ein umfassendes Verständnis des CDN-Marktes sollte der CDN-Betrieb nicht losgelöst von anderen Leistungserstellungsprozessen und Geschäftsbeziehungen betrachtet werden, die für die Verteilung von Inhalt über das Internet von Bedeutung sind.

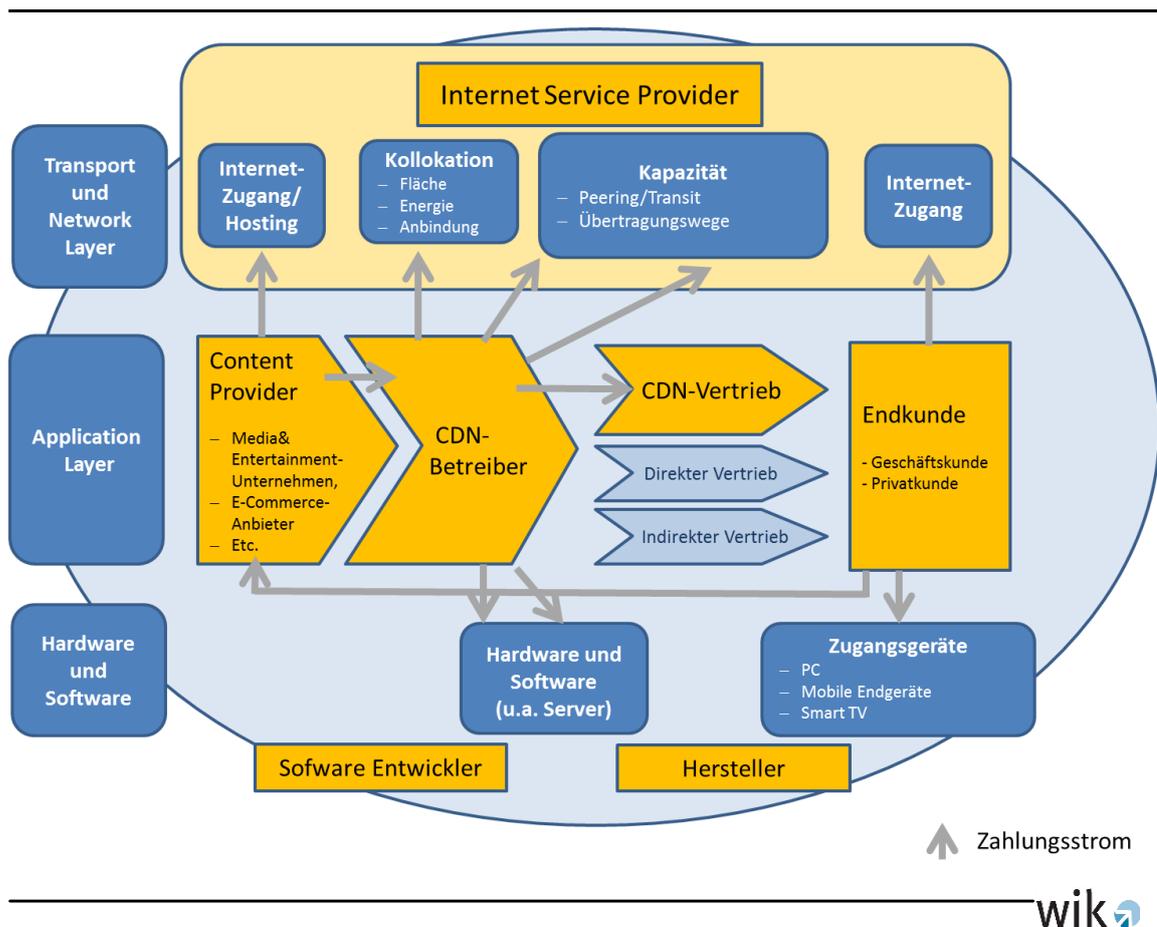
Bei der Erbringung der Kernleistungen eines CDN (siehe Kapitel 2.2.4) steht ein CDN-Betreiber ebenso wie sein Nachfrager, der Inhaltanbieter, in komplexen Beziehungen zu anderen Akteuren, die im weitesten Sinne Teil eines größeren Systems der Inhaltverteilung über das Internet sind. Die folgende Abbildung soll einen Überblick über wesentliche Akteure und Funktionen in diesem übergeordneten „Ökosystem“ geben, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Es könnten noch weitere horizontal oder vertikal in Beziehung zu CDN-Betreibern und Inhaltanbietern stehende Akteure berücksichtigt werden, deren Einbeziehung jedoch zu Unübersichtlichkeit führen würde (z.B. alle Geschäftsbeziehungen, die Inhaltanbieter für die Produktion von Inhalt unterhalten⁵⁹). Im Ökosystem der Inhaltverteilung spielen Internet Service Provider eine zentrale Rolle. Die im Transport- und Network-Layer angesiedelten Akteure unterhalten sowohl mit den CDN-Betreibern, denen sie Kapazität und Kollokation verkaufen, als auch mit Inhaltanbietern und Endkunden Geschäftsbeziehungen, da sie den Zugang aller Beteiligten ins Internet realisieren. Wie an späterer Stelle noch herausgearbeitet wird, spielen ISPs auch eine relevante Rolle als CDN-Betreiber (z.B. Level 3, s. Kapitel 3.2.1.2.1.1).

⁵⁸ Vgl. BoR12/33 siehe S.16-17, http://berec.europa.eu/files/news/bor_12_33_ip_ic_assessment.pdf.

⁵⁹ Eine Wertschöpfungskette der Fernsehübertragung wird z.B. im späteren Kapitel über die CDN-Nachfrage dargestellt.

Die Übertragung von Inhalt im Internet ist in den letzten Jahren durch eine stark zunehmende Komplexität gekennzeichnet: In den Datenübertragungsprozess ist eine steigende Zahl an Anbietern involviert, die nicht nur in horizontaler Beziehung zueinander stehen, sondern auch vertikal mit verschiedenen Arten von Anbietern verbunden sind.

Abbildung 8: CDN-Betrieb im Kontext der Inhaltverteilung über das Internet



Quelle: WIK

Das CDN befindet sich als Traffic Management Tool auf dem Application Layer. Die Wertschöpfungskette konzentriert sich aus Sicht des CDN-Betreibers auf die Errichtung und Vermarktung des CDN an Inhaltanbieter.

Der **Content Provider** als Nachfrager von CDN bildet den Ausgangspunkt für die Wertschöpfung im CDN-Markt. Der übertragene Inhalt kann in unterschiedlichen Formen (Bild, Text, Video) vorliegen und grundsätzlich von jedem Unternehmen, jeder Organisation oder jeder Privatperson, die eigene Inhalte im Internet einstellt (d.h. über eine Website verfügt), zur Verfügung gestellt werden. Die wichtigsten Nachfrager der Leistungen eines CDN-Betreibers sind diejenigen Content Provider, über deren Homepage

große Datenmengen mit hohen Qualitätsansprüchen übertragen werden. Zu dieser Gruppe zählen z.B. Fernseh- und Rundfunkgesellschaften und E-Commerce-Unternehmen (siehe im Detail Kapitel 3.3 Nachfrager).

Content Provider schließen einen Vertrag mit dem CDN-Betreiber (bzw. bei indirektem Vertrieb mit dem CDN-Reseller) ab und bezahlen diesen Vertragspartner für die Inanspruchnahme der CDN-Leistungen.

Den technischen Zugang zum Internet und die Möglichkeit zur Errichtung der Web-Präsenz erhält der Inhaltanbieter von einem ISP, der ihm Bandbreite, Speicherplatz bzw. bei großen Inhaltanbietern auch Kollokation zur Verfügung stellt. Für diese Leistungen bezahlt der Inhaltanbieter den ISP.

Die Kernleistung des **CDN-Betriebs** besteht darin, ein Netzwerk aus Servern aufzubauen und zu managen, die an strategischen Punkten Inhalt näher beim Endkunden speichern und verteilen. In diesem Zusammenhang entwickeln Netzbetreiber auch eigene Technologien und Lösungen, die auf einen effizienten CDN-Betrieb ausgerichtet sind (s. Kapitel 3.2). Aufbauend auf dem CDN-Netzwerk kann der CDN-Anbieter vielfältige Dienste erbringen (s. Kapitel 2.2.4 und 3.2). Neben auf CDN spezialisierten Betreibern können Unternehmen verschiedener Herkunft, z.B. ISPs, Netzbetreiber, IT-Unternehmen, Inhaltanbieter CDN aufbauen. (s. Kapitel 3.2).

CDN-Betreiber müssen für die Errichtung des CDN Hardware und Software sowie Kapazität und Kollokation zukaufen. Welche Bedeutung diese Komponenten des CDN-Betriebs haben, hängt im Wesentlichen von der Struktur des CDN ab:

- Um ein CDN zu errichten und zu betreiben, benötigen alle CDN-Betreiber spezifische **Hardware und Software**.

Den Großteil der **Hardware** (insbesondere Server) kaufen CDN-Betreiber von Herstellern wie z.B. Cisco oder Alcatel zu. Die Bedeutung des Faktors Hardware und die Kostenhöhe ist dabei entscheidend von der CDN-Architektur abhängig, die sich auf die Anzahl der benötigten Server auswirkt. Die Kosten für Server sind zwar insbesondere für Betreiber mit dezentraler Server-Struktur ein bedeutender Faktor. Es kann jedoch basierend auf den Erkenntnissen von Moore's Law davon ausgegangen werden, dass die Kosten für Server (und andere Komponenten des Netzwerk-Equipment) infolge von technologischem Fortschritt und steigender Kosteneffizienz im Zeitverlauf fallen – und zwar vergleichsweise stärker als die Kosten für Netzübertragung.⁶⁰

Software hingegen wird von vielen CDN-Betreibern in unterschiedlichem Umfang selbst entwickelt und durch das vielfältige Angebot großer und kleiner Softwareanbieter ergänzt, wobei auch komplette Software-Lösungen für den Betrieb von CDN angeboten werden. Für führende CDN-Betreiber hat die Entwick-

⁶⁰ Vgl. zu dieser Annahme ausführlich Marcus/Monti (2011), S. 12 ff. Für High capacity server kann z.B. ein CAGR von 26% erwartet werden.

lung proprietärer Technologien und Plattformen eine hohe strategische Bedeutung im Qualitätswettbewerb und spielt eine wichtige Rolle für effizientes Netzwerkmanagement. Auch kleinere CDN-Betreiber können durch die Entwicklung spezifischer Software Wettbewerbsvorteile generieren.

- Darüber hinaus benötigen CDN-Betreiber **Kapazitäten** von Netzbetreibern/ISPs zur Anbindung ihrer Server an leistungsstarke Netze. Der Zugriff auf die Netzkapazitäten kann z.B. über Transit- oder Peering-Vereinbarungen erfolgen. Die Ausgestaltung der Anbindung kann im Einzelnen sehr unterschiedlich sein. Denkbar sind sowohl symmetrische bilaterale Vereinbarungen zwischen zwei großen CDNs als auch asymmetrische bilaterale Agreements zwischen großen globalen und kleineren multinationalen/nationalen CDNs oder Vereinbarungen im Rahmen einer Federation.⁶¹

Die Bedeutung der zugekauften Kapazität hängt davon ab, ob die CDN-Betreiber (teilweise) über eigene Infrastruktur verfügen und welche Struktur sie für ihr CDN gewählt haben. Die Kosten für Netzübertragung pro Einheit fallen ständig, jedoch im Vergleich zu anderen Kostenkomponenten (Hardware) deutlich langsamer. Der gesamte Kostenblock der Kosten für Kapazität kann jedoch vom CDN-Betreiber beeinflusst werden, sei es durch geschickte Verhandlung mit ISPs oder sei es durch eine Steigerung der Netzeffizienz durch Einsatz spezifischer Software. Die Kosten pro MB Internet-Traffic sind zwischen 2008 und 2010 um -27% CAGR gefallen.⁶²

- Des Weiteren müssen CDN-Betreiber **Kollokationsdienste** in Anspruch nehmen, da sie Fläche in Rechenzentren benötigen, um ihre Server unterzubringen. Die Bedeutung dieser Leistung ist davon abhängig, welche und wie viele Serverstandorte ein CDN-Anbieter betreiben will. Die Kosten für Kollokation basieren auf dem benötigten Platz im Rechenzentrum und auf den gewählten Sicherheits-, Performance- und Serviceangeboten und stehen in Zusammenhang mit der gewählten Anbindung an einen oder mehrere Internet Provider.

Die CDN-Dienste werden über **Vertriebsstrukturen** an Inhaltanbieter vermarktet. Der Vertrieb geht eine Vertragsbeziehung mit dem Inhaltanbieter ein und erhält die vereinbarten Zahlungen von diesem. Die Distribution der CDN-Leistungen erfolgt entweder über den Direktvertrieb der CDN-Betreiber oder durch Nutzung indirekter Vertriebskanäle. Reseller vermarkten die Dienste des CDN-Betreibers entweder unter eigenem Namen oder treten nur als Wiederverkäufer auf, die sich ausschließlich auf den Vertrieb konzentrieren. Als Reseller kommen sowohl große Unternehmen in Frage, z.B. nationale und internationale Netzbetreiber ohne eigenes CDN, die ihren Kunden CDN-Dienste unter eigenem Namen anbieten wollen, als auch kleinere Anbieter, die ihr Produktportfolio erweitern möchten.

⁶¹ Vgl. zu einigen Aspekten im Zusammenhang mit CDN-Interconnection z.B. Peterson (2011).

⁶² Vgl. hierzu ausführlich Marcus/Monti (2011), S. 37 ff.

Die über das CDN übertragenen Inhalte muss der CDN-Betreiber an **Internet Service Provider** (ISP) übergeben, die das Anschlussnetz zu den Endkunden betreiben. Auch CDN-Betreiber, die ein eigenes Internet-Anschlussnetz betreiben, schließen weitere Peering-Vereinbarungen mit ausgewählten ISPs ab, um die globale und effiziente Weiterleitung des Content vom CDN zum Endkunden sicherzustellen.

Der **Endkunde** ruft schließlich mittels unterschiedlicher Zugangsgeräte Content ab. Er leistet Zahlungen für den Zugang ins Internet an den ISP sowie ggf. für den Inhalt, den er abrufen (z.B. für Software Updates) an den Content Provider. Ob beim Zugriff auf den Inhalt ein CDN eingesetzt wird, kann der Endkunde nicht unmittelbar erkennen. Er nimmt die Qualität der Nutzung wahr, d.h. er beurteilt nach subjektiven Kriterien (Quality of Experience (QoE)).

3 Der Markt für CDN

Zentrale Ergebnisse:

Volumen des CDN-Marktes

- Das CDN-Marktvolumen und seine zukünftige Entwicklung ist aufgrund von Abgrenzungsproblemen und mangels öffentlich zugänglicher Daten nur schwierig zu quantifizieren und Schätzungen von Marktexperten weichen stark voneinander ab.
- Alle Untersuchungen und die Angaben der Anbieter deuten darauf hin, dass das Marktvolumen derzeit relativ klein ist (im Jahr 2011 etwa 2 Mrd. Euro weltweit).
- Die meisten Marktexperten erwarten, dass die Umsätze im CDN-Markt in den nächsten Jahren durch hohe Wachstumsraten gekennzeichnet sein werden.⁶³
- Welche Wachstumsraten im CDN-Markt tatsächlich realisiert werden, ist von zahlreichen Faktoren abhängig, deren Entwicklung heute nur schwierig vorherzusehen ist.

Angebot

- Der CDN-Markt ist durch eine vielschichtige Anbieterstruktur geprägt.
- Die Transparenz im CDN-Markt ist relativ gering.
- Es werden sehr unterschiedliche Geschäftsmodelle implementiert. Sie können auf Basis möglichst homogener strategischer Ansätze idealtypisch unterschieden werden in:
 - CDN-Spezialisten
 - Integrierte CDN-Betreiber
 - Reseller
- Die alleinige Vermarktung von CDN ist für die meisten Anbieter kein tragfähiges Geschäftsmodell.
 - Es gibt nur wenige CDN-Spezialisten auf nationaler und europäischer Ebene.
 - Global tätige Spezialisten können substantielle Economies of Scale realisieren. Auch sie setzen jedoch zunehmend auf die Vermarktung von Value Added Services und sonstigen Diensten.
- Für eine Vielzahl von Anbietern bieten CDN jedoch eine sinnvolle Ergänzung des bestehenden Produktportfolios und ein neues Geschäftsfeld mit guten Wachstumsbedingungen.

Bedeutung der Anbietergruppen

- Aufgrund von Abgrenzungsproblemen und mangels verfügbarer Daten kann die Bedeutung der Anbietergruppen im CDN-Markt nur qualitativ analysiert werden.

⁶³ Z.B. Frost&Sullivan, Accustream Vgl. Lee (2012), S. 3.

Globaler CDN-Markt:

- Im globalen CDN-Markt spielen die CDN-Spezialisten Akamai, Limelight und Edgecast sowie der integrierte Betreiber Level 3 eine führende Rolle. Sie dürften mindestens die Hälfte der globalen CDN-Umsätze erwirtschaften und fast 30% des globalen Internet-Verkehrs abwickeln.
- Als weltweiter Marktführer kann gemessen am Umsatz Akamai bezeichnet werden.
- Alle global führenden CDN-Betreiber haben ihren wichtigsten Absatzmarkt in den USA.
- In einigen Regionen der Welt sind andere Unternehmen führend, z.B. ChinaCache in China.

Deutscher CDN-Markt:

- Globale CDN-Spezialisten spielen auch in Deutschland eine sehr wichtige Rolle.
- Ihre Dienste werden oft über Reseller vermarktet, deren Stärke in der Kundenbeziehung und Beratungskompetenz liegt.
- Auch deutsche CDN-Spezialisten (TV1.eu) und integrierte Betreiber mit Sitz in Deutschland (Nacamar) spielen eine relevante Rolle im nationalen CDN-Markt.
- Die Rolle der Deutschen Telekom ist derzeit noch schwierig zu erfassen. Sie betreibt bisher kein eigenes CDN und ist als Reseller von Edgecast tätig.

Nachfrage

- Nachfrager bewerten CDN basierend auf zahlreichen Kriterien, die je nach spezifischem Bedarf von sehr unterschiedlicher Bedeutung sein können.
- Der Preis spielt als Entscheidungsfaktor eine herausragende Rolle.
- Die Nachfrager können in Video (Media & Entertainment) und Non-Video (Enterprises) segmentiert werden.
- Nur für Nachfrager mit sehr hohem Datenaufkommen lohnt sich der Eigenbetrieb eines CDN.

Der Markt für Content Delivery Networks hat sich seit seiner Entstehung vor etwa 10 bis 15 Jahren mit hohen Wachstumsraten entwickelt. In diesem Zeitraum sind zahlreiche neue Anbieter mit unterschiedlicher strategischer Ausrichtung in den Markt eingetreten und haben ein vielfältiges Dienstangebot entwickelt.

Während der CDN-Markt in seiner Entstehungsphase Ende der 90er Jahre noch durch Spezialisten geprägt war, bietet der Großteil der nach und nach in den Markt eingetretenen Wettbewerber CDN im Rahmen eines breiten Produktportfolios an.

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf kommerzielle CDN-Betreiber, die CDN-Dienste an Content-Provider vermarkten. Nicht-kommerzielle CDN werden ebenso aus der Analyse ausgeschlossen wie Zulieferer aus dem Hard- und Softwarebereich (z.B. Cisco und Alcatel), da sie selbst keine CDN betreiben und auf dieser Basis Dienste vermarkten.

Die Trennung von Angebots- und Nachfrageseite ist im CDN-Bereich problematisch, da Unternehmen gleichzeitig als Anbieter und Nachfrager auftreten können. Dies zeigt sich z.B. bei der Einordnung von Netzbetreibern: Sie sind zum einen wichtige Nutzer von CDN, da sie diese zum Management des steigenden Datenverkehrs und zur Verbesserung der Netzeffizienz einsetzen. Zum anderen spielen sie potenziell auch eine relevante Rolle auf der Anbieterseite. Auch Reseller können als Nachfrager von CDN betrachtet werden und bieten gleichzeitig CDN-Dienste am Markt an. Des Weiteren zeigt sich die Einordnungsproblematik an Nutzern von CDN, die CDN-Dienste auch an Dritte vermarkten. Dies wird besonders am Beispiel von Amazon Cloudfront deutlich.

In der vorliegenden Studie werden Netzbetreiber und Reseller auf der Angebotsseite abgedeckt. Alle Content Provider hingegen werden als Nachfrager definiert, auch wenn sie CDN selbst vermarkten. Diese Vorgehensweise ist dadurch begründet, dass selbst bei Amazon Cloudfront davon auszugehen ist, dass die interne Nutzung höher als die externe ist. Über Amazon Cloudfront hinaus sind uns keine nennenswerten CDN-Angebote von Content Providern bekannt.

Im folgenden Kapitel zum Markt für CDN werden die Aspekte untersucht

- Wie ist das CDN-Marktsegment im Hinblick auf sein Volumen einzuschätzen?
- Welche Anbieter gibt es und welche Geschäftsmodelle haben sich etabliert?
- Welche Bedeutung haben die einzelnen Anbietergruppen im Markt?
- Welche Nachfrager nutzen CDN?

3.1 Marktvolumen

Die Einschätzung des Volumens eines Marktes oder Dienstes bildet typischerweise einen wesentlichen Bestandteil jeder Analyse von Marktentwicklungen. In Bezug auf den CDN-Markt ist diese Einschätzung jedoch mit großer Unsicherheit und Ungenauigkeit behaftet, da Abgrenzungsprobleme und verschiedene Definitionsansätze, die Auswahl geeigneter Indikatoren (Umsatz, Größe des CDN, Verkehr u.a.) und der Mangel an öffentlich zugänglichen Daten für ausgewählte Indikatoren eine Quantifizierung des Marktvolumens erschweren. Eine weitere Unschärfe ergibt sich aus der Frage, ob und wie CDN, die nur für den Eigenbedarf betrieben werden, in die Berechnung einzubeziehen sind.

Es existieren durchaus Marktstudien, die sich auf den weltweiten CDN-Markt beziehen und das Umsatzvolumen zu verschiedenen Zeitpunkten schätzen.⁶⁴ Während die Ergebnisse im Detail stark voneinander abweichen⁶⁵, treffen sie übereinstimmend die Aussage, dass es sich bei CDN um einen vergleichsweise kleinen Markt handelt, der jedoch in den kommenden Jahren hohe Wachstumsraten aufweisen wird.

Auf Basis der Angaben veröffentlichungspflichtiger Marktführer (siehe Tabelle 1) kann für das Jahr 2011 das Umsatzvolumen des weltweiten CDN-Markts wie folgt geschätzt werden:

- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Marktführer Akamai, Limelight, Edgecast und Level 3 im Jahr 2011 insgesamt Umsätze in Höhe von etwa 1,1 Mrd. Euro (1,45-1,5 Mrd. US\$) generiert haben.⁶⁶
- Der Marktanteil dieser Anbieter liegt den meisten Marktexperten zufolge bei mindestens 50% (einige Marktexperten nehmen einen Anteil von bis zu 80% an). Auf dieser Basis kann angenommen werden, dass das weltweite CDN-Marktvolumen im Jahr 2011 etwa 2 Mrd. Euro betrug.

Tabelle 1: Kennzahlen global führender CDN-Betreiber (2011)

Unternehmen	Gründungs-jahr	Umsatz	Beschäftigte	Kunden	Server im CDN-Netzwerk	Anteil am weltweiten IP-Verkehr
Akamai (weltweit)	1998	1,16 Mrd. US \$ (2011)	2.380	k.A.	100.000	20%
Limelight (weltweit)	2001	171 Mio. US \$ (2011)	482	1.800	k.A.	k.A.
Edgecast (weltweit)	2006	50-100 Mio. US\$ (2011)*	k.A.	4.000	21	4%
Level 3 (CDN-Geschäft)	1985 (als KDG), Eintritt in CDN: 2007	CDN: 71,8 Mio. US \$ (2011)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
SUMME		1,45 bis 1,5 Mrd. US \$ (ca. 1,1 Mrd. Euro)	k.A.	k.A.	k.A.	27%-29% (Schätzung**)

*Quelle: Dan Rayburn, http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2011/07/cdn-provider-edgecast-says-they-now-carry-4-of-all-worldwide-internet-traffic.html.

**insgesamt werden derzeit etwa 30% des gesamten IP-Verkehrs weltweit über CDN übertragen. Basierend auf den Angaben der CDN-Anbieter dürfte dieser Anteil eher etwas höher liegen.

Quelle: Unternehmensangaben.

⁶⁴ Z.B. Arthur D. Little (2012), IDATE (2010).

⁶⁵ Z.B. erwartet Frost&Sullivan 6 Mrd. US\$ Marktvolumen für CDN im Jahr 2015, Accustream 4,3 Mrd. US \$ im Jahr 2014, Vgl. Lee (2012), S. 3.

⁶⁶ Akamai, Limelight, Level 3: Unternehmensangaben, Edgecast: geschätzt.

Der Markt kann segmentiert werden in die Bereiche Video und Non-Video, auf die derzeit schätzungsweise jeweils die Hälfte des gesamten Umsatzes entfallen.⁶⁷ Der im Video-Segment erzeugte Verkehr liegt jedoch deutlich höher als im Bereich Non-Video und es ist zu erwarten, dass der Video-Verkehr in den kommenden Jahren weiterhin überdurchschnittlich stark zunehmen wird. Video war in den vergangenen Geschäftsjahren auch der Haupttreiber des Umsatzes, wie die Angaben der im Video und Non-Video-Segment tätigen CDN-Betreiber (z.B. Akamai, Limelight) zeigen (s. Kapitel 3.2.1.1).

