

# Die Zukunft des Internets

---

*Innovationen und Investitionen  
bei der IP-Zusammenschaltung*

Mai 2014

**Arthur D Little**



LIBERTY GLOBAL

# Inhalt

---

Vorwort	3
Zentrale Aussagen	5
Zusammenfassung	7
<b>1. Das Internet ist vital und ständig im Wandel</b>	<b>13</b>
1.1. Mittlerweile entscheidet das Internet über den kommerziellen Erfolg und verlangt nach einer hochwertigen Bereitstellung	13
1.2. Die IP-Zusammenschaltung entwickelt sich weiter und folgt der Evolution des Internets	18
1.3. Vorstellung der Akteure bei der IP-Zusammenschaltung	21
1.4. Beschreibung der Geschäftsmodelle im Bereich der IP-Zusammenschaltung	23
<b>2. Bislang hat sich die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung gut angepasst</b>	<b>34</b>
2.1. Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie Internetanbieter am Zielort geben das Innovationstempo im Bereich der IP-Zusammenschaltung vor	34
2.2. Inhalte- und Anwendungsanbieter im Internet suchen nach Qualitätskontrolle	36
2.3. Formierung einer neuen Kraft: Ankunft der globalen Inhalte- und Anwendungsanbieter im Internet	39
2.4. Investitionsstrategien für die IP-Zusammenschaltung der Zukunft	40
2.5. Spannungen innerhalb der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung, die sich (bislang) jedoch schnell auflösen	42
<b>3. Revolutionäre Anwendungen der Zukunft fordern neue Bereitstellungsmerkmale</b>	<b>44</b>
3.1. Internet der Dinge und Internet der Menschen: Sind diese beiden der Motor für die Entwicklung des Internets der Zukunft?	44
3.2. Das Internet von heute steht für das "Best Effort" Prinzip und ist eine endliche (jedoch keine knappe) Ressource	47
3.3. Neue Anforderungen jenseits der Bandbreite zeichnen sich ab	53
3.4. Für die IP-Zusammenschaltung werden neue Geschäftsmodelle entwickelt	56
<b>4. Neue Geschäftsmodelle als Treiber für Innovation und Wertschöpfung</b>	<b>60</b>
4.1. Die zukünftigen Anwendungslandschaften könnten erhebliche wirtschaftliche Wertschöpfung generieren	60
4.2. Die Beschleunigung der zukünftigen Anwendungslandschaften verlangt nach einer garantierten Verbindung mit der optimal geeigneten Variante der Internetplattform	61
<b>5. Drei Prämissen leiten die Entwicklung der Internetplattform der Zukunft</b>	<b>64</b>
5.1. Die Internetplattform der Zukunft wird wie seit jeher durch organisches Wachstum auf der Grundlage unterschiedlicher Interessen der verschiedenen Akteure geprägt sein	64
5.2. Drei Grundannahmen haben das Potenzial die Internetplattform der Zukunft zu prägen	65
5.3. Es sind drei Optionen absehbar: Best-Effort 2.0, Dienste mit Qualitätsgarantie oder beide Welten	68
Glossar	72

# Vorwort

---

## Der Studiengegenstand: Das Internet und die IP-Zusammenschaltung

Weltweit ist die Zukunft des Internets ein viel diskutiertes Thema in der Öffentlichkeit und der Politik. Es wird danach gefragt, wie das sogenannte öffentliche „Best-Effort-Internet“ als „offene“ Plattform für Innovation und Wettbewerb erhalten werden kann. Auch steht die Frage im Raum, wie die volkswirtschaftliche und die gesellschaftliche Wertschöpfung mit nachhaltigen Investitionsrenditen in Einklang gebracht werden kann. Obwohl das Internet bislang außerordentlich erfolgreich war in organischer Weise adaptive, geschäftliche Netzwerkbeziehungen zu entwickeln, besteht Sorge, ob das Internet auch zukünftig den Endnutzern ein adäquates Nutzungserlebnis bieten kann. Diese Fähigkeit könnte durch den spektakulären Boom bei der Entwicklung des Datenverkehrs im Internet in den kommenden Jahren unter Druck geraten. Dieser wird zu einer nie da gewesenen Nachfrage nach einem zuverlässigen, allgegenwärtigen Internetzugang aufgrund der großen Inanspruchnahme bandbreitenintensiver Dienste und Anwendungen führen. Damit man sich diese Entwicklung besser vorstellen kann: Bis zum Jahr 2020 werden mehr als 50 Prozent der Weltbevölkerung im Internet sein. Das heißt, es wird einen Anstieg von 2,7 Mrd. Nutzern im Jahr 2014 auf 5,0 Mrd. Nutzer im Jahr 2020 geben. Bis zum Jahr 2025 wird das Internet der Dinge etwa 50 Mrd. angeschlossene Geräte umfassen. Bis zum Jahr 2030 werden schätzungsweise mehr als 50 Prozent des IP-Datenverkehrs auf den automatisierten Informationsaustausch zwischen Endgeräten (M2M) entfallen.

**Daher scheint die Frage berechtigt, ob das Internet mit dieser Entwicklung Schritt halten kann und wen oder was das Internet benötigt, damit es sich weiterentwickeln und sich an diese im Wandel begriffenen Rahmenbedingungen anpassen kann.**

Ein Teil der Antwort ist im Kapazitäts-, Qualitäts- und Datenverkehrsmanagement im Internetzugangnetz (ortsgebunden oder mobil), bzw. der sogenannten letzten Meile zu suchen, die im Eigentum des Internetzugangsanbieters steht, oder von diesem betrieben wird und über den Endnutzer auf das Internet zugreifen. Dieser Teil ist Gegenstand der Diskussionen über die Netzneutralität und betrifft vorrangig die dem Kunden zugewandte Seite des Internets.

Der andere Teil der Antwort verbirgt sich in einer gewissermaßen vorgelagerten Stufe des Internets. Hier verbinden sich die Internetzugangnetze (i) miteinander, (ii) mit groß angelegten Transportnetzen für den IP-Datenverkehr und Unterseekabeln, welche die Kontinente miteinander verbinden sowie (iii) mit Datenzentren für Inhalte- und Anwendungen überall auf dem Globus. Dieser Teil der „IP-Zusammenschaltung“ des Internets beruht allein auf Vorleistungsvereinbarungen, in denen die technischen und kaufmännischen Bedingungen festgelegt werden, zu denen der IP-Datenverkehr von der Ursprungspartei (beispielsweise einem Inhalte- und Anwendungsanbieter oder Internetanbieter) übermittelt wird. Dies erfolgt über mehrere, untereinander austauschbare Auslieferungsnetze von mehreren Anbietern für die Anbindung an das Internet (die häufig parallel eingesetzt werden) bis zu den Internetzugangnetzen der Internetanbieter am Zielort und umgekehrt.

