

# Wettbewerb und Kooperation im Content Delivery Markt

Felix Limbach  
Jochen Wulf  
Rüdiger Zarnekow  
Michael Düser

Veröffentlicht in:  
Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012  
Tagungsband der MKWI 2012  
Hrsg.: Dirk Christian Mattfeld; Susanne Robra-Bissantz



# Wettbewerb und Kooperation im Content Delivery Markt

**Felix Limbach, Jochen Wulf, Rüdiger Zarnekow**

TU Berlin, Fachgebiet Informations- und Kommunikationsmanagement, 10623 Berlin,  
E-Mail: vorname.nachname@tu-berlin.de

**Michael Düser**

Deutsche Telekom Laboratories, 10587 Berlin, E-Mail: michael.dueser@telekom.de

## Abstract

Durch neue bandbreitenintensive Dienste wird das Verkehrsvolumen im Internet in den nächsten Jahren stark wachsen. Von dieser Entwicklung profitieren vor allem Unternehmen, die sich auf die Verteilung von Daten und Diensten spezialisiert haben. Im Rahmen dieser Arbeit identifizieren und klassifizieren wir die kommerziellen Anbieter in diesem Markt nach ihren Geschäftsmodellen und untersuchen mit einer Längsschnittanalyse, die für den Geschäftserfolg wichtige Erreichbarkeit der Konsumenten. Unsere Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Peer-to-Peer-Technologie mit einer Einsparung von kostenintensiven Transitverbindungen einhergeht. Des Weiteren lässt sich im Markt ein allgemeiner Trend zu Kooperation beobachten.

## 1 Einleitung

Durch die weltweite Verbreitung von Breitbandzugängen, die Entwicklung von neuen Diensten und die zunehmende netzbasierte Bereitstellung von Inhalten, ist das Gesamtverkehrsvolumen im Internet in den letzten Jahren kontinuierlich stark gewachsen [14]. Content Delivery Networks (CDNs) haben zu dieser Entwicklung maßgeblich beigetragen. Denn CDNs sorgen für eine effiziente und korrekte Auslieferung von Inhalten, indem Daten auf einer Vielzahl von Web Servern repliziert werden, die in der Nähe des Konsumenten aufgestellt sind [3]. Durch diese Dienstleistung wird es möglich Qualitätsparameter, wie Latenzzeit, Jitter und Paketverlust für den Endkunden zu optimieren.

Während das von CDNs transportierte Datenvolumen kontinuierlich steigt, sehen sich die Marktteilnehmer zunehmend mit fallenden Einnahmen pro Datenvolumeneinheit konfrontiert. Diese Entwicklung ist vor allem durch die kontinuierliche Investition in immer leistungsfähigere Netzinfrastruktur, aber auch durch den Eintritt neuer Marktteilnehmer zu erklären [9]. Neben klassischen CDNs haben sich in den letzten Jahren weitere Anbieter für CDN-Dienstleistungen etabliert.

Daher sollen im nachfolgenden Abschnitt zunächst anhand der CDN-Wertschöpfungskette die aktuellen Geschäftsmodelle der verschiedenen Marktteilnehmer vorgestellt werden. Anschließend setzen wir die Geschäftsaktivitäten mit Netztopologieinformationen im Rahmen einer Längsschnittanalyse in Beziehung und leiten dann Implikationen für die zukünftige Marktentwicklung ab.

## 2 Anbietertypologie für den Content Delivery Markt

Die Aufgabe eines CDN-Anbieters ist es, die vom Endkunden angeforderten Inhalte, die durch einen Inhalteanbieter bereitgestellt werden, in einer definierten Qualität bereitzustellen. Im heutigen CDN-Markt lassen sich, gemäß einer im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Recherche, verschiedene Anbietertypen unterscheiden. Nachfolgend werden diese in Bezug auf ihr Geschäftsmodell und die Zahlungsflüsse in der Wertschöpfungskette genauer charakterisiert und anschließend in Bild 1 gegenübergestellt.

### 2.1 Datengrundlage der Anbieterklassifikation

Ausgangspunkt für die Identifikation der CDN-Anbieter ist ein CDN-Verzeichnis mit allen Anbietern von Videoauslieferungsdiensten [24]. Ein CDN-Anbieter wurde jedoch nur dann in unsere Auswertung übernommen, wenn eine Recherche auf der Unternehmenswebseite ergeben hat, dass ein CDN-Produkt explizit vermarktet wird. Außerdem wurden reine Wiederverkäufer von CDN-Dienstleistungen nicht als CDN-Anbieter erfasst. Auf diese Weise konnten wir für die weitere Analyse 25 kommerzielle Anbieter von CDN-Dienstleistungen identifizieren (vgl. Anhang). In einem zweiten Schritt wurden weitere Anbietereigenschaften recherchiert. So wurde zum Beispiel geprüft, ob für die Verteilung von Inhalten auch auf P2P-Technologie gesetzt wird und welches Geschäftsmodell der Anbieter verfolgt. Die von uns identifizierten Anbietereigenschaften konnten darüber hinaus teilweise durch Sekundärquellen verifiziert werden [12][24][6].