Die zukünftige Entwicklung des CDN-Marktvolumens wird aus unserer Sicht vor allem durch die folgenden Faktoren beeinflusst sein:

- Entwicklung der Nachfrage nach Breitbandanwendungen (insbesondere Video-Diensten) und damit einhergehende Entwicklung des IP-Verkehrs und möglicher Kapazitätsengpässe.
- Zahlungsvereinbarungen zwischen Netzbetreibern und Content Providern: Sollten Netzbetreiber gegenüber Content Providern zukünftig verstärkt über die reine Konnektivität hinausgehende Zahlungen durchsetzen, könnte dies die Nachfrage nach CDN ggf. verstärken.
- Entwicklung der Preise für CDN-Leistungen im Verhältnis zu Preisen für Netzübertragung.
- Technische Weiterentwicklungen im CDN-Bereich selbst sowie technische Weiterentwicklungen bei komplementären und substitutiven Diensten.
- Umfang, in dem bisherige Nachfrager von CDN zu einem Eigenbetrieb wechseln.
- Entwicklung der Netzneutralität-Regulierung: (Drohende) Auflagen und Restriktionen für Traffic Management könnten dazu führen, dass die Potenziale von CDN als Verkehrsmanagement-Tool stärker ausgeschöpft werden.
- CDN-Strategien der Netzbetreiber: Eigenbetrieb vs. Resale-Ansatz, Intensität der Vermarktungsbemühungen. Ein stärkeres Engagement der Netzbetreiber würde möglicherweise auch die Ausschöpfung des CDN-Marktpotenzials beflügeln.
- Intensität des Engagements von spezialisierten Resellern, die dazu beitragen, dass neue Nachfragegruppen in den nationalen Märkten erschlossen werden.

Aussagen über die zukünftige Entwicklung dieser Faktoren können heute nur mit höchster Unsicherheit getroffen werden. Eine fundierte Prognose des CDN-Marktvolumens würde den Rahmen der vorliegenden Studie sprengen.

⁶⁷ Vgl. z.B. Accustream (2011).

und den Spezialisierungsgrad, die technische Umsetzung des CDN und die Verfügbarkeit eigener Übertragungswege.

Zusammengefasst können der Spezialisierungsgrad eines Anbieters und die technische Ausgestaltung des CDNs als wichtigste Abgrenzungskriterien für Geschäftsmodelle im CDN-Markt definiert werden:

- Der **Spezialisierungsgrad** eines CDN-Anbieters verdeutlicht, welche Bedeutung der Betrieb und die Vermarktung von CDN im Rahmen des gesamten Produktportfolios haben und wie breit das Spektrum der angebotenen Dienste ist. Des Weiteren zeigt sich der Spezialisierungsgrad eines CDN-Anbieters am Kundenfokus, der eine Fokussierung auf Unternehmen einer bestimmten Größenordnung oder einer bestimmten Branche bedeuten kann. Der Spezialisierungsgrad spiegelt bei nicht neu gegründeten Unternehmen auch die Herkunft eines Anbieters und seinen bisherigen Tätigkeitsschwerpunkt wieder und steht auch im Zusammenhang damit, wie stark ein CDN-Anbieter vertikal integriert ist.
- Die Möglichkeiten zur **technischen Ausgestaltung** eines CDN sind sehr vielfältig. CDN-Geschäftsmodelle unterscheiden sich vor allem im Hinblick auf die Architektur und Serverstruktur des CDN und im Hinblick auf die Verfügbarkeit eigener Infrastruktur, die sich vor allem auf die Kostenstruktur des CDN-Betreibers auswirkt. Verschiedene technische CDN-Strukturen sind im Wesentlichen bedingt durch
 - die vor Eintritt in den CDN-Markt bereits bestehende Infrastruktur eines Anbieters und den Grad der vertikalen Integration; sowie
 - den Zeitpunkt des Markteintritts in den CDN-Markt, der die technologischen Möglichkeiten vorgibt und die technischen Ausgestaltungsoptionen prägt,
 - die strategische Ausrichtung des Players in Bezug auf Kundenfokus und übertragenen Content.

Tabelle 2: Überblick über mögliche Segmentierungskriterien für Anbieter im CDN-Markt

Kriterium	Ausprägungen
Unternehmerischer Hintergrund	
<i>Tätigkeitsschwerpunkt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ISP • Systemhaus • Carrier •

Kriterium	Ausprägungen
<i>Unternehmensgröße (gemessen an Umsatz, Beschäftigten oder Größe des CDN)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • klein • mittel • groß
<i>Unternehmensalter</i>	<ul style="list-style-type: none"> • start-up • etabliert (bezogen auf Aktivitäten im CDN-Markt: xxx Jahre Erfahrung im CDN-Markt)
<i>Besitzverhältnisse und Entscheidungsstrukturen</i>	<i>Eigentumsverhältnisse:</i> <ul style="list-style-type: none"> • inhabergeführt/im Besitz des Managements • in Streubesitz <i>Unternehmerische Entscheidungen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • unabhängig • abhängig von Muttergesellschaft
Spezialisierungsgrad	
<i>Produktportfolio/Schwerpunkt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • CDN-Kerndienste • Value Added Services • weitere Services (z.B. Cloud Services)
<i>Diversifikationsgrad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • keine Diversifikation: Schwerpunkt CDN • Diversifikation: CDN als zusätzliches Produkt, z.B. zusätzlich zu klassischen Internet-Diensten (z.B. Web-Hosting)
<i>Kundenfokus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • nach Größe: kleine und mittlere Unternehmen, Großunternehmen • nach Branche • unternehmensinterne/-externe Kunden • nach Art des Content: Video/Non-Video
<i>Geographischer Absatzmarkt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • regional • national • international
<i>Vertikale Integration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • keine vertikale Integration: nur CDN-Betrieb • vertikale Integration: Abdeckung vor- oder nachgelagerter Wertschöpfungsstufen, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> – CDN-Betrieb und Content-Bereitstellung – CDN-Betrieb und Kundenzugangsnetz (ISP) – CDN-Betrieb und Betrieb eines TK-Netzes (Kapazität, Kollokation etc.)
<i>Vertriebsweg</i>	<ul style="list-style-type: none"> • nur direkt • nur indirekt • direkt und indirekt

Kriterium	Ausprägungen
Technische Parameter	
<i>Umfang des CDN („Größe“)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl und geographische Verteilung der Server • übertragenes Datenvolumen
<i>Art des übertragenen Content</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Video / non-Video • statischer / dynamischer Content
<i>Serverstruktur</i>	<ul style="list-style-type: none"> • zentral • dezentral
<i>Verbindung zwischen Servern</i>	<ul style="list-style-type: none"> • über angemietete Übertragungswege • über eigene Übertragungswege
<i>Kundenzugangsnetz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • eigenes Kundenzugangsnetz • kein Kundenzugangsnetz

Quelle: WIK

Basierend auf Unterschieden im Spezialisierungsgrad und in der technischen Ausgestaltung/Bedeutung der Netzinfrastruktur lassen sich im CDN-Markt im Wesentlichen die Geschäftsmodelle von CDN-Spezialisten, integrierten CDN-Betreibern und Resellern unterscheiden.

1. **CDN-Spezialisten**

CDN-Spezialisten konzentrieren sich auf den Betrieb des CDN sowie auf das Angebot von Kerndiensten und Mehrwertdienste, die in einem sehr engen Zusammenhang mit dem CDN-Betrieb stehen. Der CDN-Betrieb besteht im Aufbau eines CDN Server-Netzwerks, wobei Unternehmen ggf. auf eigene Übertragungswege zur Verbindung der Server-Standorte zurückgreifen (z.B. Limelight). Es ist jedoch hervorzuheben, dass CDN-Spezialisten weder als ISP noch als Netzbetreiber tätig sind und daher über kein Internet-Zugangsnetz zum Endkunden verfügen.

Die Gruppe der CDN-Spezialisten umfasst Unternehmen, die mit Fokus auf CDN gegründet wurden und bereits sehr frühzeitig in den CDN-Markt eingetreten sind. Führende CDN-Betreiber wie Akamai haben den CDN-Markt als Pioniere entscheidend geprägt.

Die Gruppe ist im Vergleich zu den anderen sehr klein, da nur für wenige Anbieter eine Konzentration auf CDN ein tragfähiges Geschäftsmodell bildet. Ein profitables Geschäftsmodell für CDN-Spezialisten hängt u.a. davon ab, ob entweder eine systematische Nutzung von Economies of Scale oder eine konsequente Fokussierung auf eine bestimmte Kundengruppe oder Art von Content (z.B. Video) erfolgt.

Selbst dieses Geschäftsmodell gerät unter Druck, wenn die Preise im Markt weiter fallen und die CDN-Spezialisten ihre Effizienz und Kostenstruktur nicht weiter verbessern können.

Daher zeichnet sich ab, dass auch CDN-Spezialisten in ihrem Produktportfolio Mehrwertdienste stärker ausbauen⁶⁸ und ihr Produktportfolio kontinuierlich erweitern. Bei der Erweiterung des Produktportfolios stehen derzeit Cloud Services im Vordergrund.

Zur Expansion in neue Produktbereiche und innovative CDN-basierte Lösungen, aber auch zur Vergrößerung des Absatzmarkts spielt bei großen CDN-Spezialisten M&A eine wesentliche Rolle.

Zu den weltweit bedeutendsten CDN-Spezialisten zählen Akamai, Edgecast und Limelight. Limelight unterscheidet sich jedoch von den anderen beiden Anbietern dadurch, dass eigene Übertragungswege vorhanden sind. Als in Deutschland ansässiger CDN-Spezialist ist das auf Videoübertragung spezialisierte Unternehmen TV1.eu zu nennen. Es fällt auf, dass die CDN der Weltmarktführer in technischer Hinsicht sehr unterschiedlich umgesetzt werden: Akamai setzt auf eine dezentrale Struktur, Edgecast betreibt nur wenige sog. „Super-POPs“, Limelight nutzt eine mittlere Anzahl von Serverstandorten und verbindet diese mit einem eigenen Glasfasernetz.

2. Integrierte CDN-Betreiber

Integrierte CDN-Betreiber konzentrieren sich nicht auf den CDN-Markt, sondern bieten CDN in Ergänzung zu einem breiten Portfolio an (Telekommunikations- und) Internetdiensten an, die weitgehend auf eigener Infrastruktur basieren.

Sie realisieren ihren Eintritt in den CDN-Markt im Rahmen einer Rückwärtsintegration ausgehend vom Internet-Zugangsmarkt. Das bedeutet, dass sie auf der CDN-Wertschöpfungskette den CDN-Betrieb realisieren, ihre bestehenden Vertriebsstrukturen nutzen sowie im IP- Backbone- oder gar im Internet-Zugangsbereich bis zum Endkunden tätig sind.

Bei den integrierten CDN-Betreibern handelt es sich typischerweise um etablierte ISPs und Netzbetreiber. Sie haben sich im CDN-Markt im Vergleich zu CDN-Spezialisten erst spät engagiert. Im Vergleich zu den CDN-Spezialisten ist die Gruppe integrierter CDN-Betreiber groß und sehr heterogen. Viele Unternehmen, für die dieses Geschäftsmodell potenziell in Frage kommt, haben bisher noch keine Entscheidung über die Art und den Umfang eines Engagements im CDN-Bereich getroffen.

Die Verfügbarkeit eines eigenen IP-Netzes bietet integrierten CDN-Betreibern vor allem Kosten- und Synergievorteile, da sie bei der Anbindung eines CDN-Netzwerks auf bestehende Strukturen (u.a. bestehende Anbindungen an globale Netze durch Inter-

⁶⁸ So generiert z.B. der CDN-Spezialist Limelight bereits knapp ein Drittel seines Jahresumsatzes mit Mehrwertdiensten.

connection- und Peeringvereinbarungen, eigene Rechenzentren/Kollokationsflächen) zurückgreifen und dadurch ggf. geringere Kosten für Bandbreite und Kollokation realisieren können.

Sofern integrierte CDN-Betreiber auch ein eigenes Kernnetz- und Übertragungsnetz betreiben, verfolgen sie mit dem CDN-Betrieb ggf. auch das Ziel, Möglichkeiten zum Management von Kapazitätsengpässen und zur Optimierung des Netzbetriebs zu nutzen und damit Investitionen in Infrastruktur zu reduzieren.

Als integrierte CDN-Betreiber treten z.B. der globale Anbieter Level 3, nationale ISPs wie z.B. Nacamar sowie Incumbents/Telcos auf. In der vorliegenden Studie wird auch die MediaBroadcast, die sich auf Fernsehübertragung konzentriert, aufgrund ihrer eigenen Infrastruktur in diese strategische Gruppe eingeordnet werden, auch wenn dieser Anbieter nicht mit ISPs und Netzbetreibern gleichzustellen ist.

3. Reseller

CDN-Reseller betreiben kein CDN-Netzwerk, sondern beziehen Dienste von CDN-Betreibern auf Wholesale-Basis, um sie unter eigenem Namen an ihren Kundenstamm zu vermarkten.

Kennzeichnend für CDN-Reseller ist, dass sie CDN nur zusätzlich zu anderen Produkten und Diensten vermarkten und dabei vor allem ihre Kundenbeziehungen und Beratungskompetenz nutzen.

Die Gruppe der Reseller ist groß, sehr heterogen und nur schwierig zu erfassen. Potenziell kommt es für eine Vielzahl von Unternehmen sehr unterschiedlicher Herkunft und strategischer Ausrichtung in Frage, das bestehende Kerngeschäft um CDN-Lösungen zu ergänzen. Dazu gehören z.B. kleine und mittlere Systemintegratoren, Hosting Provider, Softwareentwickler und Medienagenturen. Jedoch auch für große Unternehmen, die sich gegen den CDN-Eigenbetrieb entscheiden, sind Resale-Modelle interessant. So nutzen zahlreiche Netzbetreiber (z.B. die Deutsche Telekom) CDNs globaler Spezialisten zum Weiterverkauf.

Das Spektrum möglicher Resale-Partnerschaften ist dabei sehr breit. Es reicht von einfachen Resale-Modellen bis zu managed oder licensed CDN.

Als wichtiger Reseller mit Fokus auf die Fernsehübertragung tritt in Deutschland z.B. die Medienagentur Geißendörfer & Leschinsky auf. Darüber hinaus gibt es mehrere Reseller, die Dienste von Level 3 vermarkten (darunter z.B. der deutsche ISP Dogado).

Im Folgenden sollen die wichtigsten Anbieter der jeweiligen Geschäftsmodelle und ihre Strategien in Bezug auf das CDN-Netzwerk, Produktportfolio und den Absatzmarkt analysiert werden.

3.2.1.1 CDN-Spezialisten

3.2.1.1.1 Akamai

Akamai ist ein US-amerikanischer CDN-Spezialist, der im Jahr 1998 gegründet wurde und seinen Hauptsitz in Cambridge/Massachusetts hat. Das Unternehmen gehört zu den Pionieren im CDN-Bereich, hat den Markt entscheidend geprägt und kann als weltweiter Marktführer bezeichnet werden. Im Jahr 2011 erwirtschaftete Akamai mit insgesamt 2.380 Beschäftigten weltweit einen Umsatz in Höhe von 1,16 Mrd. US\$ (2010: 1,0 Mrd. US\$).

Das Produktportfolio wurde seit der Unternehmensgründung kontinuierlich weiterentwickelt. Zunächst wurden private content delivery networks und Internet-based delivery of applications (z.B. Store/Dealer locators, user registration, large-scale software distribution capabilities, Security services) eingeführt.

Heute positioniert sich Akamai als CDN-Provider und Cloud Services Provider mit dem Ziel, Content und Applications über das Internet schneller und besser zu übertragen.⁶⁹ Der übertragene Content umfasst sowohl konventionellen Content von Websites als auch anspruchsvolle live und on-demand streaming Video-Inhalte. Ergänzt werden die Dienste um Tools und Lösungen in den Bereichen Sicherheit, Monitoring und Customer Care.

Für Akamai hat geographische Expansion und Größe eine entscheidende strategische Bedeutung zur Realisierung von Economies of Scale. Daher spielen M&A für Akamai eine bedeutende Rolle. Zu den wichtigsten Übernahmen in jüngster Zeit gehört die Akquisition des US-amerikanischen Wettbewerbers Cotendo (März 2012).

Auch zur Erweiterung des Produktportfolios nutzt Akamai M&A. Im Jahr 2012 wurden z.B. der Cloud Service Provider Blaze Software, der Content Acceleration Software Provider FastSoft und der licensed CDN-Anbieter Verivue gekauft.

Netzwerk

Akamai verfolgt in Bezug auf sein CDN-Netzwerk konsequent die Strategie, Cache-Server so nah wie möglich beim Endkunden zu etablieren. Daher hat Akamai im Vergleich zu seinen Wettbewerbern eine sehr hohe Zahl an Servern installiert, wobei die Standortwahl unter Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten eine große Herausforderung bedeutet.

⁶⁹ Akamai beschreibt sich selbst wie folgt (Annual Report 2011, S. 2):

„Akamai provides content delivery and cloud infrastructure services for accelerating and improving the delivery of content and applications over the Internet; ranging from live and on-demand streaming video capabilities to conventional content on websites, to tools that help people transact business and reach out to new and existing customers. We believe that our solutions offer unmatched reliability, sophistication and security. At the same time, we help customers save money by enabling them to reduce expenses associated with internal infrastructure build-outs. In short, our solutions are designed to help our customers efficiently offer websites that improve visitor experiences and increase the effectiveness of their Internet-focused operations.“

Das Netzwerk von Akamai besteht in der sog. „Akamai Edge Plattform“, die in 71 Ländern mehr als 100.000 Server umfasst. Akamai selbst verfügt über keine eigenen Übertragungswege.

Zur Anbindung an die weltweiten Übertragungsnetze hat Akamai mehr als 1.000 Peering-Abkommen vereinbart. Der Zukauf von Bandbreite und Kollokationsleistungen bildet einen großen Kostenfaktor: Im Jahr 2011 gab Akamai 92 Mio. US\$ für Bandbreite und 130 Mio. US\$ für Kollokation aus.⁷⁰ Die wichtigsten Einflussfaktoren auf diese Ausgaben sind die höheren Verkehrsmengen bei gleichzeitig sinkenden Bandbreitenkosten pro Einheit. Die Kollokationskosten steigen insbesondere dadurch an, dass immer mehr Server im Netzwerk von Akamai installiert werden.

Unternehmensangaben zufolge wird derzeit etwa 20% des weltweiten Internetverkehrs über das Akamai-Netzwerk abgewickelt, das auf Basis proprietärer Technologien betrieben wird und durch Investitionen in Forschung und Entwicklung stets weiterentwickelt wird. Die Entwicklung intelligenter Softwarelösungen hat dabei höchste Priorität, während die Hardware auf Standardprodukten basiert.

Einen hohen Stellenwert besitzt für Akamai die Überwachung des Internet in Echtzeit und die Erhebung von Daten über den Verkehr, Engpässe und Schwachstellen zur kontinuierlichen Optimierung des Netzwerks. Akamai veröffentlicht die erhobenen Daten vierteljährlich in seinem Internet-Report.⁷¹

Produktportfolio

Akamai bietet ein breites Produktportfolio an CDN-Diensten an, die eng an den CDN-Betrieb anknüpfen und als folgende Produktkategorien vermarktet werden:

- **Website Optimization:** Unter dem Produktnamen „Dynamic Site Accelerator“ vermarktet Akamai Lösungen für alle Betreiber einer Website, die eher auf reine Informationsvermittlung ausgerichtet ist.
- **Video and Software solutions:** Diese Lösungen sind speziell auf die Übertragung und Verteilung großer Datenmengen, insbesondere Video und Software, zugeschnitten:
 - Für die Übertragung von Videodiensten wurde das „**Akamai HD Network**“ entwickelt, das alle Arten von Medieninhalten handhaben kann. Diese Lösung richtet sich daher insbesondere an Unternehmen aus den Bereichen entertainment (television, radio, sports, music, gaming, social networking und Internet search/portal access).
 - **Electronic Software Delivery Solutions**

⁷⁰ Vgl. Akamai (2012), S. 34.

⁷¹ <http://www.akamai.com/stateoftheinternet/>.

- **Application and Cloud Performance Solutions:** Im Rahmen eines managed services-Ansatzes vermarktet Akamai in diesem Bereich den sogenannten „Web Application Accelerator“-service und den „IP Application Accelerator“.

Ergänzt wird das Produktportfolio um Sicherheitslösungen, Lösungen für Kundenmanagement und Werbezwecke und speziell auf Mobile Content ausgerichtete Lösungen.

Im Februar 2012 gab Akamai den Launch von **managed und licensed CDN-Lösungen** für Netzbetreiber bekannt, die unter dem Markennamen „Aura Network Solutions“ vermarktet werden.⁷² Dabei können Netzbetreiber zwischen drei Ausgestaltungsmöglichkeiten wählen:

- **Operator Licensed Content and Multiscreen Video:** Diese Lösung unterstützt die Übertragung von Content, die der Netzbetreiber selbst besitzt oder für die er Lizenzen erworben hat.
- **Third Party CDN:** Bei dieser Lösung übernimmt Akamai den Betrieb des CDN, das vom Netzbetreiber an dessen Kunden vermarktet wird.
- **Advanced Enterprise Services:** Diese Dienste verkauft der Netzbetreiber an Unternehmenskunden, z.B. application and cloud acceleration, website performance and security oder media delivery. Typischerweise integriert der Netzbetreiber diesen Dienst in ein Produktbündel der von ihm selbst angebotenen Dienste, z.B. Hosting oder privat VPN.

Darüber hinaus plant Akamai das Angebot eines federated CDNs („Akamai Instant Federation“), in dem alle seine Kunden von managed und licensed CDN-Diensten zusammengeführt werden sollen. Nähere Details sind jedoch noch nicht bekannt.⁷³

Absatzmarkt

Akamai ist ein global ausgerichteter CDN-Betreiber, der grundsätzlich alle Kundengruppen mit CDN-Diensten versorgt, jedoch einen Schwerpunkt bei „Enterprises“ (Großunternehmen) hat. Zu den Referenzkunden gehören z.B. Apple, Audi, Hitachi, Microsoft, MTV Networks, Philips, Qantas und SAP. In den USA bilden auch Einrichtungen des öffentlichen Sektors eine wichtige Kundengruppe.⁷⁴ Das stärkste Umsatzwachstum konnte im Jahr 2011 (ebenso wie im Vorjahr) im Kundensegment „Media & Entertainment“ generiert werden.⁷⁵ Am zweitstärksten wächst der Umsatz bei den Kunden im Bereich „Commerce“.

⁷² http://www.akamai.com/html/about/press/releases/2012/press_022812.html.

⁷³ Vgl. http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2012/02/akamai-launches-managed-cdn-offering-lcdn-with-transparent-caching-coming-next-month.html.

⁷⁴ Vgl. Akamai (2012), S. 8.

⁷⁵ Vgl. Akamai (2012), S. 33.

Akamai vermarktet seine Dienste sowohl über direkten Vertrieb als auch über Vertriebspartner. Der Direktvertrieb von Akamai besteht derzeit aus 25 Verkaufsbüros in den USA, Europa und Asien. Als „active channel partners“ bezeichnet Akamai derzeit mehr als 100 Unternehmen weltweit, darunter EDS, IBM, Verizon und Telefonica.⁷⁶ Der Umsatz entfiel im Jahr 2011 zu 81% auf den Direktvertrieb und zu 19% auf Reseller.⁷⁷

Der Schwerpunkt des Absatzes liegt in den USA, wo Akamai im Jahr 2011 71% seines gesamten Umsatzes erwirtschaftet hat. Das Unternehmen ist zwar um geographische Expansion bemüht, der Anteil des Auslandsumsatzes hat sich jedoch in den letzten Jahren nicht nennenswert gesteigert (2009: 72% Umsatz in den USA).⁷⁸

Der wichtigste Auslandsmarkt für Akamai ist Europa, wo etwa 18% des gesamten Umsatzes im Jahr 2011 generiert wurde.

Der deutsche Markt besitzt für Akamai innerhalb Europas eine hohe strategische Bedeutung. Daher werden die Vertriebsstrukturen in Deutschland derzeit ausgeweitet, um das deutsche Kundenpotenzial besser zu erschließen.

3.2.1.1.2 EdgeCast

EdgeCast ist ein CDN-Spezialist, der im Jahr 2006 von einer Gruppe erfahrener Technologie-Unternehmer gegründet wurde und seinen Hauptsitz in Santa Monica/Kalifornien (USA) hat. Das Unternehmen bietet auf ein breites Spektrum von CDN-basierten Diensten an, die an alle potenziellen Kundengruppen vermarktet werden.

Netzwerk

Die Infrastruktur von EdgeCast basiert auf 21 Points of Presence (sog. „SuperPOPs“), die sich an den wichtigsten Internet Exchange Punkten auf vier Kontinenten befinden. An diesen Zugangspunkten werden auch Peering-Abkommen mit führenden Carriern vereinbart. Dieser Ansatz unterscheidet sich von anderen CDN, die typischerweise Server an sehr viel mehr Lokationen weltweit betreiben.

⁷⁶ Vgl. Akamai (2012), S. 8.

⁷⁷ Vgl. Akamai (2012), S. 33.

⁷⁸ Vgl. Akamai (2012), S. 8.