Die IP-Zusammenschaltung ist und bleibt damit ein entscheidender Baustein für die Qualität und Funktionalität des Internets, so wie es sich letztlich für den Endnutzer darstellt und dies trotz des Umstandes, dass der Endnutzer selbst kein Partner der Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung ist. Die Modelle für die IP-Zusammenschaltung haben sich im Laufe der Zeit an die durch neuartige Anwendungen oder Technologien hervorgerufenen Veränderungen bei der Internetnutzung und den Verkehrsflüssen (beispielsweise der Wechsel bei der vorrangig digitalen Verbreitungstechnologie vom dezentralisierten Peer-to-Peer-Modell zum zentralisierten Streaming) angepasst. Auf diese Weise ermöglichten sie den Siegeszug der IP-basierten Übertragung von Inhalten. Entsprechend entscheidet das Ausmaß der Innovationsfähigkeit im Bereich IP-Zusammenschaltung auch in Zukunft über die Möglichkeiten der Weiterentwicklung des Internets als Plattform für zukünftige Anwendungen.

Deshalb haben die Entwicklungen im Bereich der IP-Zusammenschaltung einen Einfluss auf die übergeordneten Ziele im öffentlichen und politischen Diskurs zum Internet, der sich im Kern darum dreht, ein hochwertiges Nutzungserlebnis für die Endnutzer im öffentlichen Internet, bzw. dem „Best-Effort-Internet“, zu sichern.

Ziel des vorliegenden Berichtes ist es einen Teil der Komplexität im Bereich der IP-Zusammenschaltung aufzuarbeiten und die Haupttreiber für den Wandel bei der IP-Zusammenschaltung aufzuzeigen. Darin enthalten ist auch eine Analyse der Auswirkungen von Investitionen und Innovationen der Akteure im Bereich der IP-Zusammenschaltung auf die zukünftige Leistungsfähigkeit des öffentlichen Internets, das Nutzungserlebnis der Endnutzer, die Wettbewerbssituation und den Spielraum für die Entstehung neuer Internetanwendungen.

Hierzu beinhaltet die Studie zunächst eine Analyse der aktuellen Phase in der Evolution des Internets und der zugehörigen Trends bei der IP-Zusammenschaltung, in denen sich diese Entwicklung widerspiegelt. Dabei steht die Frage im Raum, ob die Akteure bei der IP-Zusammenschaltung in der Lage sein werden, im Bereich der Zusammenschaltung weiterhin innovative Geschäftsmodelle zu entwickeln und an der Wertschöpfungskette im Internet teilzuhaben. Schließlich enthält die Studie eine Analyse der Auswirkungen verschiedener Szenarien bei der IP-Zusammenschaltung auf die Zukunft des öffentlichen Best-Effort-Internets, die eng mit der Realisierung des Innovationspotenzials neuer Anwendungsszenarien, wie das Internet der Dinge und das Internet der Menschen, verbunden ist.

Mit den besten Grüßen

**Gregory Pankert**

Partner  
Practice TIME\*  
Arthur D. Little

**Andrea Faggiano**

Principal, Leiter von SASCAR\*\*  
Practice TIME\*  
Arthur D. Little

**Karim Taga**

Global Practice Head  
Practice TIME\*  
Arthur D. Little

\* TIME: Telekommunikation, Informationstechnologie, Medien und Elektronik

\*\*SASCAR: Strategic Advisory Services for Competition and Regulation

# Zentrale Aussagen

---

## Das Internet ist vital, wandelt sich ständig und hat sich zu einer neuen Medienplattform entwickelt

1. Das Internet hat eine Wandlung zu einer neuen Medienplattform vollzogen, da der Datenverkehr im Internet jetzt nicht mehr nur in der Übertragung von statischen Daten und Textdateien, sondern zunehmend im Streaming von interaktiven Medieninhalten besteht.
2. Für die Mehrzahl der Inhalte- und Anwendungsanbieter ist das Internet zu einem erfolgskritischen Faktor geworden. Schon geringfügige Störungen bei der Bereitstellungsqualität haben einen direkten Einfluss auf die Bereitschaft der Endnutzer und Werbungtreibenden für Onlinedienste zu bezahlen.
3. Die zukünftige Entwicklung des Internets als Medienplattform steht unter den Einflüssen einer zunehmenden globalen Konnektivität, der massenhaften Verbreitung intelligenter Geräte sowie von Medienstreamingdiensten, die für ausgesprochen hohe Datenverkehrsaufkommen, daneben aber auch für größere Ungleichgewichte bei der Verteilung des Datenverkehrs und variable Verkehrsflüsse sorgen.
4. Die IP-Zusammenschaltung ist und bleibt ein entscheidender Baustein für die Qualität und Funktionalität des Internets, die der Endnutzer erlebt. Und dies trotz des Umstandes, dass der Endnutzer selbst keine Partei der zwischen den Unternehmen geschlossenen Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung ist.

## Bislang hat sich die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung gut angepasst, wenn es darum ging die Wandlung des Internets zu unterstützen und sie bleibt auch weiterhin dynamisch und wettbewerbsfähig

5. Die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung konvergiert, aber sie bleibt dynamisch und wettbewerbsfähig. Die Ausbreitung von Netzwerken für die Übertragung von Inhalten, sogenannte Content Delivery Netzwerke (CDN) sowie von Internetknoten und das Sinken der Preise für IP-Transitleistungen und Netzwerkleistungen für die Inhaltsübertragung stellen die bestehenden Modelle für die Zusammenschaltung vor Herausforderungen und bereiten den Weg für neue Geschäftsmodelle.
6. Aus den frühen Tagen der IP-Transitleistungen und des Peerings ist eine Mischung tragfähiger Modelle für die Bereitstellung von Anwendungen und Inhalten erhalten geblieben, die allen Anbietern auch in Zukunft offenstehen werden.
7. Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie Internetanbieter (ISP) geben das Innovationstempo vor und beeinflussen die Innovationen bei der IP-Zusammenschaltung durch vertikale Integration und direkte Zusammenschaltung, wodurch reine Anbieter für die Internetanbindung als Vermittler ihre Alleinstellung einbüßen.
8. Veränderungen im Ökosystem bei der IP-Zusammenschaltung können zu Spannungen zwischen den Akteuren in diesem Bereich führen. Die Auseinandersetzungen betreffen jedoch weniger als ein Prozent aller Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung und werden in mehr als der Hälfte dieser Fälle auch ohne regulatorische Eingriffe beigelegt.
9. Von den bestehenden Auseinandersetzungen im Bereich der IP-Zusammenschaltung sind die Endnutzer weder substantiell noch strukturell betroffen.

## Die Anwendungen der Zukunft verlangen im Bereich der IP-Zusammenschaltung eine Weiterentwicklung zu gesicherten Qualitätsgarantien, was nicht ohne Folgen für das gegenwärtige Best-Effort-Internet bleiben wird

10. Die IP-Zusammenschaltung braucht Innovationen, um die Weiterentwicklung des Internets zu unterstützen und die Durchsetzung von Anwendungen der nächsten Generation (das Internet der Dinge, das Internet der Menschen) zu beschleunigen. Diese Anwendungen erfordern Qualitätsstandards für die IP-Zusammenschaltung (Latenz, Jitter, Paketverlust) erweitert um neue Parameter wie z. B. Sicherheit, Datenschutz.