### 2.2 Klassische CDN-Anbieter

Als klassische CDN-Anbieter werden im Rahmen dieser Arbeit diejenigen Netzwerke bezeichnet, die sich im CDN-Markt auf die internationale Verbreitung und zentral bereitgestellten Inhalten konzentrieren. Ein wesentliches Merkmal der erfolgreichsten Anbieter dieses Typs ist eine große Zahl an Datenverbindungen zu Anbietern von Internet Zugängen, sogenannten Internet Service Providern (ISPs). Darüber hinaus ist die weltweite Präsenz von Server Clustern oder Datenzentren ein weiteres Merkmal von klassischen CDN-Anbietern [12]. Des Weiteren treten klassische Anbieter am Markt primär als CDN-Dienstleister für Inhalteanbieter auf. Sie nutzen eigene Vertriebsbüros und bieten laut Unternehmenswebseite keine White Label Produkte an. Die bekanntesten Vertreter dieses Typs sind Akamai und Limelight Networks. Weitere Anbieter finden sich im Anhang.

Klassische CDN-Anbieter erhalten für die Verbreitung von Inhalten eine finanzielle Kompensation von den Inhalteanbietern. Aufgrund von positiven Netzeffekten ist ein CDN als Dienstleister dabei umso attraktiver, je mehr Endkunden es über seine Verbindungen zu ISPs erreichen kann [10]. Der Datenaustausch zwischen ISP und CDN ist in der Regel kostenpflichtig [16].

### 2.3 Inhouse CDN-Anbieter

Als Inhouse CDN-Anbieter werden im Rahmen dieser Arbeit ISPs bezeichnet, die eine firmeneigene CDN-Infrastruktur in ihrem Netz betreiben. Das notwendige Wissen wird dabei entweder im Unternehmen aufgebaut oder von spezialisierten Unternehmen wie Velocix zugekauft [35][21]. Ein wichtiges Merkmal der meisten Inhouse CDN-Anbieter ist der Zugang zu einer großen Zahl an Kunden im Zugangsnetz, sowie teilweise ein gut ausgebautes Backbonenetz durch das Inhalteanbieter direkt angeschlossen werden können [37]. Inhouse CDNs wurden in den letzten Jahren vor allem durch ISPs angekündigt und entwickelt, die durch den Einstieg in das CDN-Geschäft die gesamte Wertschöpfungskette vom Inhalteanbieter bis zum Endkunden abdecken wollen, um so ihre Abhängigkeit von traditionellen CDNs zu reduzieren [20]. Die Kontrolle über das Zugangsnetz stellt für Inhouse CDN-Anbieter einen strategischen Vorteil gegenüber klassischen CDN-Anbietern dar, weil sie Datenanfragen so steuern können, dass wichtige Qualitätsparameter der Datenübertragung signifikant verbessert werden [19]. Durch diese Steuerungsmöglichkeiten können ISPs der Gefahr entgegenwirken in einer sich ändernden Internettopologie zu einem reinen Anbieter von Datenleitungen für sehr große Inhalteanbieter wie Google und klassische CDNs zu werden [14]. Bekannte Vertreter dieses CDN-Typs sind Unternehmen, wie AT&T, Verizon und British Telekom.

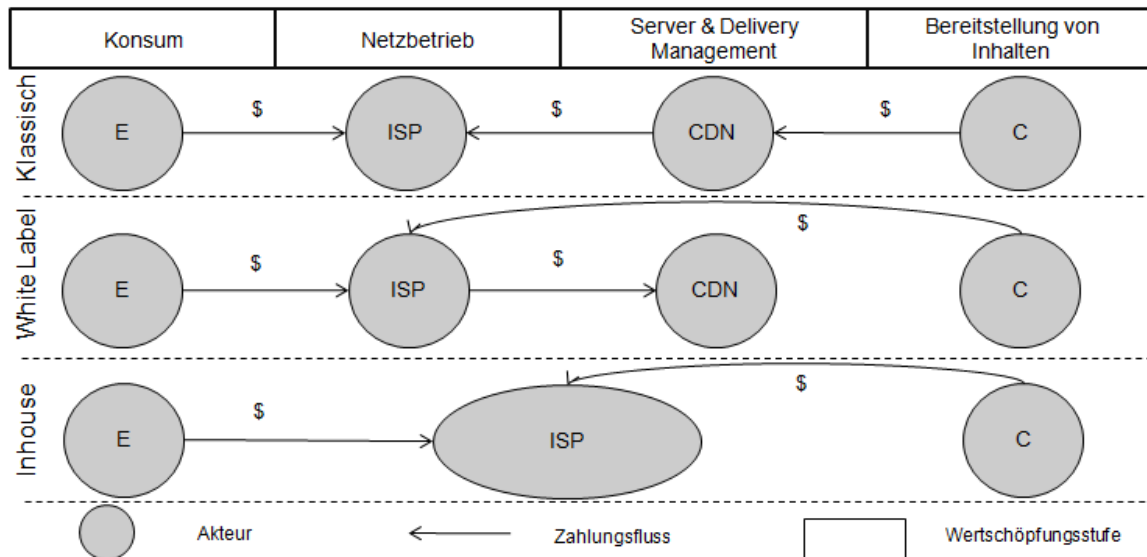
Inhouse CDN-Anbieter richten sich mit ihrem Angebot primär an diejenigen Inhalteanbieter, für deren Geschäftserfolg eine positive Wahrnehmung der Datenqualität von großer Bedeutung ist. So werden beispielsweise die Inhalte des amerikanischen Sportsender ESPN3 direkt über das Zugangsnetz von Verizon zum Endkunden transportiert [36]. In der CDN-Wertschöpfungskette übernimmt der ISP daher sowohl den Netzbetrieb als auch das Server- & Delivery-Management.