Abbildung 9: Edgecast - Server-Standorte im Netzwerk



Europa	Amsterdam, Frankfurt, London, Madrid, Paris
Nordamerika	Atlanta, Chicago, Dallas, Los Angeles, Miami, New York, San Jose, Seattle, Washington DC
Asien	Hong Kong, Osaka, Singapore, Tokio
Australien	Sydney

Quelle: Edgecast

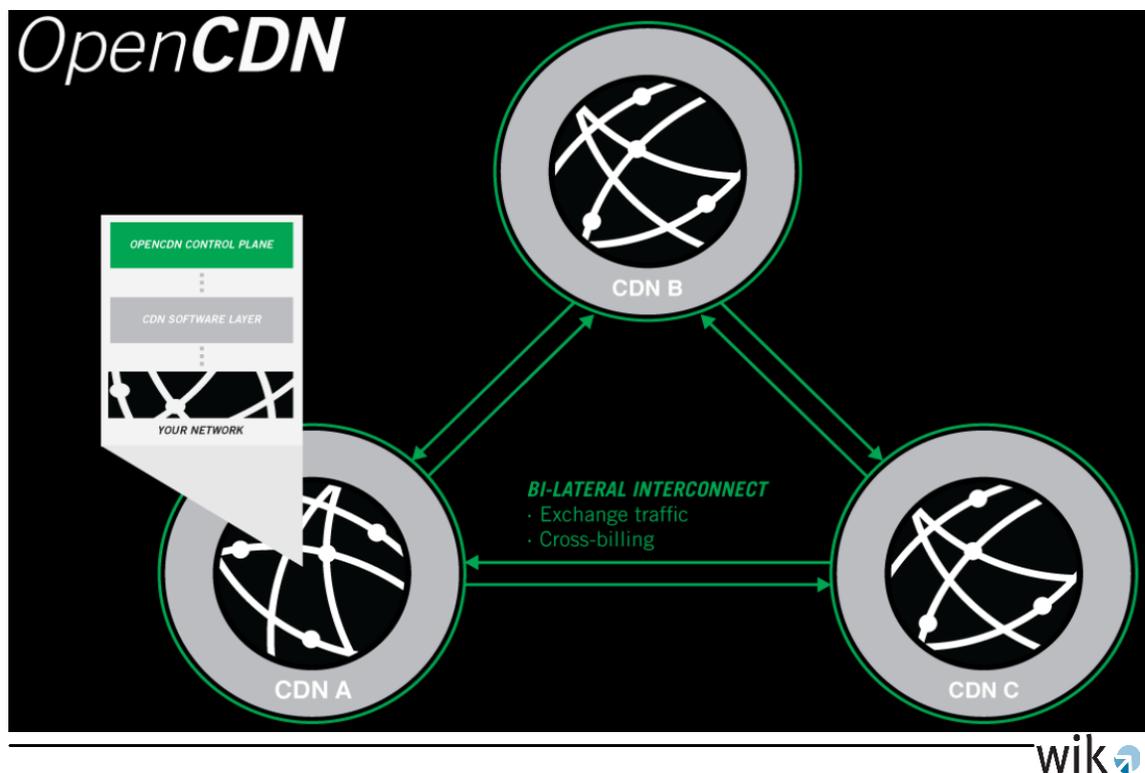
EdgeCast gibt an, dass sein Netzwerk einen etwa 25% schnelleren Zugriff auf Content ermöglicht als konkurrierende CDNs.⁷⁹

Im Mai 2012 hat EdgeCast im Mai 2012 seine „OpenCDN“-Plattform in Betrieb genommen, die als „Federated CDN“ die Zusammenschaltung verschiedener unabhängiger CDN ermöglichen soll. OpenCDN soll Carriern und Content Providern als „Marktplatz für globalen IP-Transit“ dienen und es den Beteiligten ermöglichen, Kapazität einzukaufen und zu verkaufen, Traffic zu routen, Tools zur Administration, Steuerung und Kontrolle zu nutzen. Dadurch können Anbieter Caching von Content auch in denjenigen Regionen realisieren, in denen sie über keine eigenen Server verfügen. OpenCDN wird Unternehmensangaben zufolge bereits von Asiens führendem Anbieter Pacnet sowie von großen nordamerikanischen Netzbetreibern genutzt.⁸⁰

⁷⁹ Vgl. <http://www.edgecast.com/network/>.

⁸⁰ <http://www.edgecast.com/company/news/edgecast-announces-opencdn.html>.

Abbildung 10: OpenCDN von Edgecast



Quelle: Edgecast, <http://www.edgecast.com/solutions/opencdn/> (abgerufen am 10.5.2012)

Produktportfolio

Edgecast bietet alle Kerndienste rund um den CDN-Betrieb an, die das Unternehmen in die folgenden Kategorien unterteilt:

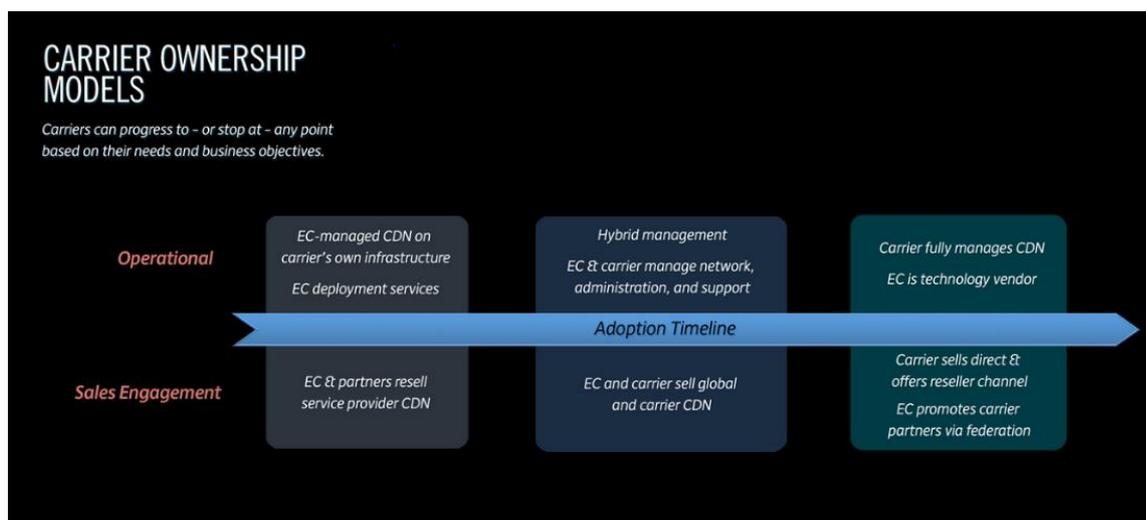
- Application Delivery
- HTTP Caching
- Streaming
- Storage
- Security
- Analytics
- Data Center

Diese Dienste vermarktet Edgecast an wichtige Kundengruppen und Anwendungsgebiete als zielgruppenspezifische Lösungen. Darüber hinaus bilden Angebote für die Übertragung von Live Events einen expliziten Bestandteil des Produktportfolios ebenso wie Angebote zur allgemeinen Site Acceleration.

Einen weiteren Schwerpunkt im Produktportfolio bieten managed und licensed CDN-Angebote für Carrier, die Edgecast im Laufe des Jahres 2011 deutlich ausgebaut hat.

Das Angebot von Edgecast für Carrier sieht vor, dass Carrier ihre Geschäftsmodelle mit steigender Bedeutung des CDN-Geschäfts von Resale CDN zu Modellen mit höherer Eigenbeteiligung weiterentwickeln können.

Abbildung 11: Edgecast – Angebot für Carrier



Quelle: Edgecast, <http://www.edgecast.com/img/licensed-cdn-adoption-timeline-options.jpeg>

Absatzmarkt

EdgeCast adressiert den weltweiten Markt und vermarktet CDN an alle potenziellen Kundengruppen. Dazu gehören z.B. Unternehmen des Media & Entertainment-Bereichs, der Gaming-Branche, der Software-Distribution und des E-Commerce.

Das Unternehmen gibt an, inzwischen über 4.000 Kunden weltweit zu bedienen und etwa 4% des weltweiten Internet-Verkehrs abzuwickeln.

EdgeCast vermarktet seine CDN direkt und über Wholesale-Partner.

Im Bereich Carrier Services kann Edgecast Marktexperten zufolge als führend angesehen werden. Als Kunden für diese Services konnten u.a. die Deutsche Telekom, der asiatische Carrier Pacnet (Hongkong/Singapur), der australische Carrier AAPT, der kanadische Carrier Telus und die türkische Dogan Telecom gewonnen werden.

3.2.1.1.3 Limelight

Limelight wurde als US-amerikanischer CDN-Spezialist im Jahr 2001 in Tempe/Arizona (USA) gegründet und ist seit dem Jahr 2007 börsennotiert. Das weltweit tätige Unternehmen beschäftigte im Geschäftsjahr 2011 insgesamt 483 Mitarbeiter und erwirtschaftete 171,3 Mio. US \$ Umsatz.⁸¹

Nach einem anfänglichen Fokus auf CDN ist Limelight heute – ebenso wie Akamai – als CDN und Cloud Services Provider tätig. Das Unternehmen bezeichnet sich als „global leader in Digital Presence Management and Delivery“. Kern der Geschäftstätigkeit ist die „Orchestrated digital presence solution“, die als cloud-based application konzipiert ist und in der alle Lösungen und Dienste von Limelight integriert werden.

Im Gegensatz zu anderen CDN-Spezialisten verfügt Limelight über eigene Infrastruktur in Form eines Glasfasernetzes, das seine Rechenzentren miteinander verbindet.

Netzwerk

Limelight betreibt ein CDN, das sich auf etwa 80 Serverstandorte weltweit stützt. Im Vergleich zu Akamai ist die Zahl der Serverstandorte gering. Die CDN-Architektur unterscheidet sich des Weiteren dadurch, dass diese Serverstandorte mit einem eigenen Glasfasernetz verbunden sind. Zur direkten Anbindung an internationale Netze sind Vereinbarungen mit mehr als 700 ISPs abgeschlossen worden.

Abbildung 12: Limelight CDN

Limelight Networks Global Delivery Platform



- 7+ Tbps egress capacity
- 2.5 billion objects delivered hourly
- 15 petabytes of cloud storage
- 80+ points of presence (POPs)
- 15,000+ high-performance servers
- Direct-connected to 700+ ISPs
- 2 million server compute capacity

Limelight NETWORKS

Quelle: http://files.shareholder.com/downloads/ABEA-5OXHL5/1964472002x0x566238/81827515-37A0-47EE-A6E2-E939C75A3BAB/LLNW_Q1- MAY_2012.pdf S. 5

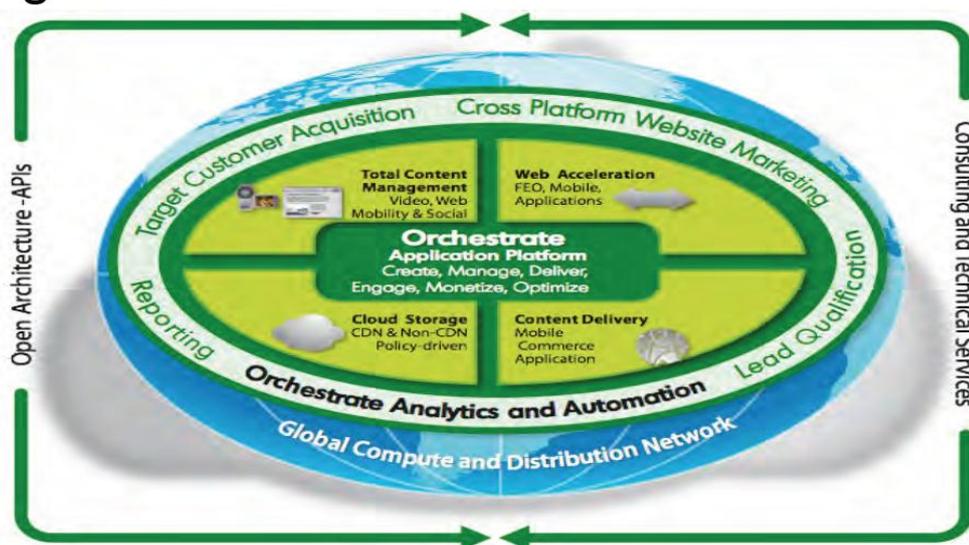
⁸¹ Vgl. Limelight Pressemitteilung vom 13. Februar 2012: Limelight Networks Reports Fourth Quarter and Full-Year 2011 Results, <http://investors.limelightnetworks.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=648252>.

Produktportfolio

Das Produktportfolio von Limelight ist in der Applikationsplattform „Orchestrade“ zusammengefasst, auf der alle Dienste rund um Content Delivery und Management, Web Acceleration und Cloud Storage integriert sind.

Abbildung 13: Limelight – Orchestrade Application Platform

Limelight Orchestrade



Quelle: http://files.shareholder.com/downloads/ABEA-5OXHL5/1964472002x0x566238/81827515-37A0-47EE-A6E2-E939C75A3BAB/LLNW_Q1- MAY 2012.pdf S. 10

Mehrwertdienste haben für Limelight eine zunehmend wichtige Bedeutung (wobei nicht klar abgegrenzt werden kann, welche Dienste konkret den Mehrwertdiensten zuzurechnen sind).

Ende 2011 erwirtschaftete das Unternehmen 29% des Gesamtumsatzes mit Mehrwertdiensten (gegenüber dem Vorjahr stieg der Umsatz mit den Mehrwertdiensten um 70%).⁸²

Die Umsatzveränderungen in den einzelnen Produktbereichen waren wie folgt:

- Video Plattform (+160% im Jahr 2011)
- Mobile Internet und Tablet computing (+70% im Jahr 2011)
- Enterprise Cloud Storage (+55% im Jahr 2011)
- Site and application accelerations services (+25 % im Jahr 2011).

⁸² Siehe Limelight Pressemitteilung vom 13. Februar 2012.

Absatzmarkt

Limelight vermarktet seine CDN-Dienste weltweit über direkte und indirekte Vertriebskanäle. Das Unternehmen gibt an, derzeit 1.800 Kunden weltweit zu bedienen.

Limelight kündigte im Februar 2012 managed CDN für Carrier an. Zu den Kunden für diese CDN-Dienste zählen bereits Bell Canada (seit 2009) und Bharti Airtel, Asiens größten TK-Provider (seit 2010).⁸³

3.2.1.1.4 CDNetworks

CDNetworks ist ein weltweit tätiger CDN-Spezialist, der im Jahr 2000 in Korea gegründet wurde. Bis heute liegt der Schwerpunkt des Unternehmens im asiatisch-pazifischen Raum, jedoch wurde die Geschäftstätigkeit nach und nach weltweit ausgebaut.

Netzwerk

CDNetworks betreibt ein eigenes CDN, das sich auf 140 Zugangspunkte in 80 Städten weltweit erstreckt. In Deutschland hat CDNetworks einen Zugangspunkt in Frankfurt.

Abbildung 14: CDNetworks



Produktportfolio

CDNetworks vermarktet ein breites Spektrum an CDN-basierten Diensten, darunter Dynamic acceleration-Dienste und Cloud Services.

⁸³ http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2012/02/limelight-networks-launches-licensed-cdn-lcdn-offering.html.

Absatzmarkt

CDNetworks adressiert grundsätzlich den weltweiten Markt, erwirtschaftet jedoch den Großteil seiner Umsätze im asiatisch-pazifischen Raum. Das Unternehmen ist auch in Regionen stark, in denen die US-amerikanischen Konkurrenten weniger präsent sind (z.B. im russischen Markt).

CDNetworks gibt an, derzeit etwa 1.200 Kunden weltweit zu bedienen. Insgesamt laufen weltweit 17.500 Websites unter Nutzung des CDN von CDNetworks.

Das Unternehmen vermarktet seine Dienste an alle Kundengruppen, darunter Finanzwirtschaft, Tourismus, E-Commerce, E-Learning, High Tech, Industrie und Medien.

CDNetworks vertreibt seine Dienste über Direktvertrieb und über Reseller. Der direkte Vertrieb stützt sich auf Niederlassungen in den USA, Korea, China, Japan, Großbritannien und Frankreich. Resellern bietet CDNetworks unterschiedliche Formen der Zusammenarbeit an, die von simplem Weiterverkauf bis zu Ansätzen mit stärkerer Eigenbeteiligung reichen (z.B. für Telcos).

3.2.1.1.5 TV1.EU

TV1.eu ist ein mittelständischer deutscher CDN-Spezialist, der sich auf den europäischen Markt für internetbasierte Videoübertragung konzentriert.

Das Unternehmen wurde im Jahr 1997 gegründet und befindet sich bis heute vollständig im Besitz der zwei Unternehmensgründer. TV1.eu beschäftigt 36 Mitarbeiter.

Das Unternehmen ist auf den Betrieb eines CDN und insbesondere auf die darauf aufbauenden Dienste im Bereich der Videoübertragung spezialisiert. Als weiteres Geschäftsfeld hat TV1.eu in den letzten Jahren auch Hardware entwickelt.

TV1.eu kooperiert mit großen CDN-Spezialisten wie Akamai, um beispielsweise den chinesischen Markt mit abzudecken.

Darüber hinaus hat TV1.eu Partner aus dem Bereich der Filmproduktion, um spezifischen Dienstleistungen hinzuzukaufen.

Netzwerk

TV1.eu betreibt ein eigenes CDN, das mehr als 1.000 Server umfasst und hat Peering- und Interconnection-Vereinbarung zum Anschluss an internationale Netze vereinbart.

Produktportfolio

TV1.eu konzentriert sich auf internetbasierte Dienste im Bereich Videoübertragung, die auf dem unternehmenseigenen CDN basieren. Dazu gehören auch neben CDN-Kerndiensten auch spezifische Mehrwertdienste wie z.B. Live-Transcoding.

Darüber hinaus hat das Unternehmen mit dem „*minicaster*“ ein eigenes Hardware-Produkt entwickelt, das das Ausgangssignal von Videoquellen (z.B. Kamera) in einen IP-basierten Livestream umwandelt, diesen komprimiert und anschließend über LAN, Wi-Fi, 3G/LET oder Satellit in das CDN einspeist.

Absatzmarkt

TV1.eu bedient von seinem Hauptsitz in Deutschland (Unterföhring bei München) vor allem den deutschsprachigen Raum und die Benelux-Länder. In Brüssel hat das Unternehmen eine Niederlassung. Diese ist vor allem darauf ausgerichtet, die Europäische Kommission als wichtigen Kunden zu bedienen.

Neben zahlreichen Kunden aus dem Fernseh- und Rundfunkübertragungsbereich bedient TV1.eu Kunden, für deren Homepages die Übertragung von Videos eine bedeutende Rolle spielt. Dazu gehören die Europäische Kommission (seit 2004), der Deutsche Bundestag (seit 2009) und On-demand-Dienste im Rahmen von Hauptversammlungen börsennotierter Unternehmen.

TV1.eu nutzt zur Vermarktung seiner Dienste vorwiegend den Direktvertrieb. Für die Vermarktung des Produkts „*minicaster*“ spielt auch der indirekte Vertrieb eine wichtige Rolle. TV1.eu hat eine white-label-Version entwickelt, die einfach zu installieren und über das Internet zu administrieren sind. Dem Reseller werden offene Schnittstellen angeboten, die er für eine flexible Weiterentwicklung und Integration in maßgeschneiderte Kundenprojekte nutzen kann.⁸⁴

3.2.1.2 Integrierte CDN-Betreiber

3.2.1.2.1 ISPs

3.2.1.2.1.1 Level 3

Level 3 hat seinen Tätigkeitsschwerpunkt im Wholesale-Bereich. Der globale Backbone-Provider engagiert sich seit dem Jahr 2007 auch im weltweiten CDN-Markt, der für ihn eine hohe strategische Bedeutung besitzt. Der Eintritt in den CDN-Markt wurde durch den im Jahr 2006 vereinbarten Kauf der CDN-Sparte von Savvis beschleunigt.

⁸⁴ Siehe auch http://www.tv1.eu/de/partner/TV1_PartnerProgramm.pdf.

Das Unternehmen ist aus der 1985 in den USA gegründeten Kiewit Diversified Group Inc. (KDG) hervorgegangen, die für die Informations- und Kommunikationsdienste seines stark diversifizierten Mutterunternehmens Peter Kiewit Sons' Inc. (PKS) zuständig sein sollte. 1998 wurde das Unternehmen in Level 3 Communications Inc. umbenannt und an die Börse eingeführt.

Durch die Übernahme von Global Crossing im Herbst 2011 konnte Level 3 an Größe gewinnen.

Für das Geschäftsjahr 2011 wies Level 3 einen Gesamtumsatz in Höhe von 4,3 Mrd. US\$ aus, von dem der Großteil auf den Bereich „Core Network Services“ (3,6 Mrd. US\$) entfällt. Mit CDN-Diensten generiert Level 3 etwa 2% des Gesamtumsatzes (d.h. im Jahr 2011 71,8 Mio. US\$).⁸⁵

Netzwerk

Level 3 betreibt weltweit eine Serviceplattform für IP-Lösungen, die auf eigenen Glasfasernetzen in drei Kontinenten beruht. Level 3 verfügt in großem Umfang über Tiefseekabel, die die Kontinente verbinden.

Basierend auf diesem Netz hat Level 3 in den vergangenen Jahren erheblich in den Ausbau seines CDN-Netzwerks investiert. Im Jahr 2010 verfügte Level 3 über weltweite CDN-Kapazitäten von 2,15 Tbps (Terabits pro Sekunde), im Jahr 2012 über 5,6 Tbps.

⁸⁵ <http://level3.mediaroom.com/index.php?s=23600&item=126898>.

- Origin Storage
- Streaming Media Dienste
- Site Performance
- Transcoding

Absatzmarkt

Level 3 adressiert mit seinen CDN-Lösungen den globalen Markt. In Deutschland vermarktet Level 3 über Direktvertrieb und hat Resale-Partnerschaften aufgebaut (z.B. mit Dogado und ECS Webhosting, siehe Kapitel 3.2.1.3). Das Unternehmen vermarktet in Deutschland CDN bereits seit fünf Jahren. Als Referenzkunde konnte Pro 7 gewonnen werden.

Das Kundenpotenzial von Level 3 besteht zunächst in dem bestehenden Kundenstamm für andere Dienste, aber auch in möglichen Neukunden.

3.2.1.2.1.2 Nacamar

Die Nacamar GmbH ist ein als ISP im Jahr 1995 gegründetes Unternehmen, das zwischenzeitlich als World Online und Tiscali Business GmbH firmierte und seit dem Jahr 2007 zur ecotel Gruppe gehört.

Die ecotel Gruppe wurde 1998 als bundesweit tätiges Telekommunikationsunternehmen mit Fokus auf den Geschäftskundenbereich gegründet und hat ihren Unternehmenssitz in Düsseldorf. Im Jahr 2011 erwirtschaftete ecotel mit 210 Mitarbeitern einen Umsatz in Höhe von 84,5 Mio. Euro.

Nacamar ist dem Geschäftsbereich „New Business“ zugeordnet und hat im Geschäftsjahr 2011 mit 17 Mitarbeitern einen Umsatz in Höhe von 3,5 Mio. Euro generiert. Das Kerngeschäft von Nacamar liegt im Betrieb eines eigenen CDN und in der Vermarktung daran anknüpfender Dienste und Lösungen. Das Unternehmen bietet bereits seit den 90er Jahren Streaming-Lösungen an. Hosting-Leistungen werden heute von ecotel erbracht.

Gegenüber dem Vorjahr weist das Unternehmen einen Umsatzrückgang von knapp 30% auf, der mit dem Verlust des Großkunden ZDF im 2. Halbjahr 2011 begründet wird.

Netzwerk

Nacamar betreibt ein eigenes CDN und eine Radio Streaming Plattform mit einem Zugangspunkt in seinem Rechenzentrum in Frankfurt am Main, wo große Serverfarmen betrieben werden und in unmittelbarer Nähe zum deutschen Internetknoten De-CIX die Anbindung an alle wichtigen nationalen und internationalen Netzbetreiber realisiert wird. Derzeit wird ein zweites Rechenzentrum in Düsseldorf ausgebaut.

Nacamar gibt an, durch intelligente Lastverteilung und permanentes Dienste-Monitoring eine hohe Verfügbarkeit von über 99,9% im Jahresmittel gewährleisten zu können.

Das sogenannte Media Delivery Network bietet eine Gesamtbandbreite von 100 GBit/s und überträgt täglich mehr als 15 Mio. Streams (Stand: 2011). Der monatliche Traffic beläuft sich auf etwa 4.000 TB.⁸⁶

Über Ecotel kann Nacamar auch auf eigene Infrastruktur zugreifen.⁸⁷

Produktportfolio

Nacamar konzentriert sich auf den Betrieb seines Media Delivery Networks und auf Dienste, die darauf basieren.

Zu den vermarkteten Diensten gehören z.B. Lösungen, die speziell auf Internetübertragung über TV ausgerichtet sind (HbbTV) oder die Aufbereitung und das Streaming von Audio- und Videoinhalten für verschiedene Endgeräte.

Absatzmarkt

Nacamar ist auf Unternehmen der Medienbranche spezialisiert und konzentriert sich auf den deutschsprachigen Markt, in dem es über langjährige Erfahrung und Kundenbeziehungen verfügt. Darüber hinaus bedient Nacamar Kunden, deren Inhalte einen hohen Anteil an Video-Übertragung haben (z.B. Spiegel Online).

Nacamar war bis 2011 Generalunternehmer für die Auslieferung der internetbasierten ZDF-Inhalte, d.h. übernahm das Streaming und Caching, das Live- und On-Demand-Streaming aller Sender (ZDF, 3sat, Phoenix), das Hosting und Streaming der ZDF-Mediathek.

Insgesamt vermarktet Nacamar derzeit CDN-basierte Dienste an etwa 150 Kunden.

3.2.1.2.1.3 Ipercast

Ipercast wurde im Jahr 2001 gegründet und hat seinen Sitz in Paris. Das Unternehmen positioniert sich als führender europäischer Spezialist von "secure content management and delivery for the Web and mobile devices" und ist vor allem als Video-over-IP-Anbieter bekannt.

Das Unternehmen ist hervorgegangen aus dem Internet Service Provider ISDnet, der zu Cable&Wireless gehörte. Nachdem dieser ISP bereits drei Jahre lang CDN- und

⁸⁶ Vgl. Vortrag von Nacamar (2011):

http://www.ict-cologne.de/upload/luK_VA_2011_09_21_Vortrag4_Nacamar_Schnepf_15923.pdf S. 3.

⁸⁷ ecotel Core-Netz mit redundanten, direkten Internet-Anbindungen und redundanten Peerings (Bandbreite insgesamt über 110 Gbit/s), an z.B. Deutsche Telekom, DE-CIX, TI-Net, <http://www.ecotel.de/produkte/rechenzentrum/colocation.html>.