11. Unter den innovativen Geschäftsmodellen für die IP-Zusammenschaltung finden sich Variationen des kostenpflichtigen Peerings, des Deep Caching, der garantierten Zustellung oder des abgesicherten Informationsaustausches zwischen Endgeräten. Sie könnten die Grundlage für eine zukünftige Internetplattform legen und zwar ausgehend von einer Internetplattform mit einer durchgehend abgesicherten End-to-end Servicequalität – als Ergänzung zum Best-Effort-Internet.
12. Das Best-Effort-Internet ist und wird zweifellos auch in Zukunft unverzichtbar sein. Die bisherigen Anzeichen sprechen dafür, dass es sich weiter verbessern wird und parallel zu komplementären Plattformen mit durchgängiger Servicequalität bestehen kann, wenn eine angemessene Überwachung vorhanden ist.
13. Private Investitionen in die IP-Zusammenschaltung haben zu strukturell verbesserten Bedingungen für die zukünftige Entwicklung des öffentlichen Internets geführt. Inhalte kommen näher zu den Endnutzern (durch direkte Zusammenschaltung und die lokale Zwischenspeicherung von Inhalten). Die Internetleistung wird durch die Übernahme neuer Anwendungstechnologien (z. B. adaptives Streaming) verbessert; parallel steigen die verfügbaren IP-Netzressourcen (z. B. höhere Kapazitäten auf der letzten Meile).

# Zusammenfassung

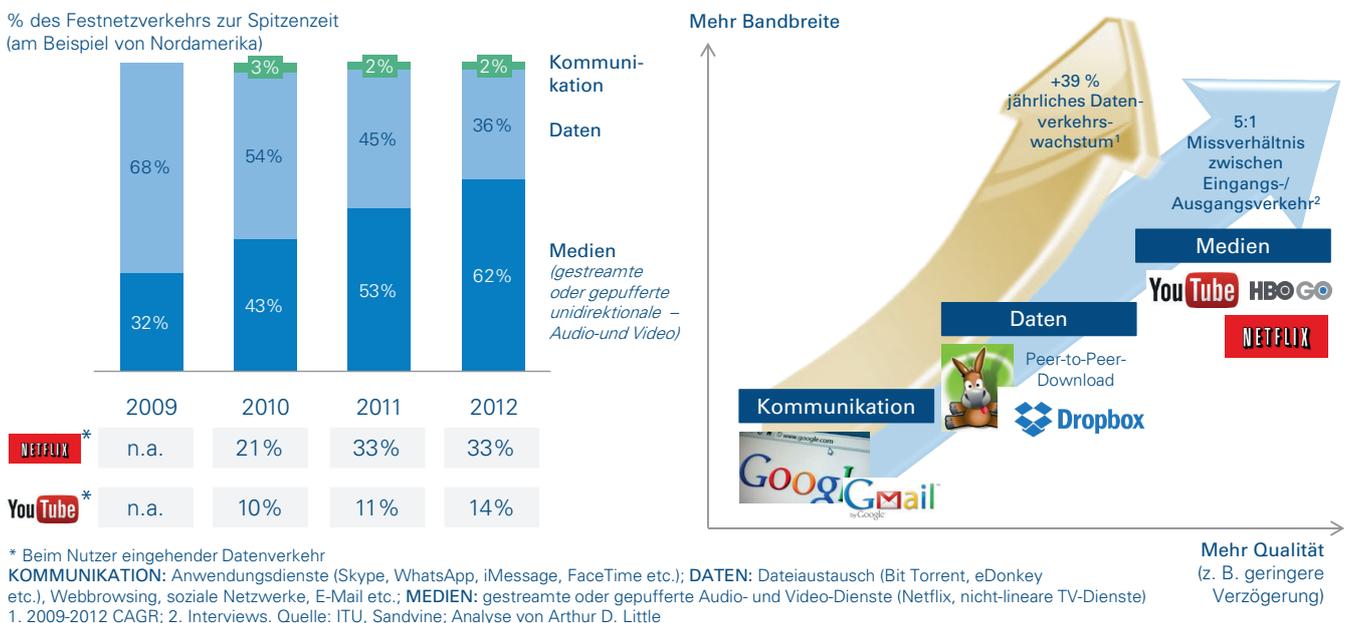
## Das Internet ist vital, ständig im Wandel und hat sich zu einer neuen Medienplattform entwickelt

Im Verlauf der letzten Jahrzehnte hat sich die Art des Datenverkehrs im Internet gewandelt. Während früher hauptsächlich statische Daten und Text übertragen wurden, sind es heute zunehmend interaktive Medieninhalte. Das Internet wandelt sich zu einer neuen Medienplattform, da sich seine Nutzung zunehmend auf datenintensive Inhaltsarten, insbesondere gestreamte Videos, konzentriert.

Globale Vernetzung, die stark steigende Anzahl „smarter“ Geräte und Videostreaming-Angebote, welche spektakulär hohe Datenaufkommen nach sich ziehen und gleichzeitig für größere Ungleichgewichte beim Datenverkehr und für veränderte Datenströme sorgen, stellen das Internet vor große Herausforderungen. Der Datenverkehr im Internet verdoppelt sich nahezu alle zwei Jahre und die Datenströme haben sich zugunsten von zunehmendem Real-Time-Streaming anstelle von Peer-to-Peer-Übertragungen als vorherrschende Form der Mediendistribution verändert. Aufgrund der von Medieninhalten geprägten Datenströme, die vorrangig in eine Richtung von den Inhaltenanbietern zu den Endnutzern fließen, herrschen in Internetzugangnetzwerken heutzutage große Ungleichgewichte vor. Eingehender und ausgehender Datenverkehr stehen mittlerweile im Verhältnis 5:1 zueinander.

Im Jahr 2014 waren mehr als 2,7 Mrd. Einzelpersonen an das Internet angeschlossen. Damit ist es für die meisten Inhalte- und Anwendungsanbieter zu einem erfolgsentscheidenden Faktor geworden. Schon geringfügige Störungen bei der Übertragungsqualität haben einen direkten Einfluss auf die Bereitschaft der Endnutzer und Werbungtreibenden für Onlinedienste zu bezahlen.

Abbildung A - Die Wandlung des Internets und neue Kapazitäts-/Qualitätsanforderungen



## Bislang hat sich die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung gut angepasst, wenn es darum ging, die Wandlung des Internets zu unterstützen und sie bleibt auch weiterhin dynamisch und wettbewerbsfähig

Die IP-Zusammenschaltung war und ist ein entscheidender Baustein für die Qualität und Funktionalität des Internets, die der Endnutzer erlebt. Dies gilt trotz des Umstandes, dass der Endnutzer keine Partei der zwischen den Unternehmen geschlossenen

Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung ist. Die Modelle für die IP-Zusammenschaltung passen sich an die durch bahnbrechende Anwendungen oder Technologien hervorgerufenen Veränderungen der Internetverkehrsmuster an und ermöglichen so die Übertragung von IP-basierten Inhalten. In vielerlei Hinsicht entscheidet das Ausmaß der Innovationsfähigkeit des Sektors für die IP-Zusammenschaltung über das Ausmaß der Weiterentwicklung des Internets als Plattform für zukünftige Anwendungen.