### 2.4 White Label CDNs

Neben klassischen CDN-Anbietern und Inhouse CDNs existieren CDN-Anbieter, die ihre Technologie als White Label Produkt für ISPs anbieten. Im Rahmen dieser Arbeit werden diejenigen CDNs als White Label CDN bezeichnet, die auf ihrer Webseite aktiv ein CDN White Label Produkt vermarkten. Aus Sicht der Ressourcentheorie liegt hier eine Kooperation vor, bei der beide Partner komplementäre, knappe Ressourcen in die Partnerschaft einbringen, um ihre Marktposition zu verbessern [18][31]. So bringt der CDN-Anbieter das Wissen über die effiziente und qualitativ hochwertige Verteilung von Inhalten in die Zusammenarbeit ein, während der ISP sein Vertriebsnetz zur Verfügung stellt. Während der White Label CDN sein Produkt mit geringen Vertriebskosten vermarkten kann, können ISPs ihre Produktpalette erweitern und Erfahrung im Umgang mit Inhalteanbietern sammeln, bevor der Markt durch die Verbreitung von neuen Technologien, wie Cloud Dienstleistungen besonders attraktiv wird [23].

Analog zur Aufgabenverteilung von klassischen CDN-Anbietern ist ein White Label CDN für das Server- & Delivery-Management im Rahmen der Inhalteverbreitung zuständig, während sich der ISP auf das Netzmanagement und den Vertrieb der CDN-Dienstleistung an Inhalteanbieter konzentriert.

In Bild 1 fassen wir die zuvor beschriebenen kommerziellen CDN-Geschäftsmodelle zusammen. Dabei bezeichnet (E) den Endkonsument von Inhalten und (C) den Inhalteanbieter.



**Bild 1:** Vereinfachte Darstellung kommerzieller CDN-Geschäftsmodelle

## 2.5 Hybride und proprietäre CDN-Lösungen

In einer Reihe von Veröffentlichungen konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Peer-to-Peer (P2P) Technologie in Verbindung mit einer CDN-Infrastruktur Einsparungen und teilweise auch Qualitätsverbesserungen in der Datenübertragung möglich sind [39][40][9]. Durch den Einsatz von hybriden CDN-P2P Lösungen können CDN-Anbieter wie Akamai und Limelight beispielsweise ihre Kosten bei Video-on-demand-Diensten um mehr als 2/3 reduzieren [12]. Die notwendige P2P-Funktionalität wird bei hybriden CDNs durch Software, wie zum Beispiel den Adobe Flash-Player bereitgestellt [1].

Das CDN von Google stellt in der CDN-Wertschöpfungskette eine Besonderheit dar. Denn im Gegensatz zu anderen Inhaltenanbietern betreibt Google Server & Delivery Management, um Inhalte ohne Zahlungen an CDNs direkt im Netz von ISPs zu terminieren [13]. Da es sich bei diesem CDN um eine proprietäre Lösung handelt, die nicht an andere Unternehmen verkauft wird, wird das CDN von Google in der Marktübersicht zunächst nicht berücksichtigt.

## 2.6 Forschungsfragen

Neben Geschäftsbeziehungen zu Inhaltenanbietern ist die Erreichbarkeit der Endkunden für den Geschäftserfolg eines CDN von zentraler Bedeutung [37][25][11]. Daher nutzen wir im Rahmen dieser Arbeit Informationen über Zusammenschaltungen von CDNs mit anderen Netzwerken im Internet, um Aussagen über die Netztopologieentwicklung verschiedener Anbietertypen zu treffen. In diesem Zusammenhang sollen folgende Forschungsfragen untersucht werden:

1. Können CDNs durch den Einsatz von P2P-Technologie die Zahl der kostenpflichtigen Verbindungen im Terminierungsnetzwerk reduzieren?
2. Wie unterscheiden sich CDN-Anbieter mit unterschiedlichen Geschäftsmodellen in Bezug auf das für den Geschäftserfolg wichtige Terminierungsnetzwerk?
3. Sind Kooperationen zwischen mehreren CDNs mit kleineren Netzwerken eine geeignete Möglichkeit, um das Terminierungsnetzwerk zu vergrößern?

Die Beantwortung dieser Fragen ermöglicht Erkenntnisse über einen Markt, in dem die meisten Unternehmen ihre Einnahmen aus CDN-Dienstleistungen nicht direkt ausweisen und in dem von den Marktteilnehmern regelmäßig neue Strategien angekündigt werden [21][23][24][26], deren Erfolg sich nur schwer überprüfen lässt [25].

### **3 Längsschnittanalyse des CDN Marktes**

#### **3.1 Untersuchungsmethodik**

Für die folgende Auswertung nutzen wir die Methodik der Längsschnittanalyse. Dabei werden jährliche erhobene Netztopologiedaten für verschiedene CDN-Anbietertypen über einen Zeitraum von fünf Jahren gegenübergestellt. Bei der Analyse unterstellen wir positive direkte Netzwerkeffekte zwischen Inhaltenanbietern und Inhaltekonsumenten, sowie die Gültigkeit der Theorie zu zweiseitigen Märkten, nach der ein Plattformanbieter umso attraktiver für Kunden auf einer Seite der Plattform ist, je mehr Kunden der anderen Seite angeschlossen sind [29][11]. Ziel unserer Längsschnittanalyse ist es daher, Aussagen über die Veränderung der Attraktivität der Netztopologie verschiedener CDN-Anbietertypen aus Sicht von Inhaltenanbietern zu treffen.