Streaming-Dienste angeboten hatte, wurde Ipercast als separates Unternehmen gegründet, das Unternehmensangaben zufolge die größte Streaming-Plattform in Europa betreibt.

In Deutschland hat Ipercast im Jahr 2009 die IMS Technology AG mit Sitz in Hannover akquiriert. Ipercast ist noch durch weitere Übernahmen in neuen Absatzmärkten und Produktbereichen gewachsen. So wurde z.B. im Jahr 2009 der in Frankreich führenden 3G-Videophonie-Service Provider 3G-Factory übernommen, um die Präsenz im Mobile Video Markt zu verstärken.

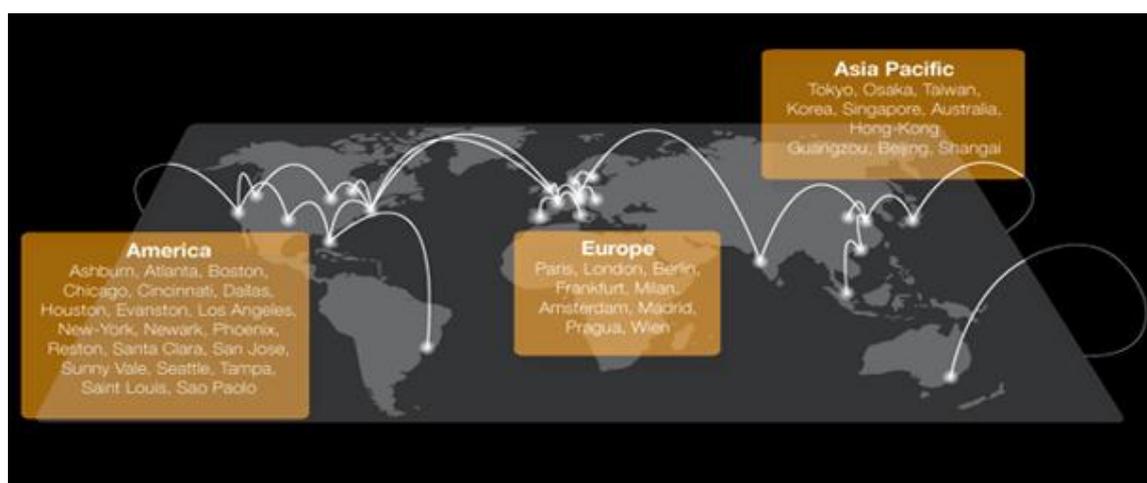
Ipercast gehört Marktexperten zufolge zu den erfolgreichsten CDN-Anbietern und wurde im Jahr 2009 mit dem „Frost & Sullivan World Content Delivery Networks Hot Investment Opportunity Award“ ausgezeichnet als am schnellsten wachsender CDN-Service Provider der Welt.⁸⁸

Netzwerk

Ipercast verfügt über ein eigenes Netzwerk von über 20.000 km Glasfaser-Backbone, das die Rechenzentren der Ipercast-Gruppe verbindet. Ein Teil dieser Infrastruktur geht auf die von Cable&Wireless übernommene Infrastruktur zurück. Es wurde jedoch in den letzten Jahren ein zweistelliger Millionenbetrag in den Ausbau des Glasfasernetzes investiert, der im Wesentlichen durch Venture Capitalisten bereitgestellt wurde.

Das CDN von Ipercast umfasst heute mehrere tausend Server auf der ganzen Welt (einschließlich Partner CDNs).

Abbildung 16: CDN-Netzwerk von Ipercast



Quelle: Ipercast

⁸⁸ <http://www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=168969382>.

Ipercast gibt an, das „einzig wirklich globale System im Markt mit „end to end“ - Abdeckung der gesamten Multimedia-Web Produktkette, ausgehend von der Netzwerkebene (CDN) bis hin zum Endnutzer-Interface (CMS) » zu betreiben.

Produktportfolio

Ipercast deckt ein breites Spektrum an Diensten rund um on- Demand und multimedia delivery services.

Die Dienste umfassen zunächst klassische Hosting-, Storage- und Archiving-Dienste. Darüber hinaus werden speziell für die Übertragung von Video Publishing-Dienste, Optimierungsdienste (z.B. Visibility in Suchmaschinen), Dienste zur Unterstützung kundenspezifischer Werbemaßnahmen, Dienste zur Auswertung von Kundenverhalten und zum Monitoring angeboten.

Ipercast vermarktet seine Dienste bezogen auf die unterschiedlichen Zugangswege Web, TV und mobile und bietet für alle Zugangsformen an:

- Content Providern mit Bedarf an Videoübertragung wird dabei Unterstützung auf allen Stufen der Inhalteübertragung angeboten:
- Content Management zum Generieren von benutzerfreundlichen und funktionsreichen Online-Content,
- Encoding von Videoinhalten für eine Vielzahl unterschiedlicher Formate,
- diverse Securing-Dienste, darunter z.B. Geoblocking,
- Distribution für unterschiedliche Zugangswege und Zugangsgeräte.

Absatzmarkt

Ipercast positioniert sich als europäischer Provider und gibt an, Telekommunikations- und Medienunternehmen weltweit zu seinen Kunden zu zählen. Der Schwerpunkt der Geschäftstätigkeit liegt in Frankreich. Durch die Übernahme von IMS Technology und deutsche Resale-Partner spielt Ipercast auch im deutschen Markt eine Rolle.

Das Unternehmen wurde vom Branchenmagazin Streaming Media als einer der wichtigsten 101 Streaming Media Provider in Europa eingeschätzt.⁸⁹

Zu den wichtigsten Referenzkunden gehören v.a. französische Unternehmen (z.B. SFR, Bouygues).

⁸⁹ Vgl. Schumacher-Rasmussen (2012).

3.2.1.2.2 Media Broadcast (TDF)

Die Media Broadcast ist das deutsche Tochterunternehmen der französischen TDF-Gruppe und positioniert sich als europäischer Full-Service-Provider der Rundfunk- und Medienbranche. Die TDF-Gruppe erwirtschaftete im Geschäftsjahr 2010/2011 mit 4.785 Beschäftigten insgesamt 1,52 Mrd. Euro Umsatz. 30% des Gesamtumsatzes (456 Mio. Euro) werden von Media Broadcast mit 865 Beschäftigten im deutschen Markt generiert.⁹⁰

Das Kerngeschäft der Media Broadcast besteht im Betrieb von Übertragungsplattformen für Fernsehen und Hörfunk, die auf ein eigenes Sender-, Leitungs- und Satellitenetzwerk zugreifen. Darauf basierend werden Kunden aus dem Fernseh- und Rundfunkbereich Dienste für die komplette Wertschöpfungskette der Fernseh- und Rundfunkübertragung angeboten.

Im Rahmen dieses Gesamtangebots bildet der Betrieb eines CDN und die damit zusammenhängenden Kern- und Mehrwertdienste ein gegenwärtig noch relativ unbedeutendes Modul, das zukünftig stark ausgebaut werden soll.

Im Jahr 2010 gewann die Vermarktung von CDN strategische Bedeutung innerhalb der TDF. Ihre CDN-Aktivitäten, die in dem Bereich TDF Media Services gebündelt sind, sollen stärker konsolidiert und zu einem einheitlichen europaweiten Angebot ausgebaut werden. Bisher werden CDN von den Tochterunternehmen Qbrick (Schweden), Cognacq-Jay Image und SmartJog (Frankreich) und von der Media Broadcast mit unterschiedlichen Ansätzen betrieben und vermarktet.

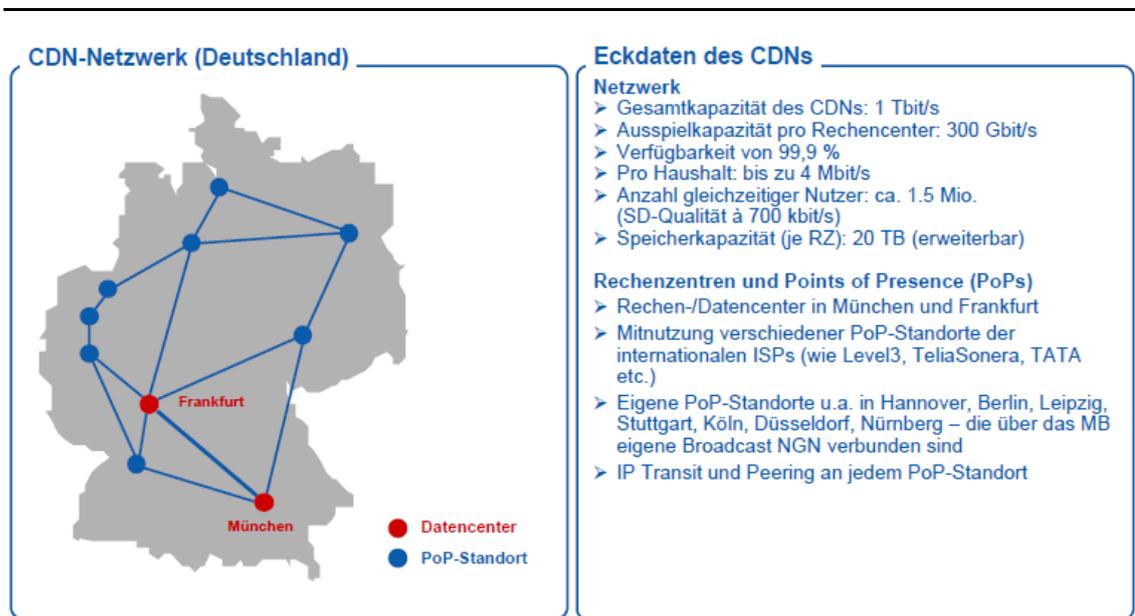
Netzwerk

Media Broadcast betreibt ein eigenes CDN, das in Deutschland eine Gesamtkapazität von 1 Tbit/s bietet. Dafür nutzt Media Broadcast seine Rechenzentren in München und Frankfurt und seine eigenen Points of Presence (PoP) und hat zusätzliche Server in Rechenzentren internationaler ISPs wie z.B. Level 3 und TeliaSonera platziert.

⁹⁰ TDF-Geschäftsbericht 2010/2011

http://www.media-broadcast.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Annual_report_2010-2011.pdf, S. 14.

Abbildung 17: CDN-Netzwerk der Media Broadcast (TDF)



Quelle: Media Broadcast, Kundenpräsentation Media Connect

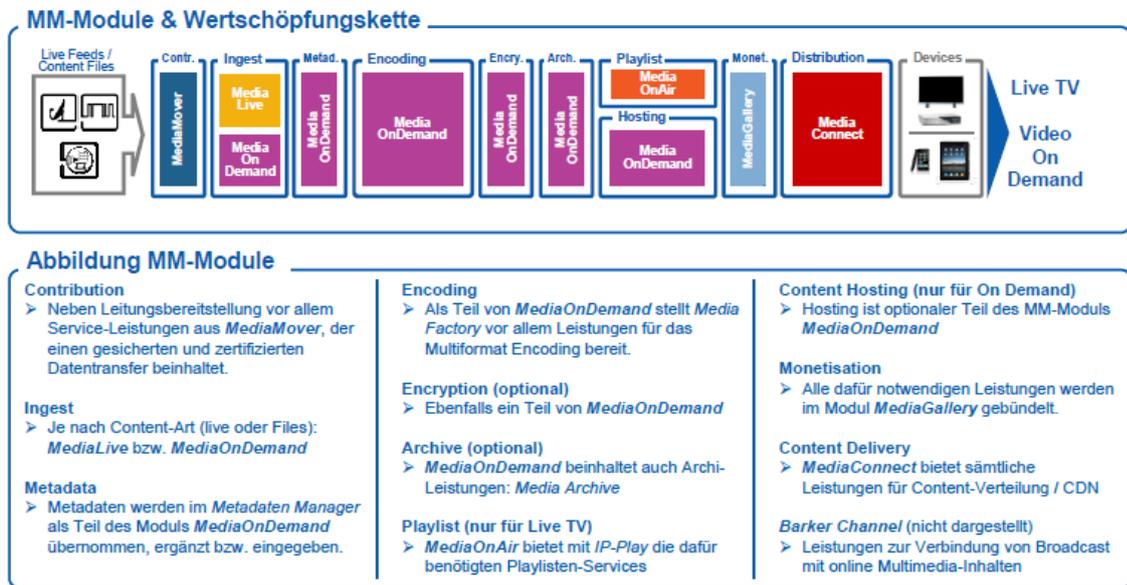
[http://www.media-](http://www.media-broadcast.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Multimedia/Kundenpraesentation_MediaConnect_V_2_0.pdf)

[broadcast.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Multimedia/Kundenpraesentation_MediaConnect_V_2_0.pdf](http://www.media-broadcast.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Multimedia/Kundenpraesentation_MediaConnect_V_2_0.pdf), S. 6

Produktportfolio

Die Media Broadcast spezialisiert sich auf Dienste für Rundfunk- und Fernsehgesellschaften, die die gesamte Wertschöpfungskette abdecken. Sie hat ihr Produktportfolio jedoch modular konzipiert, so dass Kunden entsprechend ihrer spezifischen Bedürfnisse einzelne Module selektieren und diese flexibel an Veränderungen anpassen können.

Abbildung 18: Angebote von Media Broadcast in der Wertschöpfungskette



Quelle: Media Broadcast

Die auf CDN basierenden Dienste werden im Modul „Media Connect“ vermarktet, das auf die Distribution des Content in IP-Netzen ausgerichtet ist und auf dem eigenen CDN von Media Broadcast basiert.

Im Rahmen von Media Connect werden Mehrwertdienste angeboten, die sich auf die Bereiche Access Control, Geo-Blocking und Reporting/Statistiken beziehen.

Absatzmarkt

Die Media Broadcast konzentriert sich auf den deutschen Markt für Rundfunk- und Fernsehübertragung. Zu ihren Kunden gehören z.B. öffentlich-rechtliche und private Broadcaster, TV- und Radioproduktionsgesellschaften, internationale Broadcaster und Netzbetreiber, Medienanstalten sowie Anbieter aus der Kino-Branche.

Die etwa 750 Unternehmen, an die Media Broadcast bereits andere Dienste vermarktet, bilden das wichtigste Kundenpotenzial für die Vermarktung von CDN. Die Vermarktung von CDN-Diensten befindet sich jedoch noch im Aufbau. Es ist angestrebt, auch Unternehmenskunden außerhalb der Rundfunk- und Fernsehbranche mit CDN-Diensten – z.B. im Rahmen von WEBTV-Lösungen – zu adressieren.

Media Broadcast verfügt über eine langjährig etablierte Direktvertriebsstruktur in Deutschland. Allerdings wird für die Vermarktung von CDN auch Resellern eine wichti-

ge Rolle zur Markterschließung beigemessen (z.B. Produktionsfirmen, Agenturen, IT-Häusern).

3.2.1.2.3 Netzbetreiber

Für Telcos/Incumbents (im folgenden „Netzbetreiber“ genannt), die typischerweise der größte Player mit eigenen Übertragungswegen im nationalen Telekommunikations- und Internetmarkt sind, ist die Bewertung eines Markteintritts in den CDN-Markt eine komplexe strategische Entscheidung.

Ein mögliches Engagement der Netzbetreiber im CDN-Markt ist vor allem durch die folgenden Faktoren motiviert:

- Strategische Marketingaspekte:
 - Vermarktung von CDN-Diensten an bestehenden Kunden in Ergänzung zum existierenden Produktportfolio („Cross-Selling“).
 - Akquisition neuer Kunden im Content Provider-Segment.
 - Verteidigung bestehender Umsätze, die ggf. durch erfolgreiche Akteure im Markt für Video Content Delivery erzielt werden.
- Technische und Kostenaspekte in Bezug auf das TK-Netz:
 - Reduktion der Netzwerkkosten, da durch den CDN-Betrieb eine effiziente Content-Übertragung realisiert werden kann und Investitionen in eine Erweiterung der Netzkapazitäten sinken.
 - Möglichkeit zum Offloading zur Entlastung der Mobilfunknetze, der von vielen Marktexperten eine hohe Bedeutung beigemessen wird.⁹¹

Während zunächst strategische Marketingaspekte ausschlaggebend für ein mögliches Engagement der Netzbetreiber im CDN-Markt waren, gewinnen aufgrund der steigenden Bedeutung von Kapazitätsengpässen technische und Kostenaspekte immer stärker an Bedeutung.

Die **Wettbewerbsvorteile** der Netzbetreiber im Vergleich zu CDN-Betreibern ohne eigene Infrastruktur bestehen vor allem in den folgenden:

- Aufgrund ihrer lokalen Präsenz sind Netzbetreiber in der Lage, CDN basierend auf bestehender Infrastruktur sehr nah beim Endkunden zu betreiben.
- Sie haben die vollständige Kontrolle über die letzte Meile und die Qualität des Zugangs.

⁹¹ Vgl. z.B. Jetstream, zitiert nach http://www.telco2research.com/articles/EB_CDNs-telcos-compete-akamai_Summary.

- Sie können auf einen bestehenden Kundenstamm und auf bestehende Vertriebswege zurückgreifen und Synergien bei der Vermarktung von CDN nutzen.

Netzbetreiber haben im Vergleich zu globalen CDN-Spezialisten jedoch einen erheblichen **Wettbewerbsnachteil**:

- Im Gegensatz zu den global tätigen Marktführern ist die Infrastruktur in der Regel auf ein oder wenige Länder begrenzt, da kein Netzbetreiber vollständig global abdeckend tätig ist.
- Angesichts der bisher fehlenden Standardisierung und mangels vernetzter Plattformen müssten Content Provider bisher mit jedem nationalen Betreiber einen separaten Vertrag abschließen. Diese Vorgehensweise ist für Content Provider administrativ aufwendig und kostenintensiv (siehe Kapitel 2.2.5)

In eine Bewertung des **CDN-Business Case** gehen darüber hinaus die folgende Aspekte ein:

- Im Vergleich zu anderen Diensten können mit CDN geringe Umsätze generiert werden, wobei auch eine teilweise Kannibalisierung anderer Umsätze nicht auszuschließen ist.
- Der CDN-Markt war im Jahr 2007/2008, als sich Netzbetreiber mit CDN zunehmend befassten, bereits wettbewerbsintensiv und durch fallende Preise gekennzeichnet. Ein positiver Business Case war unter den gegebenen Marktbedingungen zunehmend schwierig realisierbar.
- Mögliche Vorteile bei der Nutzung bestehende Netzinfrastruktur sind fraglich: CDNs werden grundsätzlich technisch vollkommen unabhängig vom Telekommunikationsnetzwerk realisiert. CDNs sind in der Regel separat und als „Overlay“ zum Internet angesiedelt und nicht Teil des Telekommunikationsnetzwerks. Zwar könnten Netzwerkelemente des Telekommunikationsnetzes wie Router und Switches theoretisch Funktionen von Cache-Servern übernehmen, und Inhalt an Server und Caching Proxy Arrays weiterleiten, um Endkundenanfragen zu bedienen. Jedoch ist es eher unwahrscheinlich, die Integration von CDN Capabilities in das Telekommunikationsnetzwerk vorzunehmen, da das Telekommunikationsnetzwerk hierfür nicht konzipiert ist und nicht genügend Kapazität hat.

Aus diesen Gründen ist die Strategieformulierung der Netzbetreiber in Bezug auf CDN durch die Klärung zahlreicher Detailfragen bestimmt, die einen effizienten Business Case für CDN betreffen.

Eine zentrale Rolle spielt beim möglichen Eintritt der Netzbetreiber in den CDN-Markt die „**make or buy**“-**Entscheidung**, wobei zwischen Eigenbetrieb und reinem Resale zahlreiche Ausgestaltungsmöglichkeiten existieren:

- **Eigenbetrieb:** Hardware und Software zur Errichtung eines eigenen CDNs unter Nutzung eigener Infrastruktur können Telcos auf dem Markt von zahlreichen Anbietern erwerben. Auch komplette Lösungen eines Herstellers zur Installation auf der eigenen IP-Infrastruktur sind verfügbar (z.B. Velocix von Alcatel-Lucent). Ein eigenes globales CDN zu errichten ist allerdings mit signifikanten Kosten verbunden. Manche Telcos richten keine kompletten CDNs ein, sondern installieren nur Caching- und Request-Redirection Technologien, sowie Computing- und Storage Kapazitäten in ihren Netzwerken.
- **Resale:** Eine einfache Form des Resale besteht im reinen Weiterverkauf der Dienste eines globalen CDN-Spezialisten, z.B. im Rahmen eines White Label-Ansatzes. Dabei wird das CDN-Netzwerk des Spezialisten genutzt, während alle Aufgaben im Bereich Marketing und Vertrieb vom Netzbetreiber übernommen werden.
- **„Managed“ oder „Licensed“ CDN:** Bei diesen Modellen unterstützt der Anbieter (z.B. ein Hersteller oder ein CDN-Spezialist) den Carrier in unterschiedlichem Umfang beim CDN-Aufbau und -Betrieb. Licensed CDN beschränken sich auf die Lizenzierung von CDN-Software, während managed CDN stärkere Unterstützungsleistungen beim Aufbau und Management des CDN umfassen.

Während viele Marktexperten Mitte/Ende der 2000er Jahre eine starke Rolle der Netzbetreiber im CDN-Markt erwartet haben, kann das Engagement dieser Anbietergruppe aus heutiger Sicht als insgesamt sehr zurückhaltend eingeschätzt werden.

Ein wesentlicher Grund liegt darin, dass die technische Realisierung des CDN sich nach eingehender Prüfung wesentlich aufwendiger gestaltete als zunächst erwartet und dass die Integration von CDN-Funktionalitäten in das Telekommunikationsnetzwerk nicht die erwarteten Vorteile bringt.

Viele Netzbetreiber haben inzwischen beschlossen, dass der Eigenbetrieb eines CDN für sie nur schwierig ein tragfähiges Geschäftsmodell sein kann und beschränken sich auf die Vermarktung von CDN auf Resale-Basis.

Als mögliche Antwort auf spezifische Wettbewerbsnachteile verfolgen einige Netzbetreiber den Ansatz von „federated CDNs“ (s. Infobox 5).⁹² Ziel der federated CDNs ist es, globalen Content Providern über einen einzigen Vertragspartner Zugriff auf die lokalen CDNs verschiedener Netzbetreiber zu bieten. Die bisher gestarteten Standardisie-

⁹² Vgl. http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2011/06/telco-and-carriers-forming-new-federated-cdn-group-called-ocx-operator-carrier-exchange.html.

rungsinitiativen, z.B. IETF CDNi, sind derzeit noch mit der Lösung technischer und ökonomischer Fragen befasst (siehe Kapitel 2.2.5).

Die strategischen Ansätze der Netzbetreiber sind im Detail sehr unterschiedlich ausgestaltet und der Erfolg der bereits etablierten „Telco CDN“ schwierig zu beurteilen.

Im Folgenden werden CDN-Aktivitäten ausgewählter Netzbetreiber kurz erläutert:

Deutsche Telekom

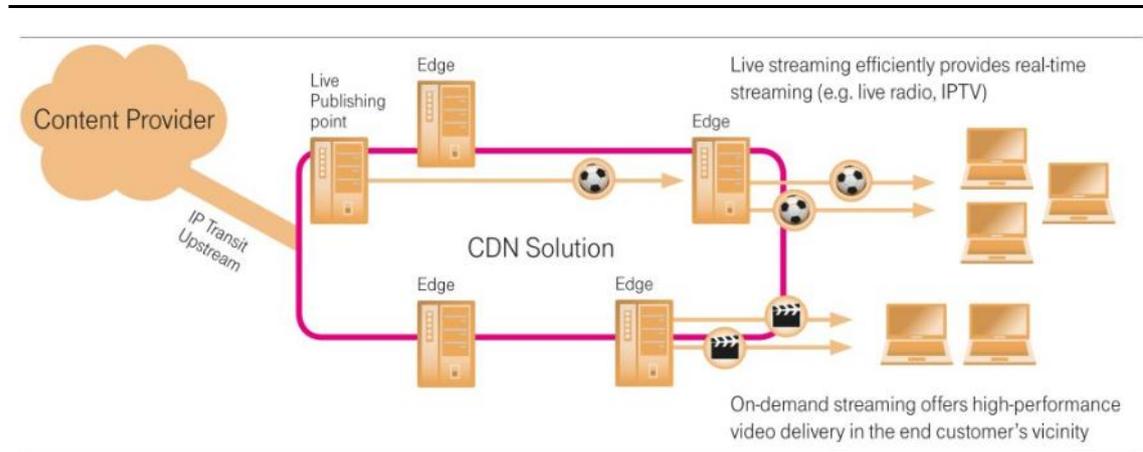
Die Deutsche Telekom vermarktet CDN-Dienste über ihren internationalen Wholesale-Bereich (International Carrier Sales & Solutions ICSS) im Rahmen einer Resale-Partnerschaft mit dem globalen CDN-Spezialisten Edgecast, die im Januar 2009 vereinbart wurde.

Im Oktober 2012 hat die Deutsche Telekom bekanntgegeben, dass sie am Aufbau eines „Application Delivery Network“ (ADN) arbeitet. Dieses ADN soll das bestehende CDN von Edgecast ergänzen, da es auf die Übertragung dynamischer Inhalte ausgerichtet ist, die sich nicht für eine Zwischenspeicherung im CDN eignen.

Im Rahmen der „White-Label“-Partnerschaft mit Edgecast vertreibt die Deutsche Telekom die CDN-Lösungen an ihre eigenen Kunden unter ihrem Markennamen und ist komplett für die Betreuung des Kunden sowie Pre- und Post-Sales Kundensupport verantwortlich. Edgecast hingegen übernimmt den Betrieb und die Überwachung des CDN. Als Kunden der Deutschen Telekom für CDN-Lösungen werden sowohl Content Provider als auch Reseller adressiert, die einen Weiterverkauf der Dienste vornehmen.