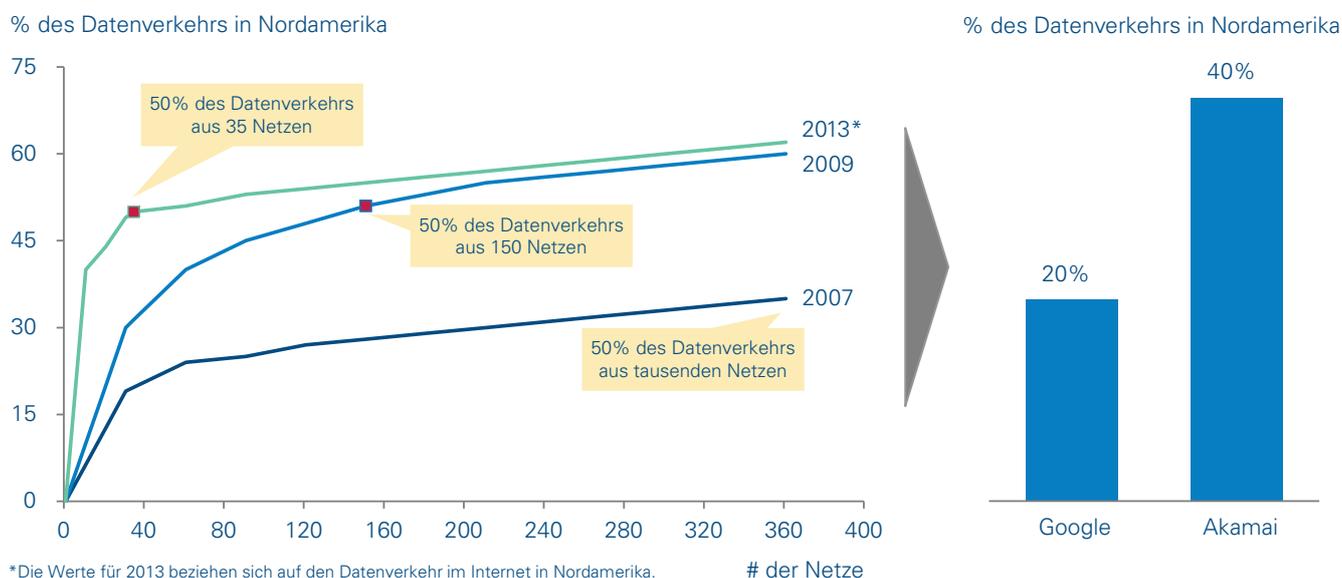
Das Internet und das zugrunde liegende System der IP-Zusammenschaltung haben bewiesen, dass sie zu organischer Weiterentwicklung und Anpassung fähig sind. Alternative Geschäftsmodelle (wie beispielsweise Peering und Content-Delivery-Netzwerke (CDN)) stellten die bestehenden Modelle in Frage und führten letztlich zu einer Verbesserung der Gesamteffizienz bei der IP-Zusammenschaltung und damit im letzten Jahrzehnt zu einer Kostensenkung von 30 Prozent pro Jahr.

Aus den frühen Tagen der IP-Transitleistungen und des Peerings ist bis heute eine gute Mischung von Modellen für die IP-Zusammenschaltung erhalten geblieben, die sowohl Internetanbietern (ISP) als auch Inhalte- und Anwendungsanbietern (CAP) auf der Suche nach Konnektivität offenstehen. Diese Situation ist das Ergebnis dreier zentraler Entwicklungen:

1. **Dezentralisierung des Internets:** Die Entstehung von nationalen und regionalen Internetknoten ermöglicht private Peering-Vereinbarungen, da die Zahl der Verbindungen von Zugangsnetzen der Internetanbieter an einem zentralen Ort gesteigert wird.
2. **Die Entwicklung der Preise** für die IP-Zusammenschaltung (fallende Kosten für IP-Transitleistungen, Content-Delivery-Netzwerke oder Routerkosten) am freien Markt führte zur Austauschbarkeit von Produkten im Bereich der IP-Zusammenschaltung und zur Entstehung von gegeneinander gerichteten Kräften in der Wertschöpfungskette für die IP-Zusammenschaltung.
3. **Ausbreitung von Content-Delivery-Netzwerken:** Inhalte- und Anwendungsanbieter steigern den Wert ihrer Angebote, indem sie eigene Datenzentren aufbauen oder alternativ unabhängige, kommerzielle CDN-Dienste in Anspruch nehmen, die eng an die Zugangsnetze der Internetzugangsanbieter angebunden sind.

Der Großteil des Datenverkehrs im Internet konzentriert sich dennoch zunehmend auf eine begrenzte Zahl großer Inhalte- und Anwendungsanbieter und eine kleine Zahl von Netzbetreibern auf Vorleistungsebene. Im Jahr 2013 wurden 50 Prozent des Datenverkehrs im Internet in Nordamerika über 35 Netze abgewickelt, demgegenüber waren es 2009 noch 150 Netze. Bei der Konzentration des IP-Datenverkehrs handelt es sich um eine bedeutende Weiterentwicklung in der Wertschöpfungskette für die IP-Zusammenschaltung. Sie birgt das Potenzial zur Beeinflussung der Verhandlungsstärke der Interessensträger im Bereich der Internetanbindung sowie zur Verschiebung des gegenwärtigen Kräftegleichgewichts im Ökosystem des Internets.

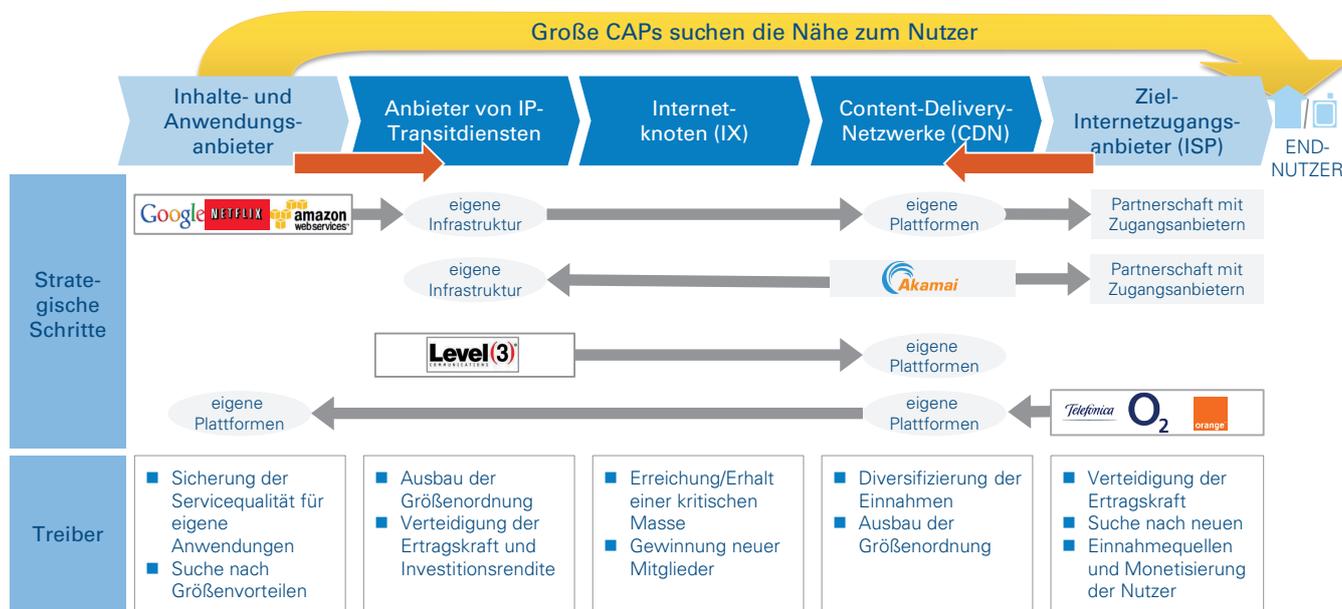
Abbildung B – Trends bei der Konzentration des Datenverkehrs (2007, 2009, 2013)