Grundsätzlich können CDNs die Netztopologie mit Hilfe von Peering- und Transitverbindungen gestalten. Unter Peerings versteht man bilaterale Vereinbarungen zwischen Unternehmen, die direkte Zusammenschaltungen unterhalten, über die sie ausschließlich den Verkehr ihrer eigenen Kunden austauschen [8]. Häufig findet der Datenaustausch über Peeringverbindungen ohne gegenseitige Zahlungen statt. Im Gegensatz dazu zahlt ein CDN für die Terminierung von Daten über Transitverbindung an den Transitanbieter [30]. Transitverbindungen stellen eine schnelle Möglichkeit da, weltweit viele Endkunden zu erreichen. Nachfolgend bezeichnen wir die Summe der Transit- und Peeringverbindungen eines Netzwerkes als das Terminierungsnetzwerk eines CDNs.

#### **3.2 Datengrundlage der Längsschnittanalyse**

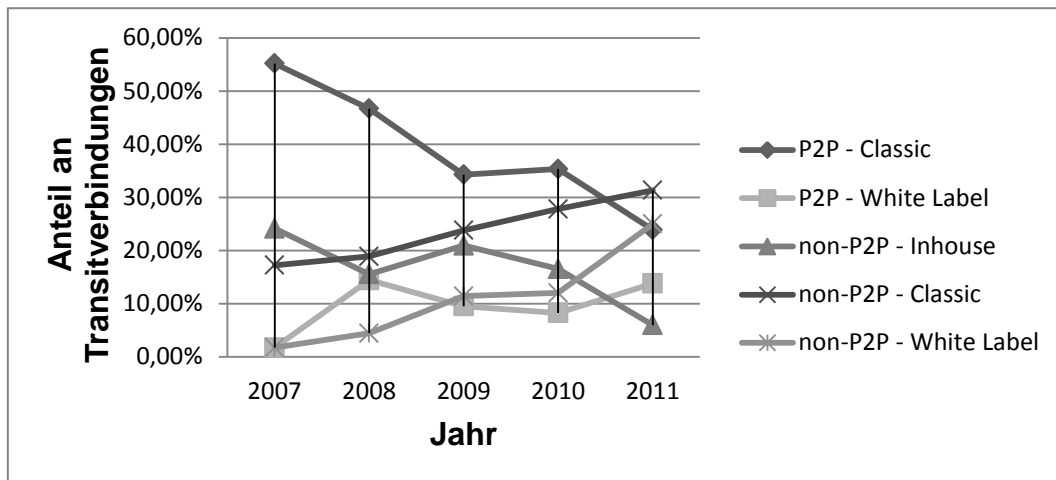
Datengrundlage der Längsschnittanalyse des CDN-Marktes ist der AS-Relationship Datensatz, welcher durch die Forschungseinrichtung CAIDA bereitgestellt wird [32]. Der Datensatz basiert auf der Auswertung von öffentlich zugänglichen Routingprotokollen, die mit einem von [7] vorgestellten Algorithmus Transit-, Kunden- und Peeringbeziehungen zwischen Netzwerken ermittelt. In einer Überprüfung der Daten konnte gezeigt werden, dass mithilfe des Algorithmus 96,5 % der Transit-, Kunden- und 82,8 % der Peeringbeziehungen korrekt bestimmt werden [5].

Durch die Verwendung der CAIDA-Daten akzeptieren wir die Einschränkung, dass Peeringverbindungen in nicht öffentlichen Netzen bei der nachfolgenden Betrachtung nicht berücksichtigt werden. Des Weiteren lassen sich bezahlte und unbezahlte Peerings aufgrund von ähnlichen Routingeigenschaften nicht unterscheiden [5].

#### **3.3 Längsschnittanalyse für den aktuellen CDN-Markt**

In den Jahren 2007 bis 2010 sind die Umsätze im CDN-Markt jährlich im Durchschnitt um 22% gestiegen [33]. Im Zuge dieses Marktwachstums haben gemäß unserer Auswertung auch alle CDN-Anbietertypen die Zahl ihrer Transitverbindungen erhöht. Das Bild 2 zeigt, wie sich die Gesamtzahl der Transitverbindungen der CDN-Anbieter (100%) auf die verschiedenen Gruppen

von Anbieter verteilt. Wie dem Bild 2 zu entnehmen ist, haben die Anbietergruppen ihre Terminierungsverbindungen in Abhängigkeit des Typs und der benutzten CDN-Technologie mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausgebaut.