Auch für eigene Zwecke betreibt die Deutsche Telekom kein eigenes CDN. Zur Übertragung der Videodienste („Entertain“) wird eine dem CDN ähnliche Lösung genutzt, die exklusiv für diese Dienste eingesetzt wird.

Abbildung 19: CDN-Lösung der Deutschen Telekom



Quelle: <http://www.telekom-icss.com/dtag/cms/contentblob/ICSS/en/427198/blobBigBinary/7/CDN-Solution-pi.jpeg> (abgerufen am 4.10.2012)

Abbildung 20: CDN-Netzwerk der DTAG - Server-Standorte und IP Links



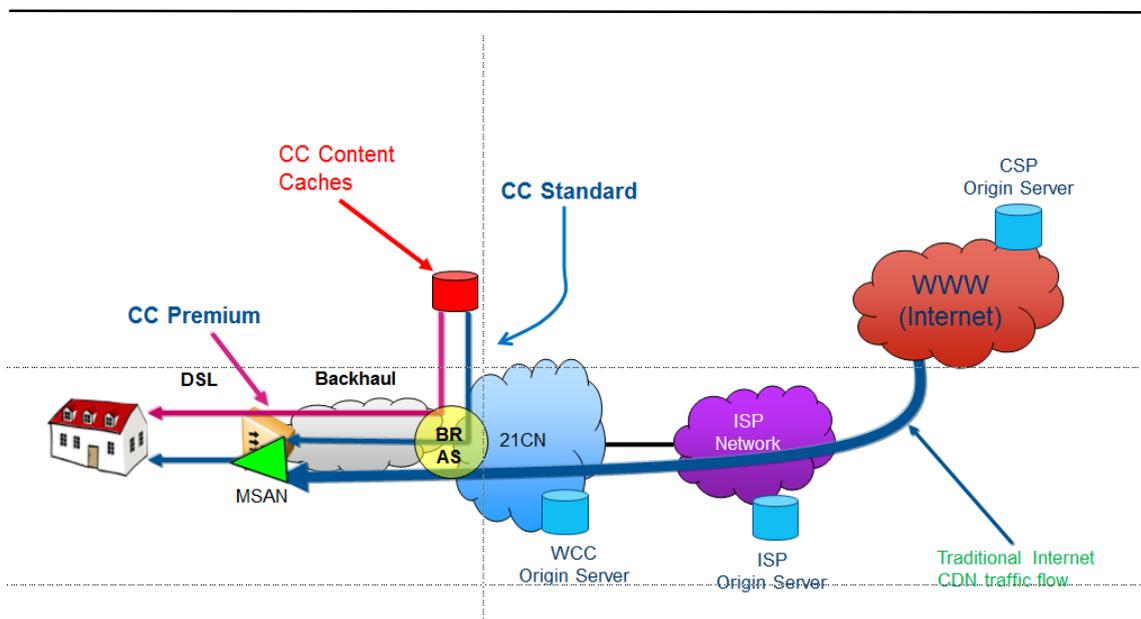
Quelle: <http://www.telekom-icss.com/dtag/cms/content/ICSS/en/interactivemap>

BT

BT hat im Jahr 2009 angekündigt, ein CDN aufzubauen. Im dritten Quartal 2010 wurden CDN-Dienste von BT Wholesale in den Markt eingeführt.⁹³

BT betreibt ein eigenes CDN mit 20 Content Caches in Großbritannien (Stand 2011) und plant den weiteren Ausbau der Serverstandorte. Das CDN basiert u.a. auf Cisco Equipment. BT war auch an der Pilotphase des von Cisco initiierten Federation-Projekts beteiligt.⁹⁴

Abbildung 21: CDN-Netzwerk der BT



Quelle: BT, S.7

Das Kerngeschäft von BT Wholesale besteht darin, ISP-Kunden Bandbreite und Konnektivität zu verkaufen. CDN wird als ergänzender Dienst gesehen, um hohe Servicequalität zu bieten und Bandbreitenkosten zu senken.

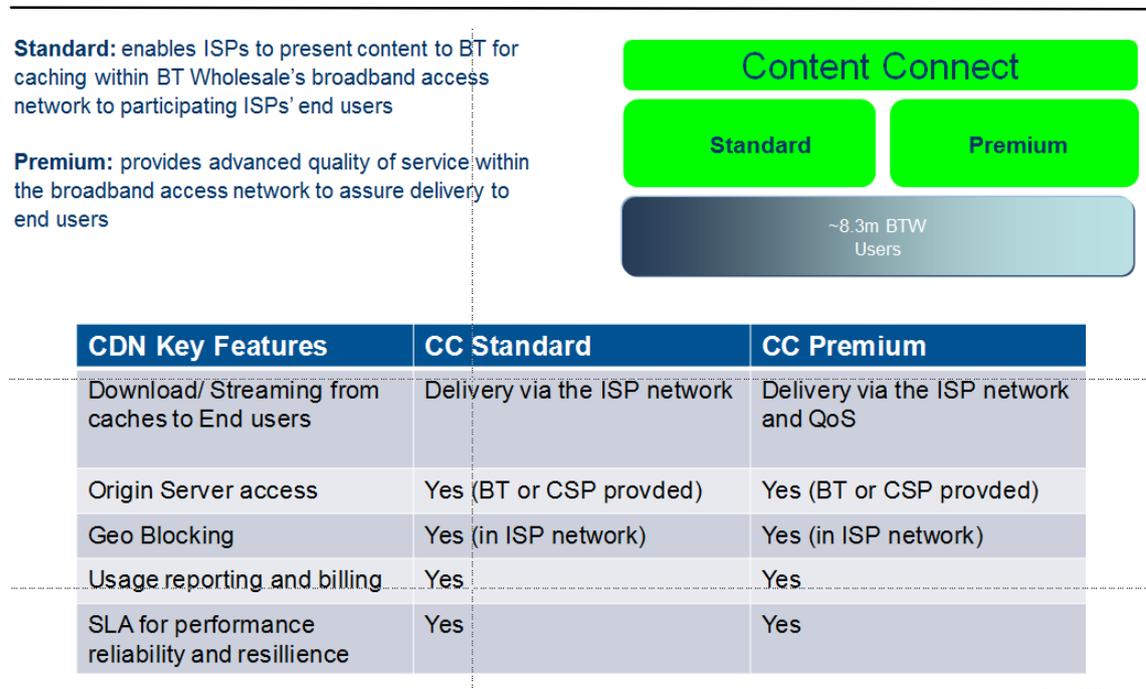
BT vermarktet seine CDN-Lösungen unter dem Namen „Content Connect“ in einer Standard- und in einer Premium-Variante. Die Premium-Variante zeichnet sich dadurch aus, dass der ISP zusätzlich zum CDN-Standarddienst eine Verkehrspriorisierung im

⁹³ Vgl. zu den folgenden Ausführungen auch Heavy Reading (2011), S. 10.

⁹⁴ http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/sp/CDN-PoV_IBSG.pdf.

Zugangsnetz von BT erhält, die bessere Qualität als die „Best Effort“-Übertragung bietet.⁹⁵

Abbildung 22: CDN-Produkte von BT-Wholesale



Quelle: BT (2011), S. 5

Darüber hinaus bietet BT seinen Kunden auf CDN basierende Mehrwertdienste an (z.B. Kunden des Media & Broadband-Segments den Dienst „Transcoding“ im Zusammenhang mit der Übertragung von Videodiensten).

Zu den wichtigsten Referenzkunden von BT gehört der britische Fernsehsender BBC.

AT&T

AT&T hat sich bereits früh mit den Marktchancen von CDN befasst und sein CDN-Geschäftsmodell zwischenzeitlich mehrmals verändert. Nachdem AT&T anfangs CDN-Dienste von Akamai auf Resale-Basis vermarktet hatte, begann das Unternehmen im Jahr 2008 mit dem Aufbau eines eigenen CDNs.⁹⁶ AT&T kündigte zum damaligen Zeitpunkt an, allein im Jahr 2008 bis zu 70 Mio. US\$ in die zur Erbringung der CDN-Dienste erforderliche Infrastruktur zu investieren.⁹⁷ Nach einigen Jahren der Fokussierung auf

⁹⁵ Vgl. Produktbeschreibung (Stand Oktober 2011) von BT Wholesale, https://www.btwholesale.com/shared/document/Products/Broadband/Wholesale_Content_Connect/ISP_Product_Overview_CC_issue_3_171011.pdf (aufgerufen am 4.3.2013).
⁹⁶ <http://gigaom.com/2011/06/22/att-reboots-cdn/>.
⁹⁷ Vgl. AT&T (2008).

ein eigenes CDN nahm AT&T wieder intensive Verhandlungen mit allen großen US-amerikanischen CDN-Spezialisten auf. Das CDN-Geschäft von AT&T entwickelte sich schlechter als geplant. Im Jahr 2011 sollen nur Umsätze in Höhe von etwa 10 Mio. US\$ erwirtschaftet worden sein.⁹⁸ Im Dezember 2012 kündigte AT&T eine strategische Allianz mit Akamai an.⁹⁹ Diese Zusammenarbeit geht deutlich weiter als die vor vielen Jahren existierende Resale-Partnerschaft. Die strategische Allianz von AT&T und Akamai sieht vor, noch im Jahr 2013 den existierenden CDN-Betrieb in die Plattform von Akamai zu integrieren. Das neue gemeinsame CDN soll von AT&T und Akamai gemeinsam gemanagt und vermarktet werden.

AT&T vermarktet zahlreiche Dienste rund um Content Delivery und um Digital Media Solutions und bedient vor allem große Unternehmenskunden. Verträge mit dieser Kundengruppe beziehen sich i.d.R. auf komplexe Lösungen, die neben CDN z.B. auch Kollationsdienste, Transitdienste und Managed Services abdecken.

Infobox 5: CDN-Federations-Modelle

Federated CDN werden derzeit von zahlreichen Akteuren als Antwort auf fehlende Standardisierung und als Lösungsansatz für die Interoperabilität und Zusammenschaltung mehrerer CDNs vorangetrieben.

Unter Federated CDN können unterschiedliche Lösungen verstanden werden, die auf den Zusammenschluss mehrerer unabhängiger CDN-Betreiber ausgerichtet sind. Dabei werden die CDNs einzelner Betreiber typischerweise über eine offene Schnittstelle zusammengeschaltet, um die gemeinsame Reichweite zu vergrößern. Die konkrete Ausgestaltung eines Federated CDN kann jedoch sehr unterschiedlich sein.

Die Teilnahme an einer Federations-Plattform ist vor allem für kleinere CDN-Betreiber interessant, die ein geographisch begrenztes CDN-Netz betreiben. CDN-Betreiber mit großem Footprint und hohem Marktanteil wie Akamai haben hingegen kaum Interesse an Federations. Einige Marktteilnehmer fragen sich, welche Vorteile von Federations gegenüber den bereits im CDN-Markt praktizierten Peering-Vereinbarungen haben.

Zu den Unternehmen, die Federated CDN anbieten, gehören beispielsweise Hersteller wie Cisco und Alcatel-Lucent und der CDN-Spezialist Edgecast:

- Edgecast (siehe Kapitel 3.2.1.1.2) hat im Jahr 2012 seine Federations Plattform OpenCDN gestartet und eigenen Angaben zufolge bereits CDN-Betreiber angeschlossen.
- Cisco¹⁰⁰ hat ein mehrphasiges Pilotprojekt für ein federated CDN durchgeführt. BT, KDDI, SFT, Telecom Italia, und Orange (über seine Tochter Telekomunikacja Polska (TPSA)) haben sich an dem Projekt beteiligt.¹⁰¹

⁹⁸ http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2012/08/att-in-talks-to-re-sell-akamai-or-limelights-enterprise-cdn-services.html.

⁹⁹ Vgl. AT&T (2012).

¹⁰⁰ Siehe http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/sp/CDN-PoV_IBSG.pdf.

- Alcatel-Lucent vermarktet eine eigene Federations/Interconnections-Lösung (<http://www.velocix.com/vx-portfolio/solutions/cdn-federation-interconnect>) über sein Tochterunternehmen Velocix, das im Jahr 2002 gegründet wurde, 2009 von Alcatel-Lucent gekauft wurde und seit 2010 CDN-Lösungen vermarktet.

Die Implementierung von federated CDN ist jedoch in der Praxis sehr komplex. Die genannten Anbieter von Federations-Modellen haben eigenen Angaben zufolge bereits CDN-Betreiber für ihre Modelle gewinnen können, sind jedoch u.a. bei der technischen Umsetzung in der Praxis und der Ausgestaltung der Preise und Zahlungsströme und der Zusammenarbeit noch mit der Klärung von zahlreichen Detailfragen befasst.

In welchem Umfang und zu welchem Zeitpunkt federated CDN tatsächlich im CDN-Markt an Bedeutung gewinnen werden, ist zurzeit noch schwierig zu beurteilen. Ebenso wenig ist absehbar, welche Modelle am Markt Erfolg haben werden.

3.2.1.3 Reseller

Die Gruppe der Unternehmen, die CDN-Dienste zu Wholesale-Preisen einkaufen und an ihre eigenen Kunden vermarkten, ist groß und sehr heterogen. Da die Bedeutung der Reseller vor allem in der Erschließung nationaler Märkte liegt, konzentrieren sich die folgenden Ausführungen auf Reseller in Deutschland.

Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen aus unterschiedlichen Bereichen kann das Angebot von CDN das bisherige Produktportfolio ergänzen und zur Generierung zusätzlicher Umsätze sowie zur Kundenbindung beitragen. Diese Unternehmen stammen häufig aus dem stark differenzierten IT-Dienstleistungsmarkt (z.B. Systemintegratoren, Service Provider, Hosting Provider, Softwareentwickler). Auf Videoübertragung spezialisierte Reseller stammen auch aus der Film- und Fernsehbranche (z.B. Medienagenturen). Darüber hinaus ist Resale jedoch auch für Netzbetreiber interessant, die kein eigenes CDN betreiben (siehe Kapitel 3.2.1.2.3).

Typischerweise verfügen Unternehmen, die CDN auf Resale-Basis anbieten, über spezialisiertes Beratungs-Know-how für maßgeschneiderte CDN-Angebote im Rahmen komplexer Lösungen und über eine hohe Serviceorientierung (z.B. persönliche Ansprechpartner). Diese Stärken, die sich aus der räumlichen Nähe zum Kunden und aus gewachsenen Kundenbeziehungen ergeben, unterscheiden sie von großen global tätigen CDN-Betreibern und machen sie für diese zu wertvollen Partnern für die Markterschließung.

101 Siehe zum Projekt und seinem Stand konkreter <http://conferences.infoday.com/documents/150/2012CDNSummit-Cisco-Federated.pdf> (Stand: 2012).

Die Kunden der Reseller haben häufig ihren Sitz in Deutschland (oder in benachbarten Ländern). Oft sind diese Kunden weltweit tätig und verzeichnen von vielen Teilen der Welt Zugriff auf ihre Website bzw. möchten von der potenziell globalen Zugriffsmöglichkeit profitieren. Dabei kann es sich z.B. um Gaming-Anbieter oder Software-Unternehmen handeln, deren Produkte auch von Nutzern in anderen Ländern der Welt nachgefragt werden, oder um deutsche Zeitungen, die auch in anderen Teilen der Welt gelesen werden.

Im Folgenden soll ein Überblick über ausgewählte Unternehmen gegeben werden, die als Reseller CDN-Dienste in Deutschland vermarkten:

G&L Geißendörfer & Leschinsky GmbH

Die in Köln ansässige G&L Geißendörfer & Leschinsky GmbH (<http://www.gl-systemhaus.de>) positioniert sich als Systemhaus für Streaming, Softwareentwicklung und Internetdienste und spielt eine bedeutende Rolle als CDN-Reseller mit Fokus auf Videoübertragung.

Das Unternehmen ist am 1.1. 2006 aus einer „Streaming Division“ innerhalb der Geißendörfer Film- und Fernsehproduktion (GFF) gegründet worden. Die Streaming Division war bereits im Jahr 1999 eingeführt worden, um Video-Streams der Serie „Lindenstrasse“ im Internet abrufbar zu machen.

Zu den Kunden von G&L gehören öffentlich-rechtliche Rundfunk- und Fernsehsender, Unternehmen und öffentliche Nachfrager (z.B. Landtage).

CDN vermarktet G&L im Rahmen komplexer kundenindividueller Lösungen. Dabei werden die CDN von Akamai und Limelight genutzt.

G&L spielt im deutschen Markt für internetbasierte Videoübertragung eine wichtige Rolle, die auch im europäischen Vergleich ins Gewicht fällt: Vom Branchenmagazin „Streaming Media“ wurde G&L in die Liste der 101 europaweit wichtigsten Unternehmen im Streaming-Business („The 2012 Streaming Media Europe 101“¹⁰²) aufgenommen wurde.

Dogado Internet GmbH

Die Dogado Internet GmbH (www.dogado.de) ist ein im Jahr 2001 gegründeter ISP mit Sitz in Dortmund, der sich vollständig im Besitz der Geschäftsführer befindet. Das Unternehmen hat heute 20 fest angestellte Mitarbeiter und bedient mehr als 10.000 Kunden, die überwiegend im Business-to-Business-Bereich tätig sind. Der ursprünglich auf Hosting konzentrierte Anbieter hat sein Dienstportfolio kontinuierlich weiterentwickelt und vermarktet heute maßgeschneiderte Internet-Lösungen rund um managed Hosting, Colocation und Cloud-Services. In Düsseldorf betreibt das Unternehmen ein eigenes

¹⁰² Vgl. Schumacher-Rasmussen (2012).

Rechenzentrum, das an das IP Backbone verschiedener Tier 1-Provider (Level3, DTAG, Lambdanet) angeschlossen ist. CDN-Dienste werden im Rahmen eines Resale-Vertrags mit dem global tätigen ISP Level 3 vermarktet. Mit Level 3 arbeitet Dogado über CDN hinaus bei der Vermarktung des gesamten Produktportfolios eng zusammen und fungiert als einer von sechs „Enabled Service Providers“ von Level 3 in Europa. Im Bereich CDN verzeichnet Dogado eine stark steigende Nachfrage bei Bestands- und Neukunden in den Bereichen Media, Gaming, E-Commerce und Gambling innerhalb und außerhalb Deutschlands.

Boreus Rechenzentrum GmbH

Das Kerngeschäft der Boreus Rechenzentrum GmbH mit Sitz in Stralsund liegt im Betrieb eines großen Rechenzentrums. Darauf basierend vermarktet Boreus Dienste wie z.B. Housing, Hosting und Security.

Als weiteres Geschäftsfeld hat Boreus CDN erschlossen. Das Unternehmen verfügt über einen eigenen CDN-Zugangspunkt am deutschen Internet Exchange in Frankfurt. Darüber hinaus besitzt Boreus auf Resale-Basis Zugang zu CDN von internationalen Partnern wie Ipercast.

Boreus konnte namhafte Referenzkunden gewinnen und hat seine CDN-Dienste unter anderem an die Zeitungen „Die Welt“ und „Computerbild“, an das Kreuzfahrtschiff „AIDA“ und an die Immobilienvermittlung „Immonet“ vermarktet.

3.2.2 Bedeutung der Anbietergruppen

Aufgrund der bereits aufgezeigten Abgrenzungsschwierigkeiten von CDN und mangels verfügbarer Daten zu einzelnen Betreibern ist die Quantifizierung von globalen und nationalen Marktanteilen einzelner Anbieter oder Anbietergruppen und ihre zukünftige Entwicklung nicht in fundierter und nachvollziehbarer Weise möglich.

In den folgenden Kapiteln wird jedoch basierend auf der Auswertung aller öffentlich zugänglichen Quellen und gestützt durch die Aussagen der befragten Experten eingeschätzt, welche Bedeutung einzelne Anbietergruppen im globalen und im deutschen Markt haben.

3.2.2.1 Globaler Markt

Im globalen CDN-Markt spielt seit seiner Entstehung Ende der 90er Jahre die Gruppe der weltweit tätigen **CDN-Spezialisten** die wichtigste Rolle, da sie das Marktpotenzial von CDN erschlossen haben und bis heute entscheidend die Marktentwicklung prägen. Zu den bedeutendsten Anbietern in dieser Gruppe gehören die Unternehmen Akamai, Edgecast und Limelight.

Ebenfalls in die Gruppe der weltweit führenden Anbieter einzuordnen ist der integrierte CDN-Betreiber Level 3, obwohl er sich erst seit etwa 5 Jahren im CDN-Markt engagiert.

Da die genannten Unternehmen mit Ausnahme von Edgecast börsennotiert und veröffentlichungspflichtig sind, liegen Kennzahlen vor (siehe Tabelle 1), die Anhaltspunkte für ihre Marktposition geben:

- Der Umsatz der vier größten CDN-Betreiber lag im Jahr 2011 bei etwa 1,45 bis 1,5 Mrd. US \$ (ca. 1,1 Mrd. Euro). Es kann davon ausgegangen werden, dass dies mehr als die Hälfte des weltweiten CDN-Umsatzes ist.
- Über die CDN der vier weltweit führenden Unternehmen dürfte gegenwärtig 27-29% des weltweiten IP-Verkehrs abgewickelt werden.

In dieser Gruppe global führender CDN-Betreiber entfallen fast 80% der Umsätze auf Akamai.

Alle global führenden CDN-Betreiber haben jedoch ihren wichtigsten Absatzmarkt in den USA (z.B. Akamai: 71% des Gesamtumsatzes). Ihre Marktposition außerhalb der USA ist deutlich schwächer, kann aber nur schwierig eingeschätzt werden.

Im asiatischen Markt dürften die US-amerikanischen Betreiber eine geringe Rolle spielen. Dort haben z.B. die CDN-Spezialisten CDNetworks (s. Kapitel 3.2.1.1.4) und ChinaCache eine führende Marktposition. China Cache verfügt eigenen Angaben zufolge über einen Marktanteil von 53% im chinesischen CDN-Markt.¹⁰³ China Cache hat im Geschäftsjahr 2011 Umsätze in Höhe von 98,3 Mio. US\$ erwirtschaftet (gegenüber dem Vorjahr mehr als 50% Zuwachs), die größtenteils auf China entfallen und zu über 30% von den fünf wichtigsten Kunden generiert werden.¹⁰⁴

Die oben aufgeführten Umsatzangaben enthalten auch die Umsätze, die über **Reseller** generiert werden. Der Reseller-Anteil am weltweiten CDN-Markt ist schwierig zu schätzen. Von Akamai ist bekannt, dass knapp 20% des Umsatzes von Resellern erwirtschaftet wird.

Marktxperten gehen davon aus, dass im Zuge des starken Wettbewerbs durch später in den Markt eingetretene Anbieter – ggf. auch durch Telcos – der Anteil der CDN-Spezialisten am Weltmarkt insgesamt zurückgehen dürfte.

¹⁰³ <http://ir.chinacache.com/>.

¹⁰⁴ Vgl. Annual Report 2011, S. 54, http://files.shareholder.com/downloads/ABEA-528MQE/2177119093x0x572263/41ae07bd-197f-454f-bc9b-ef52b998c518/ChinaCache_20-F_2011.pdf.

3.2.2.2 Deutscher Markt

Auf der Basis öffentlich zugänglicher Quellen kann nicht ermittelt werden, welche Anbieter in Deutschland führend sind. Aus den Expertengesprächen, die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführt wurden, können jedoch einige Einschätzungen zum deutschen CDN-Markt abgeleitet werden.

Der deutsche CDN-Markt wird von unseren Interviewpartnern als sehr attraktiver Markt beschrieben, in dem jedoch bereits ein starker Wettbewerb herrscht.

Allerdings gilt der deutsche CDN-Markt auch als schwieriger Markt, u.a. da die Aufgeschlossenheit deutscher Unternehmen gegenüber neuen technischen Lösungen geringer und das Kostenbewusstsein stärker ausgeprägt ist als in manchen anderen Ländern und insbesondere in mittelständischen Kundensegmenten eine hohe Kundennähe und Beratungsintensität – vorzugsweise durch deutschsprachige Berater – erforderlich ist.

Für **globale CDN-Betreiber** ist Deutschland aufgrund seiner Größe ein sehr wichtiger Markt in Europa. Aus unseren Interviews ergibt sich die Einschätzung, dass globale CDN-Betreiber in Deutschland u.a. aufgrund ihres frühen Markteintritts und ihrer weltweit verteilten Server-Netzwerke eine bedeutende Rolle spielen. Es ist anzunehmen, dass ein Großteil des Verkehrs, der in Deutschland über CDN läuft, auf die globalen CDN-Betreiber entfällt (wobei ein schwierig zu schätzender Teil des Verkehrs über Resellerverträge abgewickelt wird). Derzeit konzentrieren sich die weltweit tätigen CDN-Betreiber v.a. auf große international tätige Unternehmen. Die Akquisition von deutschen Kunden, die maßgeschneiderte Lösungen und direkte Ansprechpartner benötigen, ist für globale Anbieter schwierig. Allerdings intensivieren sie gegenwärtig ihre Vertriebsbemühungen, um andere Kundengruppen zu erschließen. Dies geschieht zum einen über den Ausbau der direkten Vertriebskanäle (z.B. Akamai) und zum anderen über Partnerschaften (z.B. Edgecast/Deutsche Telekom) und Wholesale.

Deutsche **Reseller** können als Partner der globalen CDN-Betreiber fungieren, indem sie ihre Stärken im Bereich der Kundenbeziehungen und in der Entwicklung kundenspezifischer Lösungen einbringen. Dies gilt vor allem für das Kundensegment mittelständischer Kunden mit Sitz in Deutschland. Es gibt jedoch auch große CDN-Nachfrager, die über Reseller von globalen CDN-Betreibern bedient werden. So wird beispielsweise der von den öffentlich-rechtlichen Fernsehgesellschaften erzeugte CDN-Verkehr über die Netze von Akamai und Limelight übertragen, jedoch ein Rahmenvertrag mit dem deutschen Reseller Geißendörfer & Leschinsky abgeschlossen, der viele über den reinen Verkehr hinausgehende Leistungen beinhaltet.