In den letzten Jahren gaben die größten Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie Internetanbieter das Marschtempo vor und bestimmten durch vertikale Integration die Art der Innovationen bei der IP-Zusammenschaltung. Inhalte- und Anwendungsanbieter suchen die Nähe zum Endnutzer und investieren zunehmend in unternehmenseigene Content-Delivery-Netzwerke oder nehmen diese Netzwerke von Dritten in Anspruch. Internetanbieter investieren in netzwerkbasierte Content-Delivery-Plattformen („Deep Caching“), einerseits für unternehmensinterne Zwecke, andererseits als Dienstleistung für dritte Inhalte- und Anwendungsanbieter.

Daraus resultiert, dass Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie Internetanbieter in zunehmendem Maße eine direkte Zusammenschaltung vornehmen und damit reine Internetzugangsanbieter als Vermittler in gewissem Maße ins Abseits rücken. Die Hauptmotivation dafür ist die dadurch zunehmende Kontrolle über die Übertragungsqualität. Dies gilt nicht nur für internetbasierte Inhalte- und Anwendungsanbieter sondern immer häufiger auch für die Strategien der traditionellen Sender im Bereich des Videostreamings (so nahm z.B. die Zahl der unterschiedlichen Nutzer pro Tag des iPlayers von BBC seit dem Jahr 2009 jährlich um 33 Prozent gegenüber dem Vorjahr zu). Das Kräftegleichgewicht in der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung hat sich folglich verändert und die traditionellen Akteure im Bereich der IP-Zusammenschaltung haben sich zum Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit angepasst.

Abbildung C – Trends innerhalb der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

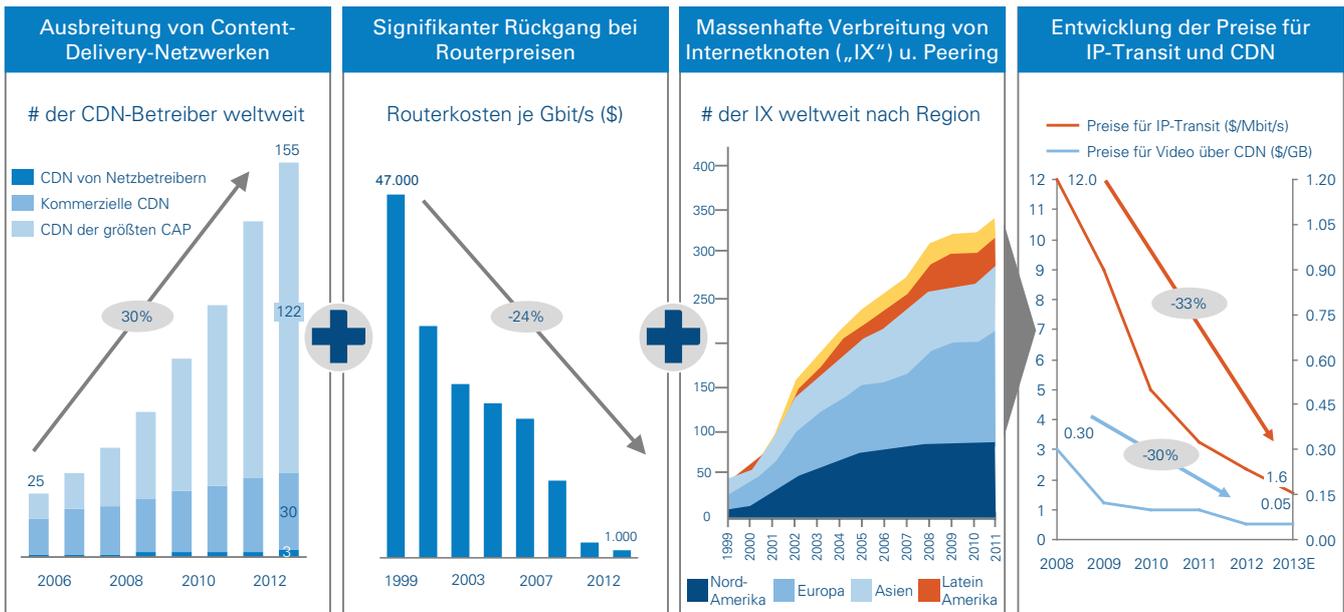
Anbieter für die Anbindung an das Internet, wie z.B. Anbieter von IP-Übertragungsdiensten, unabhängige Anbieter von Content-Delivery-Netzwerken und Anbieter von Internetknotenpunkten bekommen den Innovationsdruck zu spüren und diversifizieren ihre Leistungsangebote (z. B. durch Angebote für Partial Transit, für kommerziell angebotene Content-Delivery-Netzwerke oder für Internetsicherheit), oder erreichen beim Datenverkehr durch Konsolidierung eine kritische Masse (z. B. Übernahme von Wettbewerbern durch internationale Level-3-Netzbetreiber, Global Crossing).

Veränderungen im Markt der IP-Zusammenschaltung führten dazu, dass sich die Spannungen zwischen den Akteuren in diesem Bereich verstärkt haben. Die Auseinandersetzungen betreffen jedoch weniger als ein Prozent aller Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung und werden in mehr als der Hälfte der Fälle ohne regulatorische Eingriffe beigelegt. Hierfür gibt es eine Reihe von Gründen:

- Nur ein geringer Anteil, d. h. weniger als ein Prozent der Gesamtkosten für die Anbindung, entfällt auf Kosten für die IP-Zusammenschaltung (einschließlich für Nachrüstung).
- Durch die Marktveränderungen bei der IP-Zusammenschaltung entstanden Gegenkräfte, welche die Wertschöpfungskette in Balance halten:

- a) IP-Transit und Peering sind hinsichtlich der Kosten austauschbar geworden
- b) Fallende Preise für IP-Transitdienste und für die Nutzung von Content-Delivery-Netzwerken rücken hochwertige Transit- und CDN-Strategien in greifbare Nähe für kleinere Inhalte- und Anwendungsanbieter
- c) Fallende Preise für IP-Transitleistungen gleichen den Kostendruck beim kostenpflichtigen Peering aus
- d) Starker Wettbewerb im Privatkundengeschäft verhindert eine Marktabschottung durch Internetanbieter

Abbildung D – Wirtschaftliche Treiber der Evolution im Bereich der IP-Zusammenschaltung und Gegenkräfte



Quelle: ITU, Informa, Packet Clearing House, Dr. Peering, Cisco, streamingmedia.com, Webseiten, Analyse von Arthur D. Little

Von den Auseinandersetzungen im Bereich der IP-Zusammenschaltung waren Endnutzer weder substantiell noch strukturell betroffen. Das wirtschaftliche Interesse der Parteien stand im Vordergrund und man fand einvernehmliche Lösungen. Die zugehörigen Zusammenschaltungskosten haben sich für die Kerngeschäftsmodelle bislang nicht als Ausschlusskriterium erwiesen.