**Bild 2: Entwicklung des Transitanteils nach Anbietertyp und Technologie**

So hat zum Beispiel die Gruppe der klassischen CDN-Anbieter, die auch P2P-Technologie für die Inhalteverbreitung nutzen, den Anteil der Transitverbindungen im Vergleich zu anderen Anbietertypen reduziert. Besonders auffällig ist die Tatsache, dass klassische CDN-Anbieter, die keine hybride P2P-CDN Lösung nutzen, in der gleichen Zeit den Anteil ihrer Transitverbindungen vergrößert haben. Die Gruppe der White Label CDNs hat ihren Anteil unabhängig von der genutzten Technologie erhöht, während der Anteil der Transitverbindungen von Inhouse CDNs seit dem Jahr 2009 zurückgegangen ist. Aufgrund des Datenerhebungsverfahrens von CAIDA lässt sich der Auf- und Abbau von Transitverbindungen mit einer hohen Genauigkeit beobachten [32]. Eine Betrachtung der Entwicklung von Transitverbindungen befasst sich allerdings nur mit einem Teil des gesamten Terminierungsnetzwerks eines CDN. Denn besonders für die Terminierung von großen Datenmengen ist es für CDN-Anbieter oft ökonomisch günstiger Peerings zu vereinbaren [30][16]. Daher zeigen wir in Bild 3, wie sich die Gesamtzahl der Terminierungsverbindungen der untersuchten CDNs auf die drei Anbietertypen verteilt. Aus Bild 3 geht hervor, dass die Summe der Terminierungsverbindungen von klassischen CDN-Anbietern und Inhouse CDNs größer ist, als die Summe der Terminierungsverbindungen von White Label CDNs. Des Weiteren haben die klassischen CDNs das Terminierungsnetzwerk in den letzten Jahren weiter ausgebaut, sodass der Anteil der Inhouse CDNs an den Gesamtterminierungsverbindungen zurück geht. Peerings lassen sich mit CAIDA-Daten allerdings nur teilweise untersuchen, da für eine genaue Erfassung Messpunkte in jedem untersuchten Netzwerk integriert werden müssten [32]. Für das Jahr 2011 haben wir deshalb eine weitere Auswertung der Terminierungsverbindungen auf der Grundlage von Renesys-Daten durchgeführt. Das Unternehmen Renesys verfügt über Messpunkte in den meisten CDNs, die Daten können mit einem regulären Zugang allerdings nicht im Zeitverlauf ausgewertet werden [28]. Der auf Renesys-Daten basierenden Tabelle 1 lässt sich entnehmen, dass die mittlere Zahl der Terminierungsverbindungen bei klassischen CDNs mehr als doppelt so groß ist wie bei Inhouse CDNs. Des Weiteren ist die Standardabweichung von klassischen CDNs zwei- beziehungsweise dreimal so groß, wie die Standardabweichung von White Label CDNs und Inhouse CDNs.

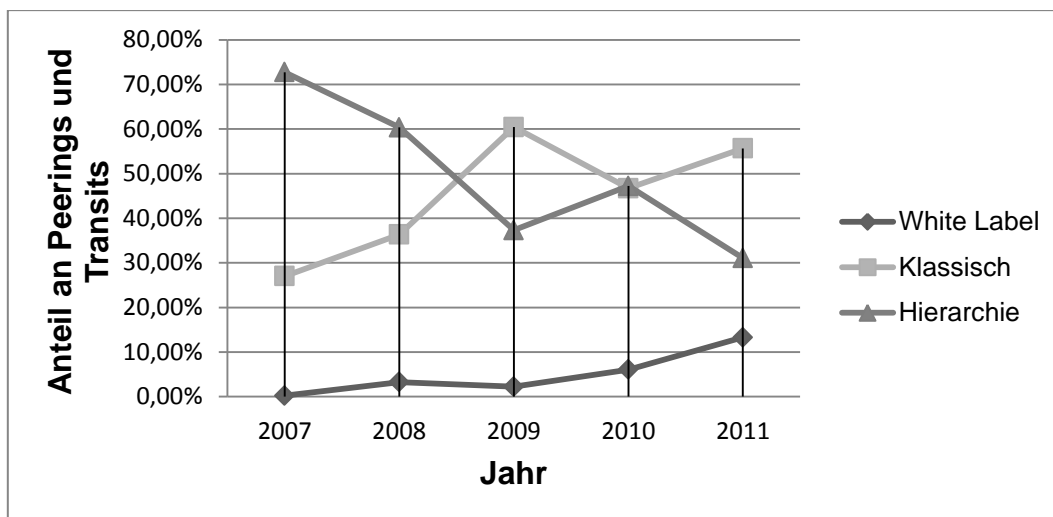


Bild 3: Entwicklung des öffentlich messbaren Terminierungsnetzwerks von CDN-Anbietern

Anbietertyp	Klassisch	Inhouse	White Label
Anzahl der Anbieter	12	9	4
Durchschnittliche Zahl an Terminierungsverbindungen pro Anbieter	145.61	61.62	91.66
Standardabweichung der Terminierungsverbindungen	234.52	86.42	103.17

Tabelle 1: Analyse des öffentlichen und privaten Terminierungsnetzwerks für 2011

### 3.4 Mögliche Auswirkung einer CDN ISP-Kooperation

Gemäß des formalen Modells von Hau und Brenner haben ISPs im CDN-Geschäft eine große Marktmacht, weil klassische CDNs und White Label CDNs auf den Zugang zum Endkunden angewiesen sind [11]. Bis zum Jahr 2010 befand sich jedoch kein Inhouse CDN unter den zehn umsatzstärksten CDNs [33]. Experten gehen davon aus, dass dies hauptsächlich auf das meist zu kleine Terminierungsnetzwerk zurückzuführen ist, und verweisen auf die Ankündigung von ISPs CDN-Kooperation aufzubauen [25]. Laut einer im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Schnittmengenanalyse mit CAIDA-Daten könnte ein CDN-ISP-Kooperation bestehend aus heutigen Inhouse CDNs und ISP die bereits CDN-Aktivitäten angekündigt haben, 83,3 % des Terminierungsnetzwerks des heutigen CDN-Marktführers Akamai abdecken. Selbst KPN, als das Inhouse CDN mit dem größten Terminierungsnetzwerk kann hingegen nur 51 % des heutigen Terminierungsnetzwerks von Akamai abdecken.