Darüber hinaus gibt es in Deutschland Anbieter, die als **Spezialisten oder integrierte Betreiber im nationalen CDN-Markt** eine relevante Rolle in bestimmten Segmenten (insbesondere Video) spielen. Als Beispiele seien TV1.eu und Nacamar genannt.

Ebenso wie die Gruppe der Reseller bringen diese deutschen Anbieter ihre Kundennähe und Beratungskompetenz zur Entwicklung kundenindividueller Lösungen ein.

Der starke Fokus auf kundenindividuelle Lösungen ist zwar die Stärke der deutschen Betreiber, stellt sie jedoch auch vor die Herausforderung, Synergien mit anderen Projekten zu realisieren und durch Cross- und Up-selling bereits entwickelter Lösungen an andere Kundengruppen die Gewinnmargen zu verbessern.

Aussagen unserer Interviewpartner zufolge scheinen die Bereitschaft zum Wechsel und das Interesse an Verträgen mit deutschen bzw. europäischen Betreibern bei wichtigen Nachfragergruppen hoch zu sein. Dies ist für einige Nachfrager auch durch Aspekte der Datensicherheit und eine damit im Zusammenhang stehende Skepsis gegenüber US-amerikanischen CDN-Anbietern motiviert.

Die Deutsche Telekom, die als Incumbent potenziell der wichtigste Player unter den integrierten CDN-Betreibern in Deutschland sein könnte, spielt bisher eine schwierig einzuschätzende, eher unbedeutende Rolle im deutschen Markt.

3.3 Nachfrage

Als Nachfrager von CDNs können grundsätzlich alle Unternehmen, Organisationen oder Privatpersonen auftreten, die Inhalte auf einer eigenen Website zur Verfügung stellen. Typischerweise werden CDN jedoch nur von Nachfragern genutzt, über deren Homepage ein hoher Datenverkehr erfolgt und für die QoS eine hohe Bedeutung hat.

Das folgende Kapitel zur Nachfrage konzentriert sich ausschließlich auf Content Provider, da die potenziell als Nachfrager einzuordnenden Netzbetreiber und Reseller in der Analyse der Angebotsseite abgedeckt werden. Content Provider, die CDN auch an Dritte vermarkten (z.B. Amazon), werden als Nachfrager betrachtet, solange die unternehmensinterne Nutzung des CDN größer als die Nachfrage Dritter ist.

3.3.1 Anforderungen und Entscheidungsfaktoren

Die wichtigsten Aspekte, die einen Content Provider zur Nutzung von CDN motivieren, sind die bereits aufgezeigten funktionsbedingten Vorteile eines CDN, die sich in einer schnelleren Content-Übertragung und besseren QoS niederschlagen (siehe Kapitel 2).

Die überwiegende Mehrheit der Content Provider benötigt CDN-Dienste vor allem zur Abdeckung von nationalem Verkehr, wobei die potenziell weltweite Erreichbarkeit der Homepages / Inhalte je nach Anbieter einen unterschiedlichen Stellenwert besitzt. Insgesamt liegt jedoch typischerweise der Schwerpunkt der Datenzugriffe vor allen Dingen im Videobereich in dem Heimatland des Content Providers.

Content Provider, die aktiv nach einer CDN-Lösung suchen, holen i.d.R. Angebote alternativer Anbieter ein oder veranlassen öffentliche Ausschreibungen (z.B. wenn sie als öffentliche Einrichtungen dem Vergaberecht unterliegen¹⁰⁵). Dazu gehören typischerweise große Nachfrager von CDN, für die die Vorteile des CDN offenkundig sind. Unternehmen, die nicht selbst nach CDN-Lösungen suchen, werden von CDN-Betreibern durch Vertriebsanstrengungen akquiriert und müssen von den Vorteilen eines CDN erst überzeugt werden.

Dabei sei hervorgehoben, dass Nachfrager nicht unbedingt alle CDN-Lösungen aus einer Hand erwerben. Häufig werden für spezifische Anwendungen wie z.B. die Übertragung von Events Dienste eines Anbieters in Anspruch genommen, mit dem kein Vertrag über die CDN-Kerndienste abgeschlossen wurde.

Nachfrager von CDN berücksichtigen bei der Bewertung von verschiedenen CDN-Angeboten eine Vielzahl von Kriterien und Anforderungen, die je nach spezifischem Bedarf von sehr unterschiedlicher Bedeutung sein können. Zu den wichtigsten Entscheidungsfaktoren zählen die folgenden:

- Welche **Dienste** und Verbreitungsarten kann das CDN unterstützen (z.B. Live Streaming, Download, optional zubuchbare Leistungen)?
- **Kapazität**: Kann das CDN den geplanten Verkehr übertragen? Hat das CDN genügend Kapazität für mögliche Lastspitzen?
- **Reichweite**: Stimmt die Reichweite des CDN mit der geographischen Verteilung der Nutzer des Content Providers überein? Bietet das CDN ggf. durch größere Abdeckung Möglichkeiten zur Adressierung neuer Kunden?
- **Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit**: Welche Ausfallsicherheit kann der CDN-Betreiber garantieren?
- **Skalierbarkeit**: Über welche Möglichkeiten verfügt der CDN-Betreiber, bei sich veränderndem Bedarf eine Erweiterung vorzunehmen (modulares Angebot, ausreichend Kapazität)?
- **Technologische Kompatibilität**: Was für eine Software oder Plattform wird vom Inhaltanbieter genutzt?
- **Anbindung an internationale Netze**: Welche Peering- und Transitabkommen bestehen mit anderen Providern/Netzbetreibern?
- **Monitoring und Auswertungsmöglichkeiten, Dokumentation**
- **Realisierung spezieller Konfigurationen und Entwicklung von Sonderlösungen**

¹⁰⁵ Vgl. z.B. die Ausschreibung der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten, WDR (2012a) und WDR (2012b).

- **Sicherheit:** u.a. Bietet das CDN Verschlüsselung für die sichere Inhaltübertragung an?
- **Support bei Störungen:** Wie wird mit Störungen und Wartungsarbeiten umgegangen (Reaktions- und Bearbeitungszeiten)? Welche Unterstützungsleistungen bietet der CDN-Betreiber an?
- **Service:** Wie ist die Erreichbarkeit? Wer ist der Ansprechpartner?
- **Vertragsgestaltung:** Vertragsdauer und Kündigungskonditionen
- **Preis:** Welche Preise werden für eine bestimmte Abnahmemenge erhoben (nach Menge gestaffelte Preise? Preis pro GB)? Welche Preise werden für Installation und Zusatzdienste erhoben? Wie werden Wartungsarbeiten und Support abgerechnet? Welche Preise fallen bei weiteren unterstützenden Leistungen an? Welche Tagessätze gelten für die Inanspruchnahme von Beratungsleistungen durch Fachpersonal?
- **Referenzen:** Nachweis der Leistungsfähigkeit des CDN-Betreibers durch erfolgreich durchgeführte vergleichbare CDN-Projekte

Der Preis spielt bei der Entscheidung für einen CDN-Betreiber eine sehr entscheidende Rolle.

In der Ausschreibung des CDN-Konditionsrahmenvertrags der ARD gehen z.B. der Preis mit 60% und die Leistungskriterien mit 40% in die Gesamtbewertung ein (für eine genaue Aufschlüsselung der Bewertungskriterien und ihrer Gewichtung siehe Anhang).

Der CDN-Konditionsrahmenvertrag der ARD bezieht sich auf ein sehr hohes Datenvolumen: für 2 Jahre wird mit 327 Mio. GB für audiovisuelle Inhalte über Streaming und Download und 10,4 Mio. GB für die Verbreitung von Webseiten gerechnet (siehe Infobox 5). Bei Aufträgen dieser Größenordnung besteht eine hohe Nachfragermacht.

Bei kleineren Nachfragern hingegen spielt der Preis eine geringere Rolle bzw. durch Einbindung des CDNs in ein maßgeschneidertes Lösungspaket sind Preise für den Nachfrager auch weniger gut vergleichbar. Die von uns befragten Marktexperten geben an, dass die Bindung des Nachfragers an den CDN-Anbieter bei beratungsintensiven individuellen Lösungen überdurchschnittlich hoch sei.

Für Nachfrager mit einem extrem hohen Datenaufkommen stellt sich zudem die Frage, ob sich ggf. der Aufbau eines eigenen CDNs unter Nutzung von Lösungen der CDN-Hard- und Software-Anbieter (z.B. Cisco, Alcatel) lohnt. Zu den großen Nachfragern mit eigenen CDN gehören z.B. Google und Amazon. Als Beispiel für die Umstellung auf Eigenbetrieb sei Netflix genannt (siehe Infobox 6).

Die Leistungsfähigkeit und Qualität eines CDN ist für den Nachfrager schwieriger im Vorfeld zu beurteilen als der Preis. Einige CDN-Betreiber stellen Nachfragern testweise

CDN-Leistungen oder Beispielanwendungen zur Verfügungen, um Nachfrager von ihrer Kompetenz und vom Nutzen der CDN zu überzeugen.

In unseren Interviews wurde deutlich, dass es häufig zu Rechtsstreitigkeiten in Bezug auf die Einhaltung der in den Service Level Agreements vereinbarten Konditionen kommt. Dies trifft insbesondere auf die Verfügbarkeit eines CDN zu. Die Betreiber garantieren häufig eine sehr hohe Ausfallsicherheit (teilweise 100%), die aufgrund der Komplexität der Datenübertragung im Internet von einem CDN-Anbieter allein kaum gewährleistet werden kann.

3.3.2 Nachfragesegmente

Es gibt eine Vielzahl möglicher Segmentierungsansätze für die Nachfrager von CDN-Diensten. Ein CDN-Nachfrager wird vor allem durch den Bedarf an zu übertragendem Verkehrsvolumen, die Art des zu übertragenden Content und die genutzten Kern- und Mehrwertdienste geprägt.

Für die folgende Analyse der Nachfragesegmente wird die vorwiegend durch die Art des übertragenen Content begründete Einteilung in die Segmente „Media & Entertainment“ (Schwerpunkt Video) und „Enterprises“ (Schwerpunkt Non-Video) gewählt.

Dieser Segmentierungsansatz kann spezifische Anforderungen der unterschiedlichen Nachfragergruppen an CDN verdeutlichen, die sich nicht nur in einem unterschiedlichen Datenvolumen, sondern auch in besonderen Applikationen und Zusatzdiensten ausdrücken: Während die Übertragung von Video z.B. in Form von Video-on-Demand oder Live-Übertragungen spezielle Technologien rund um Media Delivery erfordert (z.B. Streaming-Lösungen), ist der Bedarf im Non-Video-Bereich durch Lösungen im Bereich „Website Acceleration“ und „Large file Delivery“ zu decken.

Da auch Nachfrager außerhalb des Media & Entertainment-Segments jedoch in zunehmendem Maße Videoübertragung in ihre Websites integrieren (z.B. in Form von kurzen Filmen oder bei speziellen Events wie z.B. Hauptversammlungen) sind die Segmente nicht ganz trennscharf.

3.3.2.1 Video / „Media & Entertainment“

Content Provider, bei denen videobasierte Anwendungen den Schwerpunkt der zu übertragenden Inhalte bilden, stammen vor allem aus dem Media & Entertainment-Bereich.

Dazu gehören typischerweise

- Öffentliche und private Fernseh- und Rundfunkveranstalter (z.B. ARD, ZDF, RTL, ProSieben),

- Online Video-Anbieter (z.B. YouTube, Netflix),
- Gaming-Anbieter,
- Social Networks mit hohem Video-Anteil.

Das Nachfragersegment „Video“ ist durch ein sehr hohes und voraussichtlich auch weiterhin steigendes Verkaufsaufkommen charakterisiert.

Im Video-Segment gibt es einige spezifische Besonderheiten zu berücksichtigen, für die entsprechende Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Aufbereitung und Optimierung des Content bis zur Content-Übertragung entwickelt werden müssen. So können CDN-Betreiber Fernsehveranstaltern z.B. Dienste zur Bearbeitung von Content, der für alle Endgeräte kompatibel ist, anbieten (Encoding).

Besonders hervorzuheben sind dabei **rechtlich bedingte Zugriffsbeschränkungen**. So dürfen z.B. Fernsehveranstalter einige Inhalte nur in einem geographisch begrenzten Verbreitungsgebiet übertragen. Dies erfordert, dass bei einer Verbreitung über das Internet über die IP-Adresse des Nutzers sein geographischer Standort ermittelt werden muss (sog. „**Geolocation**“). Anknüpfend an diese Information muss dann die Übertragung der zu sperrenden Inhalte verhindert werden (sog. „**Geoblocking**“).

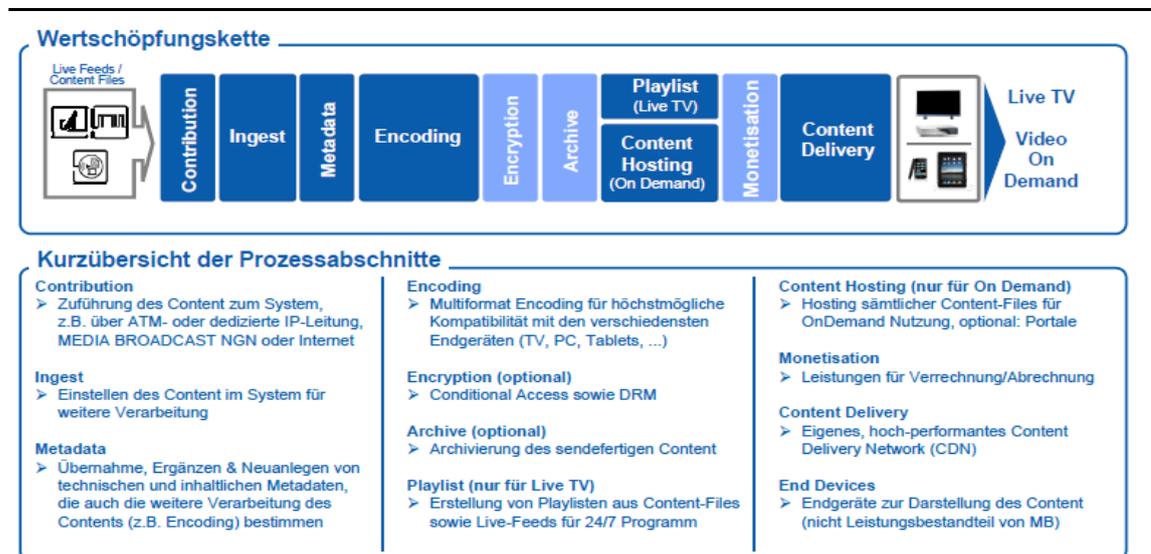
Ein weiteres Merkmal der Nachfrager im Rundfunk- und Fernsehbereich ist die große Herausforderung bei der **Übertragung von Großevents**. Allein die öffentlich-rechtlichen Rundfunk- und Fernsehgesellschaften in Deutschland verzeichneten bei der Fußball-Europameisterschaft 2012 in Spitzenzeiten 310.000 gleichzeitige Zugriffe auf einen Video-Livestream im Internet. Dies bedeutete ein zusätzliches Datenvolumen von 350 Gbit/s.¹⁰⁶

Für alle Nachfrager aus dem Medien- und Entertainmentbereich hat die **Auswertung des Nutzerverhaltens** eine sehr hohe Bedeutung. Diese umfassen zum einen Informationen zum Datenverkehr und Details über die Entwicklungen der ausgelieferten Datenmengen, den Verlauf sowie durchschnittliche Nutzungsdauer und Spitzenwerte. Darüber hinaus sind Informationen über die Inhalte (Datenmengen, Übertragungsfehler, Statistiken über die genutzten Inhalte) und über die Nutzer selbst (geographische Verteilung, genutzte Zugriffsgeräte und Betriebssysteme) zur Verbesserung des Online-Angebots wichtig.

Insbesondere für Social Networks ist die Kenntnis des Nutzerverhaltens ein sehr wichtiger Bestandteil des Geschäftsmodells, das entscheidend von sehr nutzerspezifischer (teilweise stark umstrittener) Werbung abhängig ist.

¹⁰⁶ Vgl. WDR (2012b), S. 4.

Abbildung 23: Wertschöpfungskette der Fernsehübertragung*



* am Beispiel der Media Broadcast

Quelle: Media Broadcast

Nachfrager aus dem Media & Entertainment-Bereich haben teilweise ein extrem hohes Datenaufkommen und verfügen dadurch über hohe Nachfragermacht.

Die Abhängigkeit der CDN-Betreiber von diesen Kunden ist häufig hoch, weil oft ein hoher Umsatzanteil auf einen oder wenige Kunden entfällt. So generierte Limelight z.B. im Jahr 2011 10% seines Gesamtumsatzes mit dem Online-Video-Anbieter Netflix, der den Ausbau seines eigenen CDNs beabsichtigt (siehe Infobox 6). Auch in Deutschland bilden die öffentlich-rechtlichen Fernsehgesellschaften mit einem geschätzten Verkehr von 327 Mio. GB allein für die Verbreitung von Audio- und Videoinhalten in einem Zeitraum von 2 Jahren eine wichtige Nachfragergruppe. Das Unternehmen Nacamar verzeichnete einen hohen Umsatzverlust dadurch, dass der Großkunde ZDF in den Rahmenvertrag der öffentlich-rechtlichen Fernsehgesellschaften wechselte.

Infobox 6: CDN-Konditionsrahmenvertrag der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten

Eckdaten des CDN-Konditionsrahmenvertrags der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten.¹⁰⁷

- 29. Oktober 2012: Der WDR schreibt die Vergabe der Konditionsrahmenverträge federführend im Auftrag der ARD, des ZDF, des Deutschlandradios und der Deutschen Welle aus (Ablauf der Angebotsfrist: 14.12.2012).
- Vertragslaufzeit: zwei Jahren (mit Option zur zweimaligen Verlängerung um jeweils ein Jahr)
- Beginn: 1. März 2013
- Ausschreibung unterteilt in zwei Lose:
 1. *Verbreitung von audiovisuellen Inhalten über Streaming und Download:*
Bereitstellung eines leistungsfähigen CDNs, Verbreitung von Live-Streams und On-Demand-Streams, Verbreitung über Download, Speicherplatz, Zugriffsbeschränkungen, Nutzungsnachweis und Support
 2. *Verbreitung von Websites:*
Bereitstellung einer leistungsfähigen Caching-Plattform, http-Caching, Nutzungsnachweis und Support
- Voraussichtlich benötigtes Datenvolumen (bezogen auf die zwei Jahre Vertragsdauer):
 - Für die Verbreitung: ca. 337 Mio. GB (Los 1: 327 Mio. GB, Los 2: 10,4 Mio. GB)
 - Für Speicherplatz: ca. 860.000 GB (Los 1: 859.000 GB, Los 2: 22 GB)

3.3.2.2 Non-Video / „Enterprises“

Das weitere wichtige Nachfragesegment für CDN umfasst zum einen Unternehmen, für die das Internet ein wichtiger Vertriebskanal ist und zum anderen Unternehmen, die aus unternehmensinternen/-organisatorischen Gründen große Datenmengen über das Internet übertragen.

107 laut Ausschreibung des CDN-Konditionsrahmenvertrags ARD vom 29. Oktober 2012 zur Abdeckung des Bedarfs von ARD, ZDF, Deutschlandradio und Deutsche Welle, S. WDR (2012a) und WDR (2012b).

1. Zu den **Unternehmen, für die das Internet strategische Bedeutung im Vertrieb hat**, gehören z.B.

- Online-Shops/E-Commerce-Anbieter,
- Softwareanbieter (Electronic Software Delivery),
- Electronic Gaming-Anbieter,
- Tourismusunternehmen,
- Finanzdienstleister.

Für einige dieser Unternehmen ist das Internet sogar der einzige Vertriebsweg (z.B. Amazon, Zalando). Ausfälle des CDN oder schlechte Performance wirken sich unmittelbar auf den Umsatz der Anbieter aus und führen zu Imageproblemen und Kundenverlust. Daher sind sie in besonderem Maße davon abhängig, dass das CN eine **hohe Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit** aufweist.

Sie stellen besonders hohe Ansprüche an eine sichere und fehlerfreie Übertragung des Content an autorisierte Nutzer. Dabei werden in großem Umfang persönliche Daten der Nutzer und Kreditkarteninformationen weitergegeben, die aus Datenschutzgründen Technologien für **sichere Online-Transaktionen** erfordern.

Darüber hinaus benötigt diese Nachfragergruppe umfangreiche **Reporting-Tools**, die ihnen den Überblick und die Kontrolle über das Verhalten der Nachfrager ermöglichen, um daraus Marketingmaßnahmen abzuleiten.

Des Weiteren gibt es bei all diesen Unternehmen **branchentypische Nachfragespitzen**, z.B. bei Tourismusunternehmen zu Urlaubszeiten oder bei Handelsunternehmen im Weihnachtsgeschäft und bei Werbeaktionen, die eine flexible Erweiterung der Kapazitäten erfordern.

2. Die Gruppe der **Unternehmen, die große Datenmengen über das Internet überträgt** ist u.a. dadurch gekennzeichnet, dass

- Internetauftritte mit statischen und dynamischen Inhalten, die teilweise personalisiert abgerufen werden (z.B. Online-Zeitungen/-Zeitschriften, Social Networks),
- große Datenbanken und IT-Systeme (z.B. Warenwirtschaftssysteme) betrieben werden oder
- in hohem Umfang video-basierte Dienste wie z.B. Business-TV, E-Learning oder Übertragung von Events genutzt werden.

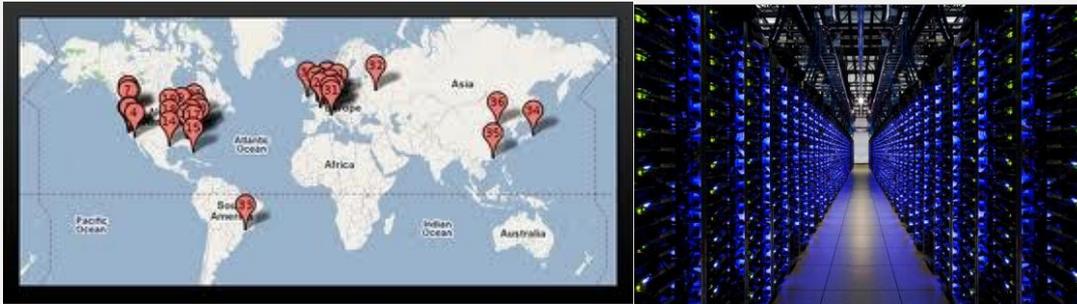
Dazu gehören z.B. große Einzelhandelsunternehmen mit vielen Filialbetrieben, Automobilhersteller mit ihren global verteilten Vertriebsniederlassungen, Zeitungsverlage, öffentliche Einrichtungen (z.B. Finanzämter) oder börsennotierte Unternehmen, die Investoren videogestützt informieren.

3.3.3 Eigenbetrieb von CDN

Es ist bereits mehrfach angesprochen worden, dass für Content Provider mit einem sehr hohen Bedarf an zu übertragendem Datenvolumen der Aufbau eines eigenen CDN sinnvoll sein kann (z.B. Google). Das eigene CDN kann dabei (insbesondere in der Aufbauphase) mit CDN-Angeboten Dritter kombiniert werden (z.B. Netflix). Darüber hinaus ist es auch denkbar, dass Content Provider mit eigenem CDN eigene CDN-Dienste am Markt anbieten (z.B. Amazon).

Infobox 7: Google

Google hat große Rechenzentren in Finnland, den USA, Asien, Süd-Amerika und anderen Europäischen Staaten errichtet, die direkt an die großen Internet-Exchanges angebunden sind. In Europa hat Google mit den größten ISPs Peering Vereinbarungen in London, Amsterdam, Frankfurt, Paris, Moskau und Mailand.¹⁰⁸



Mit der Akquisition von YouTube in 2007 wurden spezielle, auf statischen Video-Inhalt ausgerichtete Cache Server (Global Google Cache („GGC-Server“)) in über 100 Ländern sowohl in Googles Netzwerk, als auch in Netzwerken von ISPs installiert, um den wachsenden YouTube Verkehr zu bewältigen. Dabei werden die GGCs mit dem populärsten Inhalt direkt bei ISPs und die GGCs mit weniger populärem Inhalt im eigenen Google Netzwerk untergebracht. Googles CDN deckt auch Afrika ab. Für die Unterbringung der GGCs zahlt Google in der Regel nichts an die ISPs. Ob dies in Zukunft auch weiter so bleibt, bleibt mit Betrachtung der jüngsten Entwick-

¹⁰⁸

http://www.google.de/imgres?q=google+rechenzentrum&hl=de&sa=X&tbo=d&rlz=1R2ADFA_deDE342&biw=1280&bih=744&tbn=isch&tbnid=E2pvscqGQVT2CM:&imgrefurl=http://bernetblog.ch/2009/04/15/schneller-finden-braucht-weniger-strom/&docid=RR17X_fHsKx4KM&imgurl=http://bernetblog.ch/wp-content/uploads/2009/04/google-data-center-map-world-small.jpg&w=450&h=218&ei=zsQcUf--A4jk4QT99YGgAw&zoom=1&iact=rc&dur=1014&sig=114977187607907395767&page=3&tbnh=128&tbnw=266&start=49&ndsp=27&ved=1t:429,r:69,s:0,i:335&tx=62&ty=75 und http://www.google.de/imgres?q=google+rechenzentrum&hl=de&sa=X&tbo=d&rlz=1R2ADFA_deDE342&biw=1280&bih=744&tbn=isch&tbnid=PfW3CpCmQI5b1M:&imgrefurl=http://www.pcgameshardware.de/Internet-Thema-34041/News/Google-Rechenzentrum-Fotos-Video-1030900/&docid=FLkW_CPXxrmKM&imgurl=http://www.pcgameshardware.de/screenshots/811x455/2012/10/Google-Rechenzentrum-Technik_11.jpg&w=682&h=455&ei=zsQcUf--A4jk4QT99YGgAw&zoom=1&iact=hc&dur=2121&sig=114977187607907395767&page=1&tbnh=142&tbnw=213&start=0&ndsp=22&ved=1t:429,r:2,s:0,i:128&tx=166&ty=121&vpx=390&vpy=115&hovh=183&hovw=275.

lungen abzuwarten. So behauptet zum Beispiel France Telecom / Orange, dass Google nun Zahlungen für die Durchleitung von YouTube Verkehr an France Telekom leiste¹⁰⁹, da bereits die Hälfte von France Telekoms Datenaufkommens von Diensten wie Google und YouTube verursacht sei.¹¹⁰ Eine Beurteilung dieser Aussage ist schwierig, da nähere Details über diese Zahlungsvereinbarung nicht bekannt sind.