**Die Anwendungen der Zukunft verlangen im Bereich der IP-Zusammenschaltung eine Weiterentwicklung zu gesicherten Qualitätsstandards, was nicht ohne Folgen für das gegenwärtige Best-Effort-Internet bleiben wird**

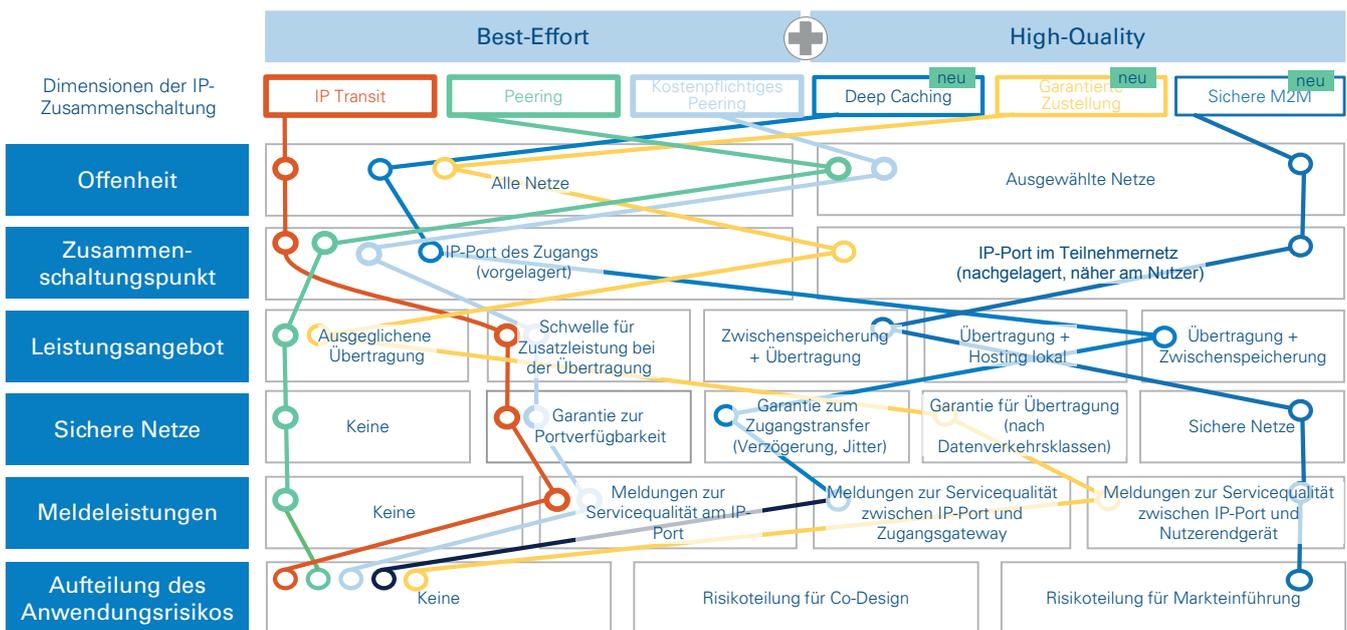
Zusätzlich zur fortwährenden Verbesserung der Konnektivität zwischen Inhalts- und Anwendungsanbietern und Zugangsnetzen können Innovationen bei der IP-Zusammenschaltung die zukünftige Weiterentwicklung des Internets unterstützen und die Entstehung von Anwendungen der nächsten Generation beschleunigen, für die ein unabdingbar hoher Qualitätsstandard erforderlich ist. Anwendungen im „Internet der Dinge“ und im „Internet der Menschen“ bieten bis zum Jahr 2020 ein ökonomisches Wertschöpfungspotenzial in einer Größenordnung von mehreren Billionen Euro. Möglicherweise werden jedoch fortgeschrittene Internetplattformen erforderlich sein, die über das Best-Effort-Prinzip hinausgehen. Sie könnten das „Internet der Dinge“ und das „Internet der Menschen“ zum Leben erwecken.

Hinsichtlich der Servicequalität bei der IP-Zusammenschaltung müssen zusätzlich neue Parameter berücksichtigt werden (z. B. Latenz, Jitter, Paketverlust, Sicherheit und Datenschutz). Während das Internet eine Weiterentwicklung von optionalen Zusatzleistungen zu erfolgskritischen Diensten vollzieht, werden Anwendungen der nächsten Generation für Sektoren wie die Finanzdienstleistungsbranche, den Sektor der elektronischen Zahlungen, staatliche Stellen im Hochsicherheitsbereich (Polizei, Militär, Notdienste etc.) eine Nachfrage nach neuen Anforderungen bei der IP-Zusammenschaltung erzeugen, die weit über zusätzliche Durchleitungskapazitäten hinausgehen. Hierzu werden Bereitstellungsmerkmale mit Relevanz für das Videostreaming gehören, beispielsweise eine Verringerung der Latenz, Verfügbarkeit, Jitterregelung und die Beschränkung von Paketverlusten. Sicherheit und Datenschutz erfordern besondere Aufmerksamkeit, da sie für die sichere Nutzung von Anwendungen der nächsten Generation eine entschei-

dende Rolle spielen, besonders in Szenarien für das Internet der Dinge mit M2M-Anwendungen wie vernetzten Fahrzeugen mit Fernstartfunktionen.

Varianten des kostenpflichtigen Peerings, des Deep Caching, der garantierten Zustellung und des abgesicherten Informationsaustausches zwischen Endgeräten (M2M) gehören zu den innovativen Geschäftsmodellen für die IP-Zusammenschaltung. Sie könnten die Grundlage für eine Internetplattform der Zukunft legen und zwar ausgehend von einer durchgehend abgesicherten Servicequalität – als Ergänzung zum Best-Effort-Internet.