## 4 Interpretation

Unsere empirischen Auswertungen deuten auf die Existenz mehrerer aktueller Trends im CDN-Markt. So konnten wir zeigen, dass klassische CDNs, die für die Inhalteverteilung auch auf P2P-Technologie setzten, ihren Anteil an Transitverbindungen im Vergleich zu anderen Anbietertypen in den letzten Jahren reduziert haben. Bisher konnte ausschließlich im Rahmen von Simulationen und analytischen Modellen für einzelne Unternehmen und Dienste gezeigt werden, dass Einsparungen durch den Einsatz von hybrider P2P-CDN-Technologie möglich sind



[39][12][40][9]. Gemäß Bild 1 gehen ISPs Einnahmen von klassischen CDNs verloren, wenn diese die Zahl der kostenpflichtigen Terminierungsverbindungen reduzieren. Aus der Sicht von ISPs ist es daher notwendig Maßnahmen zu ergreifen, um dem Verlust an Einnahmen entgegenzuwirken.

Ein weiterer Trend im CDN-Markt ist die wachsende Bedeutung von White Label CDNs. ISPs ohne eigenes CDN haben in den letzten Jahren ihren Einstieg in das CDN-Geschäft angekündigt und im Rahmen von Kooperationen mit White Label CDNs erste Erfahrungen auf dem Markt gesammelt [23]. Im Gegensatz dazu ist der Anteil an der Gesamtzahl der Terminierungsverbindungen von Inhouse CDNs in den letzten Jahren gesunken, trotz zahlreicher Ankündigungen im Markt stärkere Präsenz zu zeigen [20][21]. Unsere Auswertungen deuten darauf hin, dass dies an einem für eine Netzwerkindustrie durchschnittlich zu kleinen Terminierungsnetzwerk liegen kann. Daher ist eine ISP-Kooperation mit dem Ziel das Terminierungsnetzwerk zu vergrößern gemäß unserer Auswertungen ein möglicher Schritt für ISPs, um die Einnahmen aus den eigenen CDN-Aktivitäten zu erhöhen. Da auch klassische CDN-Anbieter heute ihre Technologie den ISPs gegen Lizenzgebühren anbieten, lässt sich für den gesamten CDN-Markt ein Trend zur Kooperation ableiten [26].

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit haben wir eine Typologie für CDN-Netzwerke sowie verschiedene Ausprägungen der CDN-Wertschöpfungskette vorgestellt. Durch eine Längsschnittanalyse wurde anschließend die Entwicklung des für den Geschäftserfolg wichtigen Terminierungsnetzwerks für verschiedene CDN-Typen analysiert. Auf der Grundlage der Auswertung leiten wir den Aufbau von Kooperationen als Handlungsempfehlung für die Verbesserung der Wettbewerbsposition von ISPs im CDN-Markt ab. Des Weiteren zeigen wir empirisch, dass hybride P2P-CDN-Technologie CDNs Einsparung bei kostenintensiven Transitverbindungen ermöglicht. ISP-Transitprovider sollten daher in der Transitpreisgestaltung die verstärkte Nutzung des ISP-Zugangsnetzwerkes berücksichtigen.

Einschränkungen für die Verallgemeinerung unserer Ergebnisse ergeben sich vor allem durch die Nutzung von CAIDA-Daten. Denn bereits der Vergleich von Tabelle 1 und Bild 3 zeigt, dass klassische CDNs einen Großteil der Verbindungen über private Peerings organisieren, die bei den Längsschnittanalysen nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus bleibt die Terminierungsqualität als Erfolgsfaktor im CDN-Geschäftsmodell bei der hier durchgeführten Analyse zunächst unberücksichtigt. Diese sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Des Weiteren sollten weitere Arbeiten die Bedeutung des proprietären CDNs von Google untersuchen.