Google bietet auch CDN-artige Dienste kostenlos für Dritte an. Darunter fallen Google App Engine, welches über ein eigenständiges CDN-Netzwerk verfügt und für die Auslagerung statischer Inhalte kostenlos genutzt werden kann.¹¹¹ Mit App Engine stellt Google für Programmierer eine skalierbare Entwicklungsumgebung bereit, die sich in Punkten Performance, Speicher und Bandbreite an die wachsenden Ansprüche der Anwendungen dynamisch anpasst. Wie auf Googles Webseite ausgeführt, kann auf Google App Engine gleichermaßen statischer Content geparkt und in eigenen Seiten vorteilhaft eingebunden werden.

Google bietet außerdem Page Speed für Dritte an. Dies ist kein CDN Service, sondern ein Web Acceleration Dienst für die beschleunigte Übertragung von web-basierten Inhalten.¹¹²

¹⁰⁹ Vgl. Reißmann (2013).

¹¹⁰ Vgl. Reißmann (2013).

¹¹¹ Vgl.: <http://playground.ebiene.de/google-app-engine-als-cdn/> und https://accounts.google.com/ServiceLogin?service=ah&passive=true&continue=https://appengine.google.com/_ah/conflogin%3Fcontinue%3Dhttps://appengine.google.com/<mpl=ae.

¹¹² Vgl. <http://tech.slashdot.org/story/11/07/28/1232258/google-announces-google-cdn> <https://developers.google.com/speed/pagespeed/service?hl=de>.

Infobox 8: Netflix

- Netflix ist ein führender Anbieter von subscription-based TV- und Filmangeboten, die über das Internet als Streaming-Dienst an etwa 33 Mio. Kunden in 40 Ländern weltweit übertragen werden. Der Schwerpunkt der Geschäftstätigkeit liegt in den USA. Im Jahr 2010 begann die Internationalisierung mit der Expansion nach Kanada.
- Das Unternehmen wurde im August 1997 in Delaware gegründet und ist im Mai 2002 an die Börse gegangen.
- Der Hauptsitz von Netflix befindet sich in Los Gatos/Kalifornien.
- Netflix hat drei Geschäftsfelder: National Streaming, International Streaming und Domestic DVD.
- Netflix hat im Geschäftsjahr 2012 einen Gesamtumsatz in Höhe von 3,6 Mrd. US\$ generiert.¹¹³
- Angaben von Sandvine zufolge entfallen in den USA während der peak hour bereits 33% des Downstream-Verkehrs auf festnetzgestützten Breitbandnetzen auf Netflix Streaming Video.¹¹⁴
- Netflix betreibt ein eigenes CDN und nutzt die Dienste von Amazon Web Service, Level 3 und anderen Providern.
- Mitte 2012 hatte das Unternehmen angekündigt, mehr Verkehr über sein eigenes CDN („OpenConnect“) zu übertragen. Über OpenConnect wurde bereits etwa 5% des Verkehrs abgewickelt. CDN-Dienste unabhängiger Betreiber sollen weiterhin genutzt, aber im Zuge des Ausbaus des eigenen CDNs zukünftig stark reduziert werden.
- Open Connect bietet ISPs an, sich an Internet Exchanges kostenlos an einem beliebigen Interconnection Punkt an OpenConnect anzuschließen. Zu den Unternehmen, die sich bereits an OpenConnect angeschlossen haben, gehören Frontier, British Telecom, TDC, Clearwire, GVT, Telus, Bell Canada, Virgin, Cablevision, Google Fiber und Tel-mex.
- Für Limelight, den vormals wichtigster CDN-Partner von Netflix, bedeutet die Umstellung von Netflix erhebliche Umsatzeinbußen: Limelight hatte im Geschäftsjahr 2011 10% seines Gesamtumsatzes mit Netflix erwirtschaftet.¹¹⁵

¹¹³ Vgl. Finanzinformationen bei <http://ir.netflix.com/results.cfm>.

¹¹⁴ Siehe http://www.sandvine.com/news/pr_detail.asp?ID=371.

¹¹⁵ Vgl. z.B. <http://www.forbes.com/sites/ericsavitz/2012/06/05/netflix-shifts-traffic-to-its-own-cdn-akamai-limelight-shrs-hit/>.

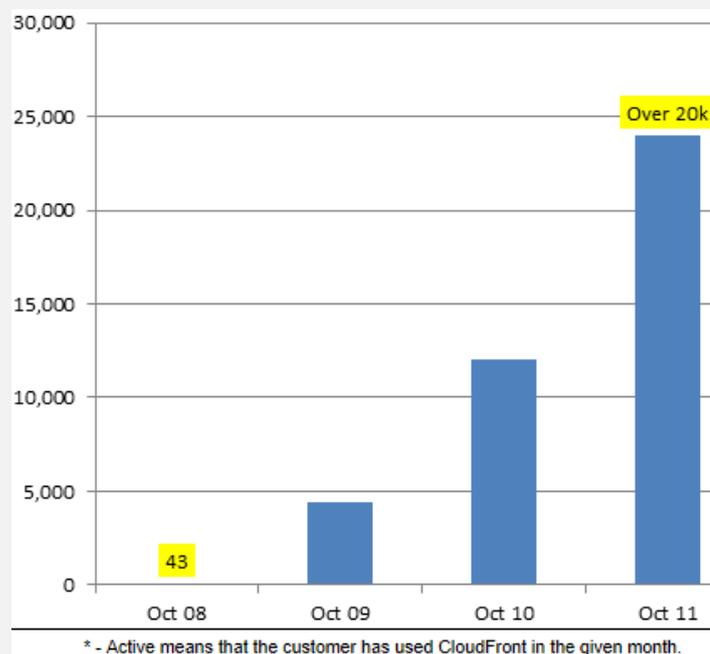
Infobox 9: Amazon Cloudfront

Amazon bietet seit dem Jahr 2008 CDN-Dienste an, die an bereits bestehende Storage Services anknüpfen.

Amazon gehört heute zu den bedeutendsten Anbieter von Cloud Services in Form von IaaS („Amazon Web Services“).¹¹⁶ Diese Dienste bilden den Ausgangspunkt für die Expansion von Amazon in den CDN-Bereich. Zunächst ergänzte Amazon sein Produktangebot um einfach gestaltete CDN-Dienste, die unter dem Namen „Amazon CloudFront“ vermarktet wurden (<http://aws.amazon.com/de/cloudfront/>). Diese Dienste wurden zum einen zu nutzungsabhängigen Preisen angeboten und zum anderen zu Preisen für „reservierte Kapazität“ (Rabatt, wenn der Nutzer sich 12 Monate oder länger zu einem minimalen monatlichen Nutzungsniveau verpflichtet (mindestens. 10 TB Daten pro Monat in einer Region).

Im Frühjahr 2012 kündigte Amazon eine Erweiterung der bestehenden CDN-Dienste an. Die Erweiterung besteht darin, dass Webseiten, deren Inhalte bereits statisch auf CloudFront gehostet werden, um dynamische Inhalte erweitert und für jeden Endnutzer personalisiert werden können.

Entwicklung der Kundenzahl von Cloud Front 2008-2011:



Quelle: <http://aws.typepad.com/aws/2011/11/amazon-cloudfront-update-fall-2011.html>

¹¹⁶ Vgl. <http://news.investors.com/article/609174/201204251839/akamai-q2-guidance-disappoints.htm?p=full>.

Preise (Stand: Februar 2013):

On-Demand-Preise

Regionale ausgehende Datenübertragungen (pro GB)

	USA	Europa	Hongkong & Singapur	Japan	Südamerika	Australien
Erste 10 TB pro Monat	\$0,120	\$0,120	\$0,190	\$0,201	\$0,250	\$0,190
Nächste 40 TB pro Monat	\$0,080	\$0,080	\$0,140	\$0,148	\$0,200	\$0,140
Nächste 100 TB pro Monat	\$0,060	\$0,060	\$0,120	\$0,127	\$0,180	\$0,120
Nächste 350 TB pro Monat	\$0,040	\$0,040	\$0,100	\$0,106	\$0,160	\$0,100
Nächste 524 TB pro Monat	\$0,030	\$0,030	\$0,080	\$0,085	\$0,140	\$0,095
Nächste 4 PB pro Monat	\$0,025	\$0,025	\$0,070	\$0,075	\$0,130	\$0,090
Über 5 PB pro Monat	\$0,020	\$0,020	\$0,060	\$0,065	\$0,125	\$0,085

Anfragegebühren (pro 10.000)

	USA	Europa	Hongkong & Singapur	Japan	Südamerika	Australien
HTTP-Anforderungen	\$0,0075	\$0,0090	\$0,0090	\$0,0095	\$0,0160	\$0,0090
HTTPS-Anforderungen	\$0,0100	\$0,0120	\$0,0120	\$0,0130	\$0,0220	\$0,0125

Quelle: <http://aws.amazon.com/de/cloudfront/#price-classes>

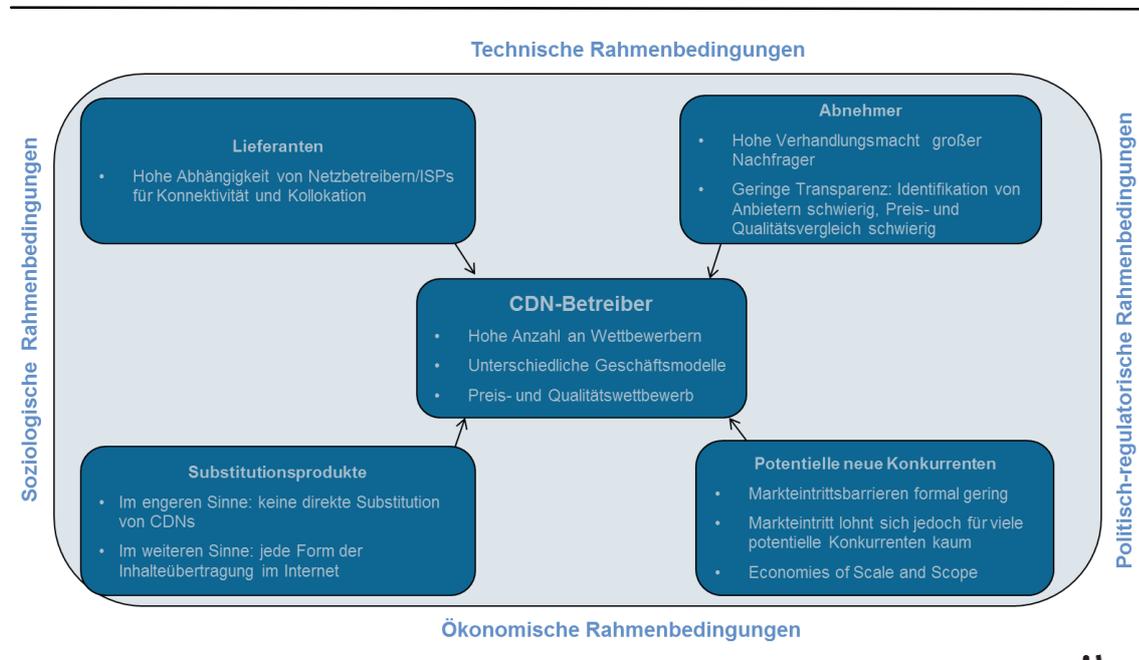
4 Wettbewerbsaspekte

- Der CDN-Markt weist einen intensiven Wettbewerb und eine hohe Dynamik auf.
- Die Rahmenbedingungen für die CDN-Marktentwicklung sind günstig: der kontinuierlich steigende IP Datenverkehr erfordert auch in Zukunft effiziente Lösungen zur Internet-basierten Datenübertragung.
- Eine große Zahl an Anbietern stellt basierend auf sehr unterschiedlichen Geschäftsmodellen ein vielfältiges Angebot für nationale und internationale Kunden bereit.
- Als entscheidende Wettbewerbsparameter haben sich im CDN-Wettbewerb Preis und Qualität herausgebildet.
- Die Innovationsdynamik im Bereich der internetbasierten Inhaltübertragung wird sich weiterhin erhöhen: Wettbewerbsvorteile beruhen auf Qualität und Innovationsfähigkeit und sind erfolgsentscheidend für CDN-Betreiber.
- Der Markt ist für einfache „Off-the-Shelf“-Produkte relativ transparent. Die Transparenz wird mit steigender Individualisierung der Produkte jedoch deutlich geringer.
- Insgesamt ist die Nachfragemacht im CDN Markt relativ hoch; für große Nachfrager ist sie sogar sehr hoch.
- Wechselbarrieren sind im Allgemeinen niedrig; die typische Vertragsdauer umfasst in der Regel bis zu einem Jahr; bei großen Ausschreibungen 1-2 Jahre. Wechselbarrieren bei individuellen Lösungspaketen sind etwas höher durch schlechtere Vergleichbarkeit. Es gibt aber kein technologisches Kunden „Lock-In“.
- Der Eintritt in den CDN-Markt steht grundsätzlich jedem Unternehmen offen: es gibt keine rechtlichen Marktzutrittsschranken in Form von Lizenzen.
- Markteintrittsbarrieren in Form von Economies of Scale und Scope spielen jedoch eine relevante Rolle; die Bedeutung der Markteintrittsbarrieren ist für Anbieter unterschiedlicher Herkunft und strategischer Ausrichtung jedoch sehr unterschiedlich.

Der Wettbewerb im CDN-Markt unterliegt einer hohen Dynamik und wird durch zahlreiche Wettbewerbsfaktoren beeinflusst, deren bisherige Ausprägung und mögliche zukünftige Entwicklung im Folgenden basierend auf den Ausführungen in den vorangegangenen Kapiteln zusammengefasst dargestellt werden sollen. In Anlehnung an das Konzept der Wettbewerbsanalyse nach Porter wird auf Rahmenbedingungen des CDN-Marktes, den bestehenden Wettbewerb der CDN-Betreiber untereinander, auf die Ver-

handlungsmacht von Abnehmern und Lieferanten und auf die Bedrohung durch Substitutionsprodukte sowie durch potenzielle neue Konkurrenten eingegangen.

Abbildung 24: Wettbewerbskräfte im CDN-Markt nach Porter



Rahmenbedingungen der CDN-Marktentwicklung

Allen Studien und Marktexperten zufolge kann davon ausgegangen werden, dass die allgemeinen Rahmenbedingungen für die zukünftige Entwicklung des globalen CDN-Marktes weiterhin positiv sind. Die zu erwartende Zunahme von Breitband-Nutzern und Internet-Zugangsgeräten weltweit und die steigende Verbreitung von video-basierten Diensten werden voraussichtlich dazu führen, dass der IP-Datenverkehr auch weiterhin stark ansteigt. Wie bereits in Abschnitt 1.1 kurz erläutert, verstärken diese Entwicklungen die Gefahr von Kapazitätsengpässen und bedingen einen Bedarf an Lösungen zur effizienten Datenübertragung.

Darüber hinaus ist es auch möglich, dass der CDN-Markt durch regulatorische Entwicklungen in vor- oder nachgelagerten Märkten beeinflusst wird, wobei insbesondere regulatorische Entscheidungen zur Netzneutralität eine Rolle spielen könnten. Auch wenn die Europäische Kommission jüngsten Äußerungen zufolge keine Regulierung im Bereich der Netzneutralität anstrebt, könnten CDN als alternative Verkehrs-Management-Lösung im Core Internet noch stärkere Bedeutung erlangen, wenn zukünftig strengere Netzneutralitätsauflagen erlassen werden.

Bestehender Wettbewerb im CDN-Markt

Die Wettbewerbsintensität im CDN-Markt hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Wie in Kapitel 3.2 analysiert wird, stellt eine große Zahl an Anbietern basierend auf sehr unterschiedlichen Geschäftsmodellen ein vielfältiges Angebot für nationale und internationale Kunden bereit. In einigen Segmenten des CDN Marktes, z.B. bei der Videoübertragung, herrscht den von uns befragten CDN-Experten zufolge Verdrängungswettbewerb.

Als entscheidende Wettbewerbsparameter haben sich im CDN-Wettbewerb **Preis und Qualität** herausgebildet.

Wie in Abschnitt 3.3 bereits erläutert wird, ist der Preis für viele Nachfrager das bedeutendste Entscheidungskriterium und spielt im CDN-Wettbewerb eine übergeordnete Rolle. Infolge steigenden Preiswettbewerbs sind die Preise für CDN-Leistungen in den vergangenen Jahren stark gefallen.

Die Preise orientieren sich sehr stark an dem übertragenen Datenvolumen, das i.d.R. pro übertragenem GB berechnet wird und ggf. an eine Mindestabnahme geknüpft ist. Es ist ebenfalls üblich, dass es Mengenrabatte gibt, d.h. günstigere Preise pro GB ab einem festgelegten Datenvolumen. Anfang Januar 2012 lagen die Preise für eine Abnahmemenge von 250 TB pro Monat bei 0,05 US\$ pro GB beim Marktführer Akamai, der als hochpreisiger Wettbewerber gilt.¹¹⁷

Bei komplexeren CDN-Diensten setzen sich die Preise i.d.R. aus einer monatlichen Pauschale für Service und Überwachung und aus einem Preis für das übertragene Datenvolumen zusammen.

Für den Fall, dass CDN-Leistungen in Gesamtlösungen eingebunden werden, werden ggf. keine gesonderten Preise für die CDN-Nutzung erhoben, sondern Preise für das gesamte IT-Lösungspaket vereinbart. Für sehr einfache CDN-Dienste gibt es typischerweise preisdifferenzierte Pakete, die sich im Hinblick auf das Datenvolumen und die Speicherkapazität unterscheiden. Diese werden sowohl als prepaid- als auch als postpaid-Tarife angeboten.

Neben dem Preis sind Wettbewerbsvorteile, die auf Qualität und Innovationsfähigkeit basieren, erfolgsentscheidend für CDN-Betreiber. Ebenso wie andere Dienstleistungen, die im „Internet-Ökosystem“ angesiedelt sind, unterliegen CDN-Leistungen einem dynamischen technologischen Wandel. Daraus ergeben sich für CDN-Betreiber ein hoher Innovationsdruck und die Herausforderung, kontinuierlich neue Produkte und Dienste anzubieten. Da der reine CDN-Betrieb zu einem Commodity-Produkt geworden ist, gewinnt die Erweiterung des Produktportfolios um Mehrwertdienste für CDN-Betreiber stark an Bedeutung.

¹¹⁷ Rayburn (2012).

Verhandlungsmacht der Nachfrager

Die Transparenz im CDN-Markt ist als relativ gering zu charakterisieren: Das gesamte Anbieterspektrum lässt sich aufgrund sehr verschiedener Anbietergruppen und Produkt-/Dienstleistungsbezeichnungen nur schwierig erfassen und Angebote sind teilweise nur schwierig vergleichbar. Nur für einfache CDN-Angebote sind Standardpreise verfügbar und können verglichen werden. Produktbündelung und Vermarktung von Mehrwertdiensten im Zusammenhang mit komplexen Lösungen gewinnt im CDN-Markt immer mehr an Bedeutung. Dadurch wird es jedoch für den Nachfrager schwieriger, CDN als alleinstehenden Dienst zu vergleichen.

Das vielfältige Angebot bedeutet jedoch auch ausreichend Wahlmöglichkeiten für alle Nachfrager. Die Wechselbarrieren im CDN-Markt werden von den befragten Experten überwiegend als gering betrachtet.

Die Verhandlungsmacht der Nachfrager ist teilweise hoch. Sie hängt jedoch sehr stark von der Größe des Nachfragers (bzw. dem Umfang des zu übertragenden Datenvolumens) und von der Art des zu übertragenden Inhalts ab.

Große Nachfrager wie öffentlich-rechtliche Rundfunk- und Fernsehanstalten, Organisationen oder Regierungsinstitutionen verfügen über eine hohe Nachfragemacht. Verträge werden, wie von Interviewteilnehmern bestätigt, häufig (alle 1-2 Jahre) ausgeschrieben und neu verhandelt. Anbieter bemühen sich um attraktive Angebote, da sie große Nachfrager als Referenzkunden benötigen (wenngleich die Gewinne bei dieser Zielgruppe durchaus geringer ausfallen als bei anderen Zielgruppen).

Bei kundenindividuellen CDN-Lösungen – insbesondere im Segment mittelständischer Nachfrager – sind die Wechselmöglichkeiten geringer und die Kundenbindung höher. Mittelständische Kunden haben typischerweise höhere Transaktionskosten beim Vergleich von Konkurrenzangeboten und fragen häufiger kundenindividuelle Lösungen nach, die durch eine höhere Komplexität und Beratungsintensität gekennzeichnet sind und oft in ein „Lösungspaket“ eingebunden sind.

Es gibt jedoch kein auf Technologien bezogenes Kunden „Lock-In“.

Verhandlungsmacht der Lieferanten

Mit Bezug auf vor- und nachgelagerte Märkte sind CDN-Betreiber zur Erbringung ihrer Leistungen von Zulieferern (insbesondere Hard- und Softwarelieferanten und Netzbetreiber/ISPs) abhängig. Während die Abhängigkeit von Hard- und Softwareanbietern insgesamt als relativ gering eingeschätzt werden kann, kann die Abhängigkeit von Netzbetreibern/ISPs zumindest für einzelne Betreiber sehr hoch sein¹¹⁸. Die Abhängigkeit sowohl von Herstellern als auch von Netzbetreibern/ISPs wird sehr stark von der Netzarchitektur eines CDN-Netzwerks (z.B. Anzahl der Serverstandorte) und der Ver-

¹¹⁸ Vgl. hierzu auch Rechtsstreit in Frankreich zwischen dem ISP Free und Google.

fügbare eigene Übertragungswege (siehe Kapitel 2). Bei globalen CDN-Spezialisten mit dezentraler CDN-Struktur haben Konnektivität und Kollokation eine hohe Bedeutung. Da diese Anbietergruppe nicht über eigene Infrastruktur verfügt, kann die Abhängigkeit von Netzbetreibern/ISPs als eher hoch beurteilt werden. Anders stellt sich die Abhängigkeit für integrierte Betreiber wie z.B. Level 3 dar, die selbst über eine große Zahl weltweit verteilter eigener Rechenzentren und über eigene Netzinfrastruktur verfügen.

Bedrohung durch Substitutionsprodukte

Mit Bezug auf Substitutionsprodukte stehen CDN-Betreiber potenziell im Wettbewerb mit Diensten, die ähnliche Leistungen (oder Teile der Leistungen) erbringen (Substitutionskette). Darunter können im weitesten Sinne alle Produkte und Dienste verstanden werden, die auf die Verbesserung der Internet Performance zur besseren Übertragung von Inhalten ausgerichtet sind, aber auch die herkömmliche Inhaltübertragung, die auf Transit- und Peering-Vereinbarungen beruht.¹¹⁹

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, dienen CDNs als Verkehrsmanagement-Tool der verbesserten Übertragung von Inhalten im Core Internet. Da CDNs nicht das dezentralisierte effiziente Routing des Internets verändern und regulatorisch gesehen keine Relevanz haben, fungieren sie als effektive Alternative zu anderen Verkehrsmanagementpraktiken, die hauptsächlich im Zugangsnetzwerk angewendet werden.

Bedrohung durch neue Wettbewerber

Grundsätzlich steht der Eintritt in den CDN-Markt jedem Unternehmen offen, da es keine rechtlichen Marktzutrittsschranken in Form von Lizenzen gibt. Ein sehr begrenztes CDN-Server-Netzwerk lässt sich mit geringem Aufwand errichten. Für die Realisierung eines zukunftsfähigen und profitablen CDN-Geschäftsmodells spielen jedoch Markteintrittsbarrieren in Form von Economies of Scale und Scope eine relevante Rolle. Die Bedeutung dieser Markteintrittsbarrieren ist für Anbieter unterschiedlicher Herkunft und strategischer Ausrichtung jedoch sehr unterschiedlich.

Strukturelle Markteintrittsbarrieren in Form von Betriebsgrößenersparnissen¹²⁰ spielen im CDN-Marktsegment eine herausragende Rolle. Dies gilt insbesondere für CDN-Spezialisten, die Wettbewerbsvorteile durch die Erweiterung der geographischen Abdeckung ihres Server-Netzwerks und durch die Übertragung von möglichst viel Verkehr anstreben.

Verbundvorteile (Economies of Scope) hingegen haben insbesondere für Anbieter Bedeutung, die ihren Schwerpunkt außerhalb des CDN-Segments haben. Sie können

¹¹⁹ Dies dürfte allerdings nur eine einseitige Substitution sein, also eine Substitutionskette, wo man Peering und Transit gegen ein CDN eintauscht, aber nicht andersherum.

¹²⁰ Vgl. http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2009/06/barrier-to-entry-in-the-cdn-business-few-hundred-million.html.

Wettbewerbsvorteile durch die Nutzung einer vorhandenen Vertriebsstruktur und Administration realisieren, indem z.B. bestehende Distributionswege oder Billingsysteme für CDN angepasst und erweitert werden. Bei Netzbetreibern spielen in diesem Bereich auch die geringeren Bandbreitenkosten durch Zugriff auf eigene Infrastruktur eine Rolle.