Abbildung E – Innovationen bei den Geschäftsmodellen für die IP-Zusammenschaltung



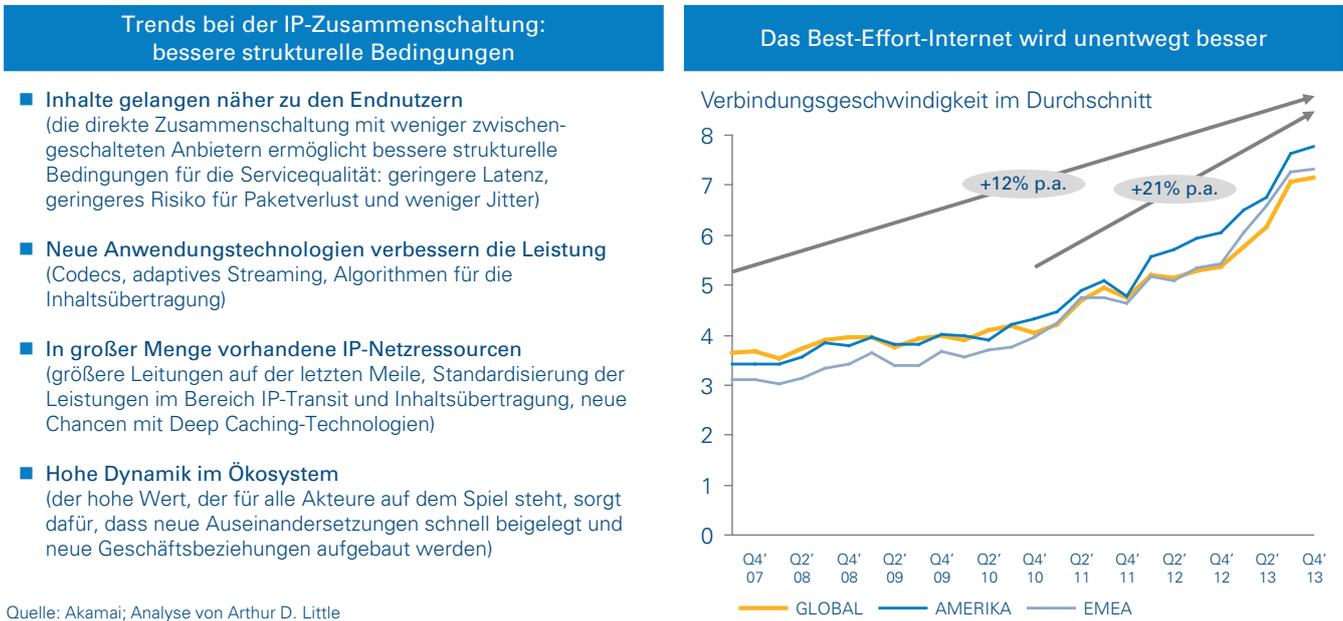
Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Auch wenn sich bei der IP-Zusammenschaltung neue Geschäftsmodelle am Horizont abzeichnen, ist und wird das Best-Effort-Internet zweifellos auch in der Zukunft unverzichtbar bleiben. Weiterhin gibt es erste Belege dafür, dass es sich weiter verbessern und parallel zu komplementären Plattformen mit durchgängiger Servicequalität bestehen kann, sofern eine sachgemäße Überwachung vorhanden ist. Das Best-Effort-Internet hat lange schon neben zu verwalteten IP-Diensten im Firmenkundengeschäft sowie neben verwalteten IPTV-Plattformen der Internetanbieter koexistiert. Sowohl seine Durchschnitts- als auch seine Spitzen-Verbindungsgeschwindigkeit haben seit 2007 um jährlich 12 Prozent bzw. 23 Prozent zugelegt, wobei sich dieser Wert seit 2011 auf 21 Prozent bzw. 26 Prozent erhöht hat.

Private Investitionen in die IP-Zusammenschaltung riefen eine Reihe von Trends mit strukturell verbesserten Bedingungen für die zukünftige Entwicklung des öffentlichen Internets hervor:

- Inhalte gelangen in größere Nähe zu den Endnutzern: Die direkte Zusammenschaltung bei einer geringeren Zahl an Internetanbietern ermöglicht bessere strukturelle Bedingungen für die Servicequalität – d. h. niedrigere Latenz, ein geringeres Risiko für Paketverlust und weniger Jitter.
- Neue Anwendungstechnologien verbessern die Leistung: Hierzu gehören Codecs, adaptives Streaming und Algorithmen für die Übertragung von Inhalten.
- In großer Menge vorhandene IP-Netzressourcen: Die Kapazität auf der letzten Meile ist größer geworden. Leistungen im Bereich des IP-Transits und der Inhaltsübertragung werden standardisiert. Mit netzbasierten Deep Caching-Technologien wurden neue Möglichkeiten für eine hochwertige Bereitstellung geschaffen.
- Hohe Dynamik im Ökosystem des Internets: Der hohe Wert, der für alle Interessensträger auf dem Spiel steht, sorgt dafür, dass neue Auseinandersetzungen schnell beigelegt und neue Geschäftsbeziehungen aufgebaut werden.

Abbildung F – Struktureller Beitrag der IP-Zusammenschaltung zur Verbesserung des Internets



Das öffentliche Internet wird größtenteils einen Nutzen aus privaten Investitionen in die Architektur für die IP-Zusammenschaltung ziehen, welche darauf abzielen die Entfernung zu verkürzen, die der Internetverkehr auf dem Weg zur letzten Meile in den Internetzugangszugängen zurücklegen muss. Erreicht wird dies durch die Speicherung beliebter Inhalte/Anwendungen auf lokalen Servern, die Bestandteil eines unternehmenseigenen oder kommerziellen Content-Delivery-Netzwerks oder netzbasierter Deep-Caching-Server sind. Kürzere Wege für IP-Inhalte mit einer kleineren Zahl zwischengeschalteter Anbieter bedeuten auch, dass die Wahrscheinlichkeit für „Fahrbahnunebenheiten auf der Datenautobahn“ kleiner wird. Dies erhöht auch die Aussichten auf durchgängiger greifende Steuerungselemente, die besser handhabbar sind und letztendlich zu einem besseren Nutzungserlebnis führen.

# 1. Das Internet ist vital und ständig im Wandel

## 1.1. Mittlerweile entscheidet das Internet über kommerziellen Erfolg und verlangt nach einer hochwertigen Bereitstellung

Schnell und dynamisch entwickelte sich das Internet von einem Netzwerkexperiment zu einer Interaktionsplattform für den Massenmarkt

Die Geschichte des Internets nahm ihren Ausgang im Jahr 1957. Damals reagierten die USA auf die Sputnik-Mission der UdSSR im Weltraum mit der Gründung einer Agentur für zukunftsorientierte Forschungsprojekte, der Advanced Research Projects Agency (ARPA). Der Auftrag der Agentur bestand darin im Bereich der Wissenschaft und neuen Technologien eine führende Rolle einzunehmen. Etwa im Jahr 1994 kam das Internet erstmalig als offene kommerzielle Plattform zum Einsatz und ermöglichte den Startschuss für das erste Bestellsystem im Internet (Pizza Hut) sowie die erste Internetbank (First Virtual). Von diesem Zeitpunkt an entstanden alle großen Internetunternehmen: Google wurde im Jahr 1998 gegründet, MySpace folgte 1999, der iTunes Store von Apple im Jahr 2003, Facebook 2004, YouTube 2005 und Twitter 2006. Netflix (1998 gegründet) begann 2008 Online-Streaming-Dienste anzubieten. Kurz darauf