## 6 Literatur

- [1] Adobe Labs (2011): Cirrus: Use RTMFP for developing real-time collaboration applications. <http://labs.adobe.com/technologies/cirrus/>. Abgerufen am 21.12.2011.
- [2] Bonneau, V (2008): Introduction on CDN P2P Cloud Computing. <http://www.bloobble.com/broadband-presentations/presentations?itemid=1701>. Abgerufen am 05.09.2011.
- [3] Buyya R; Pathan M; Vakali A (2008): Content Delivery Networks, Springer.
- [4] Dhamdhere, A.; Dovrolis, C.; Francois, P. (2010): A value-based framework for internet peering agreements. Teletraffic Congress (ITC), 2010 22nd International. In: Teletraffic Congress (ITC), S. 1-8.
- [5] Dimitropoulos, X; Krioukov, D; Fomenkov, M; Huffaker, B; Hyung, Y; Claffy, KC; Riley, G (2007): AS relationships: inference and validation. SIGCOMM Computer Communication Review 37(1): 29-40.
- [6] Frost & Sullivan (2008): World video content delivery networks market. Frost & Sullivan Market Engineering Report.
- [7] Gao L (2001): On Inferring Autonomous System Relationships in the Internet, IEEE/ACM Transactions on Networking, December 2001.
- [8] Giovannetti, E; Neuhoff, K; Spagnolo G (2005): Agglomeration in Internet. Co-operation Peering Agreements, CWPE 0505, University of Cambridge.
- [9] Ha, I; Wildman, SS; Bauer, JM (2010): P2P, CDNs and Hybrid Networks: The Economics of Internet Video Distribution. Distribution International Telecommunications Policy Review 17(4): 1-22.
- [10] Hau T; Brenner W (2009): Price Setting in Two-Sided Markets for Internet Connectivity. In: Proceedings of the 6th International Workshop on Internet Charging and Qos Technologies: Network Economics for Next Generation Networks. Aachen, Germany: Springer-Verlag, S. 61-71.
- [11] Hau, T; Brenner, W (2010): Vertical Platform Interaction on the Internet: How ISPs and CDNs Interact. In: ECIS 2010 Proceedings.
- [12] Huang, C; Wang, Angela; Li, Jin; Ross KW (2008): Understanding hybrid CDN-P2P: Why limelight needs its own Red Swoosh. In: Proceedings of the 18th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video. Braunschweig. ACM, S.75-80.
- [13] Krishnan, R; Madhyastha, HV; Srinivasan, S; Jain, S; Krishnamurthy, A; Anderson, T; Gao, J (2009): Moving beyond end-to-end path information to optimize CDN performance. In: Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference. Chicago. ACM, S. 190-201.
- [14] Labovitz, C; Lekel-Johnson, S; McPherson, D; Oberheide, J; Jahanian, F (2010): Internet inter-domain traffic. In: SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 40(4):75-86.
- [15] Miller, R (2008): Velocix launches live streaming P2P CDN. <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2008/03/26/velocix-launches-live-streaming-p2p-cdn/>. Abgerufen am 02.09.2011.

- [16] Norton, WB (2002): A Business Case for ISP Peering. [http://drpeering.net/AskDrPeering/blog/articles/Internet\\_Peering\\_White\\_Papers\\_files/A%20Business%20Case%20for%20Peering%201.4.pdf](http://drpeering.net/AskDrPeering/blog/articles/Internet_Peering_White_Papers_files/A%20Business%20Case%20for%20Peering%201.4.pdf). Abgerufen am 06.09.2011.
- [17] Pathan, M; Buyya, R; Vakali, A (2008): Content Delivery Networks: State of the Art, Insights, and Imperatives. Springer Berlin, Heidelberg.
- [18] Pfeffer, J; Salancik, GR (1978): The external control of organizations. A resource dependence perspective. Harper and Row, New York.
- [19] Poese, I; Frank, B; Ager, B; Smaragdakis, G; Feldmann, A (2010): Improving content delivery using provider-aided distance information. In: Proceedings of the 10th annual conference on Internet measurement. Melbourne. ACM, S. 22–34.
- [20] Rayburn, D (2008): AT&T Building Out CDN, Preparing To Push Into The Market. [http://blog.streamingmedia.com/the\\_business\\_of\\_online\\_vi/2008/05/att-building-ou.html](http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2008/05/att-building-ou.html). Abgerufen am 05.09.2011.
- [21] Rayburn, D (2009a): More ISPs Not Letting CDN Place Servers Inside Their Network, Doing It Themselves. [http://blog.streamingmedia.com/the\\_business\\_of\\_online\\_vi/2009/04/more-isps-not-letting-cdn-place-servers-inside-their-network-doing-it-themselves.html](http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2009/04/more-isps-not-letting-cdn-place-servers-inside-their-network-doing-it-themselves.html). Abgerufen am 01.09.2011.
- [22] Rayburn, D (2009b): Akamai and Limelight to deploy P2P for higher Quality, not cost savings. [http://blog.streamingmedia.com/the\\_business\\_of\\_online\\_vi/2009/07/akamai-limelight-to-deploy-p2p-for-higher-quality-not-cost-savings.html](http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2009/07/akamai-limelight-to-deploy-p2p-for-higher-quality-not-cost-savings.html). Abgerufen am 07.09.2011.
- [23] Rayburn, D (2009c): Deutsche Telekom enters the CDN Market, Partners with Edge-Cast. [http://blog.streamingmedia.com/the\\_business\\_of\\_online\\_vi/2009/01/edgecast.html](http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2009/01/edgecast.html). Abgerufen am 02.09.2011.
- [24] Rayburn, D (2011a): Updated List of Vendors In The Content Delivery Ecosystem. <http://www.cdnlist.com>. Abgerufen am 07.09.2011.
- [25] Rayburn, D (2011b): Telcos And Carriers Forming New Federated CDN Group Called OCX (Operator Carrier Exchange). [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](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). Abgerufen am 01.09.2011.
- [26] Rayburn, D (2011c): Akamai Developing A Licensed CDN Offering For Telcos and Carriers. [http://blog.streamingmedia.com/the\\_business\\_of\\_online\\_vi/2011/06/akamai-looking-to-develop-a-licensed-cdn-offering-for-telcos-and-carriers.html](http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2011/06/akamai-looking-to-develop-a-licensed-cdn-offering-for-telcos-and-carriers.html).
- [27] Reichl, P; Stiller, B; Tuffin, B (2009): Network Economics for Next Generation Networks. Springer Berlin, Heidelberg.
- [28] Renesys (2011): Enabling Real Time Intelligence and Insight into Internet Operations. [http://www.renesys.com/products\\_services/index.shtml](http://www.renesys.com/products_services/index.shtml). Abgerufen am 08.09.2011.
- [29] Rochet, JC; Tirole, J (2006): Two-sided markets: A progress report. The RAND Journal of Economics 37(3):645-667.
- [30] Shakkottai, S; Srikant, R (2006): Economics of network pricing with multiple ISPs. IEEE/ACM Transactions on Networking 14(6):1233-1245.