5 Ausblick

Wie die Studie zeigt, ist der Markt für CDN ein sich stetig verändernder Markt, der von intensivem Wettbewerb, sehr unterschiedlichen Geschäftsmodellen und hoher Innovationsdynamik geprägt ist. Es wird erwartet, dass das fortwährende Wachstum von IP-Verkehr auch in Zukunft effiziente Datenübertragungslösungen erforderlich macht. Inhaltanbieter werden weiterhin ihren Kunden Inhalte hochperformant über das Internet ausliefern wollen, wodurch die Nachfrage nach CDN grundsätzlich angetrieben wird. CDN erfüllen damit ein wichtiges Kundenbedürfnis und können erkennbaren Nutzen bieten.

Allerdings wirken sich im Ökosystem des CDN-Markts einige Faktoren auf die weitere Entwicklung von CDN aus, die zurzeit nur schwierig zu prognostizieren sind: eine sich verändernde Marktstruktur durch neue Geschäftsmodelle (z.B. Föderationen, CDN-Virtualisierung, Zahlung für Datendurchleitung durch Inhaltanbieter etc.) oder Konsolidierung, sich verändernde Inputfaktorkosten, Regulierung in vor- oder nachgelagerten Märkten und unsicherer Markterfolg durch erodierenden Preiswettbewerb. Die zukünftige Bedeutung von CDN könnte durch diese Faktoren stark beeinflusst werden.

So ist derzeit in Bezug auf die Marktstruktur noch schwierig einzuschätzen, welche Bedeutung Föderations-Ansätze im CDN-Markt erlangen werden. Sollte es gelingen, die jetzigen Standardisierungsbestrebungen am Markt zu etablieren, so könnten Netzbetreiber durchaus eine stärkere Bedeutung im Wettbewerb mit CDN-Spezialisten erlangen und den CDN-Markt längerfristig verändern.

Durch technische Weiterentwicklung (z.B. Zunahme von Cloud-Diensten und Cloud Infrastruktur) kann es zu einer weniger auf Hardware basierenden, virtualisierten Architektur von CDNs kommen, wo anstelle von einem physischen Servernetzwerk auf ein virtuelles Servernetzwerk zurückgegriffen wird. Dies könnte zu neuen und kostengünstigeren Geschäftsmodellen führen.

Auch können Konsolidierungsbestrebungen von großen CDN-Betreibern zu erheblichen Marktstrukturänderungen führen. So realisieren große CDN-Betreiber wie Akamai und Limelight oft durch Kauf von gewachsenen Spezialisten eine Erweiterung des Dienstangebots.¹²¹ Weitere Konsolidierung könnte zu einer Veränderung der gesamten Angebotsstruktur führen.

Darüber hinaus ist noch unklar, wie sich die Geschäftsbeziehungen zwischen Content Providern und Netzbetreibern entwickeln. Sollten Netzbetreiber durchsetzen, dass Content Provider für die Datenübertragung in welcher Form auch immer zusätzlich bezahlen, könnte sich dies erheblich auf die Entwicklung von CDN auswirken.

¹²¹ Akamai kaufte zum Beispiel den israelischen Web Acceleration Spezialist Cotendo Ende 2011, und Limelight kaufte Acceloweb.

Abkürzungsverzeichnis

CDN	Content Delivery Networks
IP	Internet Protocol
ISP	Internet Service Provider
M&A	Mergers and Acquisitions
PoP	Point of Presence
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service

Literaturverzeichnis

- Accustream (2011): CDNs embrace dynamic product and business transformation; new services essential to double-digit growth in revenue and customer additions, Pressemitteilung vom 13. Dezember 2011, abrufbar unter <http://www.accustreamresearch.com/news/20111213.html>.
- ARCEP (2012): Report to Parliament and the Government on Net Neutrality, http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-parlement-net-neutrality-sept2012-ENG.pdf.
- ARLITT, M.; JIN, T. (2000): A workload characterization study of the 1998 World Cup Web site. In: Network, IEEE 14 (2000), Mai, Nr. 3, S. 30–37. – ISSN 0890-8044.
- AT&T (2008): AT&T Announces New Digital Media Solutions Portfolio to Deliver and Manage Multimedia Content for Businesses Worldwide, Pressemitteilung vom 24. Juni 2008, <http://www.att.com/gen/press-room?pid=4800&cdvn=news&newsarticleid=25853>.
- AT&T (2012): Akamai and AT&T Forge Global Strategic Alliance to Provide Content Delivery Network Solutions, Pressemitteilung vom 6. Dezember 2012, <http://www.att.com/gen/press-room?pid=23598&cdvn=news&newsarticleid=35788&mapcode=corporate|financial>.
- A.T. Kearney (2010): A Viable Future Model for the Internet, Chicago/US; abrufbar unter: http://www.atkearney.de/content/veroeffentlichungen/whitepaper_detail.php/id/51295/practice/telekomm.
- Arthur D. Little/ Exane BNP Paribas (2012): Telecom Operators - Let's face it, Paris/London, März 2012, http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/exane_study_2012.pdf.
- BEREC (2012a): An assessment of IP-interconnection in the context of Net Neutrality - Draft report for public consultation, 29. Mai 2012, Brüssel. http://berec.europa.eu/files/news/bor_12_33_ip_ic_assessment.pdf.
- BEREC (2012): BEREC's comments on the ETNO proposal for ITU/WCIT or similar initiatives along these lines [http://berec.europa.eu/files/document_register_store/2012/11/BoR_\(12\)_120_BEREC_on_ITR.pdf](http://berec.europa.eu/files/document_register_store/2012/11/BoR_(12)_120_BEREC_on_ITR.pdf).
- Bertrand/Le Louédec (2011): NetworksOCEAN and IETF CDN Interconnection Activities, Präsentation am 1. Juni 2011, abrufbar unter https://www.ict-etics.eu/fileadmin/events/2011-06-01_2ndETICS_WS/2-5_CDN_Interconnect_Gilles_Bertrand_Orange-FT.pdf.
- BT (2011): Benefits of building an in-house content distribution network (CDN), October 2011. Download zugänglich über https://www.btwholesale.com/pages/static/Products/Broadband/Wholesale_Content_Connect/index.htm
- CISCO (2012): The Zettabyte Era, Whitepaper, 30. Mai 2012, http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/VNI_Hyperconnectivity_WP.pdf.
- Halbinger, Max (2012): Die Cloud in Zahlen - Avanade-Cloud-Studie 2011, in: Computerwoche, 28. Januar 2012, <http://www.computerwoche.de/management/cloud-computing/2493264/>.

- Heavy Reading (2011): Operator CDNs – Making OTT Video pay, White Paper, July 2011, http://www.verivue.com/pdf/Operator_CDNs_Making_OTT_Pay.pdf.
- Lee, Youngseok (2012): Telco CDN interconnection for Global Content Exchange, Präsentation beim ITU Workshop on “Bridging the Standardization Gap”, Vientiane, Lao People’s Democratic Republic, 30-31 July 2012.
- Limelight (2011a): Limelight Networks(R) Acquires Web and Application Acceleration Technology Innovator AcceloWeb, Pressemitteilung vom 9. Mai 2011, <http://investors.limelightnetworks.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=575344>.
- Marcus, J. S. und A. Monti (2011): Network operators and content provider - Who bears the cost?; Studie im Auftrag von Google, August 2011, Bad Honnef; abrufbar unter: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1926768.
- Milicevic, Zoran; Boycovic, Zoran (2010): Content Delivery Networks and the Future Internet”, University of Belgrade.
- National Institute of Standards and Technology (NIST) (2011): The NIST Definition of Cloud Computing - Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145, September 2011, Gaithersburg <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>.
- OECD (2011): OECD Communications Outlook 2011, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/comms_outlook-2011-en.
- OFCOM (2010): Traffic Management and Net Neutrality – A Discussion Document, <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/net-neutrality/summary/netneutrality.pdf>.
- Peterson, Larry (2011): CDN Interconnection, posted on May 16, 2011 at Verivue Blogs, <http://www.verivue.com/blog/index.php/content-delivery-network-interconnection/cdn-interconnection/>.
- Rayburn, Dan (2012): Akamai lowering CDN pricing in effort to be more competitive, 12. Januar 2012, http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2012/01/akamai-lowering-cdn-pricing-in-effort-to-be-more-competitive.html.
- Reißmann, Ole (2013): Frankreich – Google zahlt für Durchleitung von YouTube-Videos, in: Spiegel Online, 22. Januar 2013, <http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/frankreich-google-zahlt-fuer-durchleitung-von-youtube-videos-a-878998.html>.
- Rubenstein, Roy (2011): Content Delivery Networks: Cache Injection, in: total telecom, 15. Juli 2011, http://www.totaltele.com/res/plus/Combo_TTPLUS_may2011.pdf S. 7-10.
- Schumacher-Rasmussen, Eric (2012): The 2012 Streaming Media Europe 101”, in: Streaming Media Global, <http://www.streamingmediaglobal.com/Articles/Editorial/Featured-Articles/The-2012-Streaming-Media-Europe-101-86502.aspx>.
- Telematica Instituut (2001): Content Distribution Networks – State of the Art, <https://doc.telin.nl/dsweb/Get/Document-15534/cdnsota.pdf>.
- Vahlenkamp, Markus (2010): Content Delivery Networks – Chancen und Konzepte für Internet Service Provider, Bachelorarbeit, Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg, http://users.informatik.haw-hamburg.de/~schmidt/thesis/markus_vahlenkamp.pdf.

WDR (2012a): Vergabeunterlagen zum Wettbewerbsverfahren „CDN-Konditionsrahmenvertrag“, WDR-Aktenzeichen ZA DPT F4/2012, 29. Oktober 2012, Köln.

WDR (2012b): Technisches Leistungsverzeichnis zum Ausschreibungsverfahren „CDN-Konditionsrahmenvertrag“, WDR-Aktenzeichen ZA DPT F4/2012, 29. Oktober 2012, Köln.

Yoo, Christopher S. (2010): Network Neutrality or Internet Innovation? in: CATO, Regulation, Spring 2010, S. 22-29, <http://www.cato.org/pubs/regulation/regv33n1/regv33n1-6.pdf>.

ANHANG

Ausschreibung des CDN-Konditionsrahmenvertrags ARD¹²²

1. Verbreitung von AV-Inhalten über Streaming und Download („Los1“)

Bewertungsmatrix

LEISTUNG:

Kriteriengruppe	Ziff. des LV	Gewicht der Gruppe
Leistungsfähigkeit der Verbreitungsplattform	1.1.1.1	35,0%
Streamingformate	1.1.1.2	1,9%
Live-Streaming	1.1.1.3	7,0%
On-Demand-Streaming	1.1.1.4	4,7%
Download	1.1.1.5	3,9%
Nutzungsnachweis	1.1.1.6	6,2%
Webportal	1.1.1.7	1,6%
Support	1.1.1.8	7,8%
Optional abrufbare Leistungen	1.1.2	31,1%
Migration	1.1.3	0,8%
Leistungsfähigkeit		100,0%

Jedes einzelne Leistungskriterium wird weiter untergliedert und gewichtet.

Bewertungsmatrix

PREIS:

Traffic - Wert 2013/2014 (Schätzung) in GB	327.000.000
Speicherplatz im CDN - Wert 2013/2014 (Schätzung) in GB	859.000

Leistung	Ref. Nr. des Techn. Leistungsverzeichnisses	Staffelpreise bei Menge in GB	Preise in €/GB zzgl. MwSt.	Gewichtungsfaktor	Durchschnittspreis (Spalte 5 x 4)	Zu wertender Preis in € (=Mittelwert Spalte 6/Mittelwert Spalte 5)	Vergleichspreis in € bezogen auf den Durchschnittswert Traffic (=Mittelwert Spalte 7/Traffic Durchschnittswert 2013/2014)
1	2	3	4	5	6	7	8
Traffic	1.1.1.	≤ 99.999.999		1			
		100.000.000 - 199.999.999		3			
		200.000.000 - 299.999.999		6			
		300.000.000 - 399.999.999		6			
		≥ 400.000.000		5			
Mittelwert				4,20			
Speicherplatz im CDN	1.1.2.6	≤ 299.999		1			
		300.000 - 599.999		4			
		600.000 - 899.999		5			
		≥ 900.000		4			
Mittelwert				3,50			

122 Abrufbar unter <http://www1.wdr.de/unternehmen/cdn-konditionsrahmenvertrag100.html> (nur zur Zeit der Ausschreibung verfügbar).

2. Verbreitung von Websites („Los 2“)

Bewertungsmatrix

LEISTUNG:

Kriteriengruppe	Ziff. des LV	Gewicht der Gruppe
Caching-Funktionalität	1.2.1.1	36,0%
Leistungsfähigkeit der Caching-Plattform	1.2.1.2	30,5%
Nutzungsnachweis	1.2.1.3	3,0%
Webportal	1.2.1.4	2,1%
Support	1.2.1.5	6,8%
Optional abrufbare Leistungen	1.2.2	17,2%
Migration	1.2.3	4,4%
Leistungsfähigkeit		100,0%

Jedes einzelne Leistungskriterium wird weiter untergliedert und gewichtet.

Bewertungsmatrix

PREIS:

Datenmenge - Wert 2013/2014 (Schätzung)	10.400.000
Skalierbarer Speicherplatz - Wert 2013/2014 in GB	22

Leistung	Ref. Nr. des Techn. Leistungsverzeichnisses	Staffelpreise bei Menge in GB	Preise in €/GB zzgl. MwSt.	Gewichtungsfaktor	Durchschnittspreis (Spalte 5 x Spalte 4)	Zu wertender Preis in € (=Mittelwert Spalte 6/Mittelwert Spalte 5)	Vergleichspreis in € bezogen auf den Durchschnittswert Datenmenge (=Mittelwert Spalte 7/ Durchschnittswert Datenmenge bzw. skalierb. Speicherplatz 2013/2014)
1	2	3	4	5	6	7	8
Datenmenge in GB	1.2.1.	≤ 2.999.999		1			
		3.000.000 - 5.999.999		3			
		6.000.000 - 8.999.999		6			
		9.000.000 - 11.999.999		6			
		≥ 12.000.000		5			
Mittelwert				4,20			
skalierbarer, hoch verfügbarer Speicherplatz in GB	1.2.2.6	≤ 9		1			
		10 - 19		2			
		≥ 20		3			
Mittelwert				2,00			

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

- 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 Plückebaum:
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 Plückebaum:
Netzzugang im NGN-Core, August 2008
- Nr. 311: Martin Zauner, Alex Kalevi Dieke, Torsten Marner, Antonia Niederprüm:
Ausschreibung von Post-Universaldiensten. Ausschreibungsgegenstände, Ausschreibungsverfahren und begleitender Regulierungsbedarf, September 2008
- Nr. 312: Patrick Anell, Dieter Elixmann:
Die Zukunft der Festnetzbetreiber, Dezember 2008
- Nr. 313: Patrick Anell, Dieter Elixmann, Ralf Schäfer:
Marktstruktur und Wettbewerb im deutschen Festnetz-Markt: Stand und Entwicklungstendenzen, Dezember 2008
- Nr. 314: Kenneth R. Carter, J. Scott Marcus, Christian Wernick:
Network Neutrality: Implications for Europe, Dezember 2008
- Nr. 315: Stephan Jay, Thomas Plückebaum:
Strategien zur Realisierung von Quality of Service in IP-Netzen, Dezember 2008
- Nr. 316: Juan Rendon, Thomas Plückebaum, Iris Böschen, Gabriele Kulenkampff:
Relevant cost elements of VoIP networks, Dezember 2008
- Nr. 317: Nicole Angenendt, Christian Growitsch, Rabindra Nepal, Christine Müller:
Effizienz und Stabilität des Stromgroßhandelsmarktes in Deutschland – Analyse und wirtschaftspolitische Implikationen, Dezember 2008

- Nr. 318: Gernot Müller:
Produktivitäts- und Effizienzmessung im Eisenbahninfrastruktursektor – Methodische Grundlagen und Schätzung des Produktivitätsfortschritts für den deutschen Markt, Januar 2009
- Nr. 319: Sonja Schölermann:
Kundenschutz und Betreiberauflagen im liberalisierten Briefmarkt, März 2009
- Nr. 320: Matthias Wissner:
IKT, Wachstum und Produktivität in der Energiewirtschaft - Auf dem Weg zum Smart Grid, Mai 2009
- Nr. 321: Matthias Wissner:
Smart Metering, Juli 2009
- Nr. 322: Christian Wernick unter Mitarbeit von Dieter Elixmann:
Unternehmensperformance führender TK-Anbieter in Europa, August 2009
- Nr. 323: Werner Neu, Gabriele Kulenkampff:
Long-Run Incremental Cost und Preissetzung im TK-Bereich - unter besonderer Berücksichtigung des technischen Wandels, August 2009
- Nr. 324: Gabriele Kulenkampff:
IP-Interconnection – Vorleistungsdefinition im Spannungsfeld zwischen PSTN, Internet und NGN, November 2009
- Nr. 325: Juan Rendon, Thomas Plückebaum, Stephan Jay:
LRIC cost approaches for differentiated QoS in broadband networks, November 2009
- Nr. 326: Kenneth R. Carter with contributions of Christian Wernick, Ralf Schäfer, J. Scott Marcus:
Next Generation Spectrum Regulation for Europe: Price-Guided Radio Policy, November 2009
- Nr. 327: Gernot Müller:
Ableitung eines Inputpreisindex für den deutschen Eisenbahninfrastruktursektor, November 2009
- Nr. 328: Anne Stetter, Sonia Strube Martins:
Der Markt für IPTV: Dienstverfügbarkeit, Marktstruktur, Zugangsfragen, Dezember 2009
- Nr. 329: J. Scott Marcus, Lorenz Nett, Ulrich Stumpf, Christian Wernick:
Wettbewerbliche Implikationen der On-net/Off-net Preisdifferenzierung, Dezember 2009
- Nr. 330: Anna Maria Doose, Dieter Elixmann, Stephan Jay:
"Breitband/Bandbreite für alle": Kosten und Finanzierung einer nationalen Infrastruktur, Dezember 2009
- Nr. 331: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Antonia Niederprüm, Martin Zauner:
Preisstrategien von Incumbents und Wettbewerbern im Briefmarkt, Dezember 2009
- Nr. 332: Stephan Jay, Dragan Ilic, Thomas Plückebaum:
Optionen des Netzzugangs bei Next Generation Access, Dezember 2009
- Nr. 333: Christian Growitsch, Marcus Stronzik, Rabindra Nepal:
Integration des deutschen Gasgroßhandelsmarktes, Februar 2010
- Nr. 334: Ulrich Stumpf:
Die Abgrenzung subnationaler Märkte als regulatorischer Ansatz, März 2010
- Nr. 335: Stephan Jay, Thomas Plückebaum, Dragan Ilic:
Der Einfluss von Next Generation Access auf die Kosten der Sprachterminierung, März 2010
- Nr. 336: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Martin Zauner:
Netzzugang und Zustellwettbewerb im Briefmarkt, März 2010
- Nr. 337: Christian Growitsch, Felix Höffler, Matthias Wissner:
Marktmachtanalyse für den deutschen Regelenergiemarkt, April 2010
- Nr. 338: Ralf G. Schäfer unter Mitarbeit von Volker Köllmann:
Regulierung von Auskunfts- und Mehrwertdiensten im internationalen Vergleich, April 2010

- Nr. 339: Christian Growitsch, Christine Müller, Marcus Stronzik
Anreizregulierung und Netzinvestitionen, April 2010
- Nr. 340: Anna Maria Doose, Dieter Elixmann, Rolf Schwab:
Das VNB-Geschäftsmodell in einer sich wandelnden Marktumgebung: Herausforderungen und Chancen, April 2010
- Nr. 341: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Schölermann:
Die Entwicklung von Hybridpost: Marktentwicklungen, Geschäftsmodelle und regulatorische Fragestellungen, August 2010
- Nr. 342: Karl-Heinz Neumann:
Structural models for NBN deployment, September 2010
- Nr. 343: Christine Müller:
Versorgungsqualität in der leitungsgebundenen Gasversorgung, September 2010
- Nr. 344: Roman Inderst, Jürgen Kühling, Karl-Heinz Neumann, Martin Peitz:
Investitionen, Wettbewerb und Netzzugang bei NGA, September 2010
- Nr. 345: Christian Growitsch, J. Scott Marcus, Christian Wernick:
Auswirkungen niedrigerer Mobilterminierungsentgelte auf Endkundenpreise und Nachfrage, September 2010
- Nr. 346: Antonia Niederprüm, Veronika Söntgerath, Sonja Thiele, Martin Zauner:
Post-Filialnetze im Branchenvergleich, September 2010
- Nr. 347: Peter Stamm:
Aktuelle Entwicklungen und Strategien der Kabelbranche, September 2010
- Nr. 348: Gernot Müller:
Abgrenzung von Eisenbahnverkehrsmärkten – Ökonomische Grundlagen und Umsetzung in die Regulierungspraxis, November 2010
- Nr. 349: Christine Müller, Christian Growitsch, Matthias Wissner:
Regulierung und Investitionsanreize in der ökonomischen Theorie, IRIN Working Paper im Rahmen des Arbeitspakets: Smart Grid-gerechte Weiterentwicklung der Anreizregulierung, Dezember 2010
- Nr. 350: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf:
Symmetrische Regulierung: Möglichkeiten und Grenzen im neuen EU-Rechtsrahmen, Februar 2011
- Nr. 350: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf:
Symmetrische Regulierung: Möglichkeiten und Grenzen im neuen EU-Rechtsrahmen, Februar 2011
- Nr. 351: Peter Stamm, Anne Stetter unter Mitarbeit von Mario Erwig:
Bedeutung und Beitrag alternativer Funklösungen für die Versorgung ländlicher Regionen mit Breitbandanschlüssen, Februar 2011
- Nr. 352: Anna Maria Doose, Dieter Elixmann:
Nationale Breitbandstrategien und Implikationen für Wettbewerbspolitik und Regulierung, März 2011
- Nr. 353: Christine Müller:
New regulatory approaches towards investments: a revision of international experiences, IRIN working paper for working package: Advancing incentive regulation with respect to smart grids, April 2011
- Nr. 354: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Thiele:
Elektronische Zustellung: Produkte, Geschäftsmodelle und Rückwirkungen auf den Briefmarkt, Juni 2011
- Nr. 355: Christin Gries, J. Scott Marcus:
Die Bedeutung von Bitstrom auf dem deutschen TK-Markt, Juni 2011
- Nr. 356: Kenneth R. Carter, Dieter Elixmann, J. Scott Marcus:
Unternehmensstrategische und regulatorische Aspekte von Kooperationen beim NGA-Breitbandausbau, Juni 2011

- Nr. 357: Marcus Stronzik:
Zusammenhang zwischen Anreizregulierung und Eigenkapitalverzinsung, IRIN Working Paper im Rahmen des Arbeitspakets: Smart Grid-gerechte Weiterentwicklung der Anreizregulierung, Juli 2011
- Nr. 358: Anna Maria Doose, Alessandro Monti, Ralf G. Schäfer:
Mittelfristige Marktpotenziale im Kontext der Nachfrage nach hochbitratigen Breitbandanschlüssen in Deutschland, September 2011
- Nr. 359: Stephan Jay, Karl-Heinz Neumann, Thomas Plückebaum
unter Mitarbeit von Konrad Zoz:
Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, Oktober 2011
- Nr. 360: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf:
Neue Verfahren für Frequenzauktionen: Konzeptionelle Ansätze und internationale Erfahrungen, November 2011
- Nr. 361: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Martin Zauner:
Qualitätsfaktoren in der Post-Entgeltregulierung, November 2011
- Nr. 362: Gernot Müller:
Die Bedeutung von Liberalisierungs- und Regulierungsstrategien für die Entwicklung des Eisenbahnpersonenfernverkehrs in Deutschland, Großbritannien und Schweden, Dezember 2011
- Nr. 363: Wolfgang Kiesewetter:
Die Empfehlungspraxis der EU-Kommission im Lichte einer zunehmenden Differenzierung nationaler Besonderheiten in den Wettbewerbsbedingungen unter besonderer Berücksichtigung der Relevante-Märkte-Empfehlung, Dezember 2011
- Nr. 364: Christine Müller, Andrea Schweinsberg:
Vom Smart Grid zum Smart Market – Chancen einer plattformbasierten Interaktion, Januar 2012
- Nr. 365: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm, Anne Stetter:
Analyse der Kabelbranche und ihrer Migrationsstrategien auf dem Weg in die NGA-Welt, Februar 2012
- Nr. 366: Dieter Elixmann, Christin-Isabel Gries, J. Scott Marcus:
Netzneutralität im Mobilfunk, März 2012
- Nr. 367: Nicole Angenendt, Christine Müller, Marcus Stronzik:
Elektromobilität in Europa: Ökonomische, rechtliche und regulatorische Behandlung von zu errichtender Infrastruktur im internationalen Vergleich, Juni 2012
- Nr. 368: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Thiele, Martin Zauner:
Kostenstandards in der Ex-Post-Preiskontrolle im Postmarkt, Juni 2012
- Nr. 369: Ulrich Stumpf, Stefano Lucidi:
Regulatorische Ansätze zur Vermeidung wettbewerbswidriger Wirkungen von Triple-Play-Produkten, Juni 2012
- Nr. 370: Matthias Wissner:
Marktmacht auf dem Primär- und Sekundär-Regelenergiemarkt, Juli 2012
- Nr. 371: Antonia Niederprüm, Sonja Thiele:
Prognosemodelle zur Nachfrage von Briefdienstleistungen, Dezember 2012
- Nr. 372: Thomas Plückebaum, Matthias Wissner:
Bandbreitenbedarf für Intelligente Stromnetze, 2013
- Nr. 373: Christine Müller, Andrea Schweinsberg:
Der Netzbetreiber an der Schnittstelle von Markt und Regulierung, 2013
- Nr. 374: Thomas Plückebaum:
VDSL Vectoring, Bonding und Phantoming: Technisches Konzept, marktliche und regulatorische Implikationen, Januar 2013
- Nr. 376: Christin-Isabel Gries, Imme Philbeck:
Marktentwicklungen im Bereich Content Delivery Networks, April 2013

ISSN 1865-8997