- [31] Sheppard, JP (1995): A Resource Dependence Approach to Organizational Failure. *Social Science Research* 24(1):28-62.
- [32] The CAIDA AS Relationships Dataset (2011), 2007-2011. <http://www.caida.org/data/active/as-relationships/>. Abgerufen am 07.09.2011.
- [33] Tier1Research (2010): Content Delivery Networks Market Overview: Fall 2010. [https://store.tier1research.com/product\\_info.php/products\\_id/127](https://store.tier1research.com/product_info.php/products_id/127). Abgerufen am 02.09.2011.
- [34] Vakali, A.; Pallis, G (2003): Content delivery networks: status and trends. *Internet Computing*. IEEE 7(6): 68-74.
- [35] Velocix (2011): New Generation Content Delivery Network. <http://www.velocix.com>. Abgerufen am 06.09.2011.
- [36] Wilner, H (2010): Want ESPN3? No Problem If You're a Verizon Broadband Customer. <http://businessforums.verizon.net/t5/Verizon-at-Home/Want-ESPN3-No-Problem-If-You-re-a-Verizon-Broadband-Customer/ba-p/209752>. Abgerufen am 08.09.2011.
- [37] Wulf, J; Zarnekow, R; Düser, M (2010a): Analysis of future telecommunication business models using a business model ontology. In: *Telecommunications Internet and Media Techno Economics (CTTE)*. S. 1-7.
- [38] Wulf, J; Zarnekow, R; Hau, T; Brenner, W (2010b): Carrier activities in the CDN market - An exploratory analysis and strategic implications. *Intelligence in Next Generation Networks (ICIN)*. In: *Intelligence in Next Generation Networks (ICIN)*, 2010. S.1-6.
- [39] Xu, D; Kulkarni, S; Rosenberg, C; Chai, HK (2006): Analysis of a CDN-P2P hybrid architecture for cost-effective streaming media distribution. *Multimedia Systems* 11(4): 383-399.
- [40] Yin, H; Liu, X; Zhan, T; Sekar, V; Qiu, F; Lin, C et al. (2009): Design and deployment of a hybrid CDN-P2P system for live video streaming: experiences with LiveSky. In: *Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia*. Peking. ACM, S.25-34.

## 7 Anhang

### CDN-Anbieter Klassifikation

Name	Business Model	P2P	Quelle	Anzahl der Terminierungsverbindungen [32]
Akamai Technologies	Klassisch	P2P	[25]	72
Amazon.com	Klassisch	non-P2P		34
AT&T	Inhouse	non-P2P		21
BitGravity, Inc.	Klassisch	non-P2P		46
BT	Inhouse	non-P2P		31
CacheFly	Klassisch	non-P2P		28
ChinaCache Network	Klassisch	non-P2P		22
Cotendo	Klassisch	non-P2P		13
EdgeCast Networks, Inc.	White Label	non-P2P		67
Fastweb	Klassisch	non-P2P		37
Highwinds Network Group, Inc	Klassisch	non-P2P		53
Internap	White Label	P2P	[19]	45
KPN	Inhouse	non-P2P		77
Level 3 Communications, LLC	Klassisch	non-P2P		17
Limelight Networks	Klassisch	P2P	[25]	57
Mirror image internet	White Label	non-P2P		1
NTT Communications (Global)	Inhouse	non-P2P		39
Orange France	Inhouse	non-P2P		2
PCCW Global	Inhouse	non-P2P		37
Savvis	Klassisch	non-P2P		24
TeliaSonera	Inhouse	P2P	[1]	26
Telstra International (PSINet UK)	Inhouse	non-P2P		34
Velocix	White Label	P2P	[13]	1
Verizon Business - EMEA	Inhouse	P2P	[19]	26
Voxel dot Net, Inc.	Klassisch	non-P2P		49

### Schnittmengenanalyse mit CAIDA-Daten

Folgende Netzwerke haben die Entwicklung eigener CDNs angekündigt:

Name	Business Model	Quelle	Anzahl der Terminierungsverbindungen [32]
Bell Canada	ISP	[25]	52
Deutsche Telekom	ISP	[25]	33
France Telecom	ISP	[25]	28
Telecom Italia	ISP	[25]	38
Telefonica	ISP	[25]	47
<b>Schnittmengenanalyse</b>	Akamai	KPN	ISP-Koalition (ISPs & Inhouse CDNs)
Akamai	72	37	60
KPN	-	77	63
ISP-Koalition	-	-	491