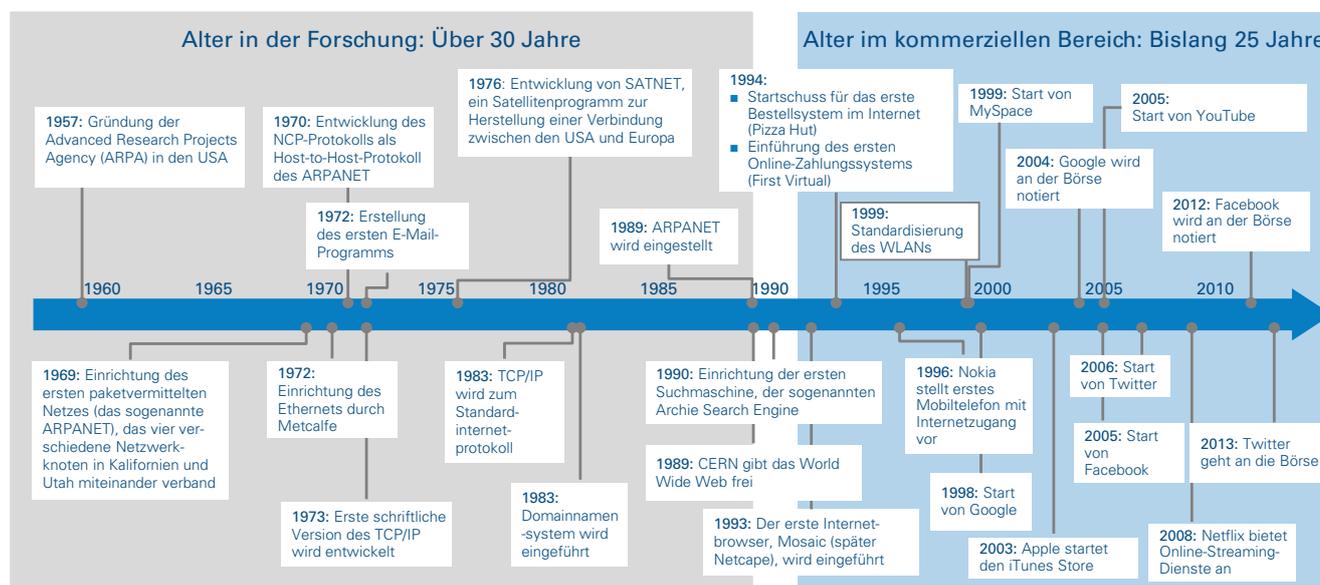
führte das schnelle Wachstum und Erfolgspotenzial dieser Internetunternehmen zu deren Börsennotierung. 2004 machte es Google vor, Facebook (2012) und Twitter (2013) legten auf dem Börsenparkett ebenfalls einen bemerkenswerten Start hin.

Seit seiner Geburtsstunde im Jahr 1969 hat sich das Internet in vielerlei Hinsicht weiterentwickelt und verändert:

- Die Vereinigten Staaten von Amerika blieben nicht länger das Zentrum der Internetnutzung, sondern diese erreichte globale Maßstäbe;
- Der Datenverkehr boomte und regionale Zentren entstanden, wobei sich die Art der Internetinhalte zunehmend von statischem Text und einfachen Daten zu interaktiven Medien und Unterhaltungsinhalten veränderte;
- Beim Internetzugang vollzog sich ein Wechsel von der Einwahl über ortsgebundene Netzwerke zum allgegenwärtigen mobilen Zugang;
- Neue Netzanforderungen ergaben sich und die Servicequalität – die in den frühen Phasen nicht so wichtig war – ist erfolgskritisch geworden.

Das Internet gewann erheblich an Popularität und die Durchdringung der Weltbevölkerung mit Internetnutzern nahm deutlich zu.

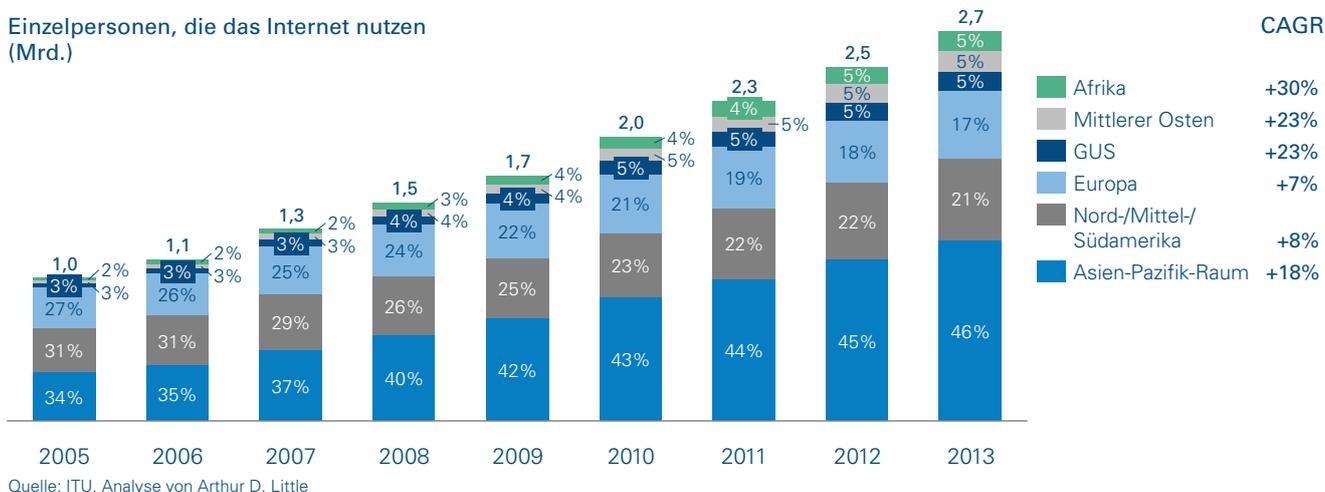
Abbildung 1: Chronik des Internets



Quelle: Arthur D. Little

Abbildung 2: Internetnutzung durch Einzelpersonen

Einzelpersonen, die das Internet nutzen (Mrd.)



Im Zeitraum 2005-2013 stieg die Zahl der Internetnutzer<sup>1</sup> jährlich um 13 Prozent von einer Milliarde auf fast drei Milliarden, vornehmlich außerhalb der Vereinigten Staaten, an.

Regionale Daten von ITU ergeben, dass sich dieses Wachstum ausnahmslos in allen Weltregionen vollzieht. Das in den letzten Jahren vergleichsweise geringe Wachstum in Europa und Amerika (7 Prozent bzw. 8 Prozent) kann durch die dort früher begonnene Nutzung des Internets erklärt werden und auch durch den Umstand, dass auf beide Regionen nur noch 38 Prozent der globalen Internetnutzer entfallen.

Der Ursprung des Datenverkehrs im Internet ist jedoch nicht gleichverteilt auf alle Weltregionen: Der Großteil des IP-Datenverkehrs stammt aus Nordamerika (34 Prozent). Hierauf folgen der Asien-Pazifik-Raum mit 33 Prozent, Europa mit 24 Prozent,

Lateinamerika mit acht Prozent und der Mittlere Osten und Afrika mit nur zwei Prozent.

Nach Angaben von CISCO wird der IP-Datenverkehr weiter zunehmen, jedoch mit geringeren Wachstumsraten: Die höchsten Wachstumsraten werden für den Zeitraum von 2013 bis 2017 im Mittleren Osten und Afrika (35 Prozent) sowie im Asien-Pazifik-Raum (24 Prozent) erwartet.

In der Anfangszeit beruhte der Internetzugang hauptsächlich auf Festnetzinfrastruktur und Endnutzer griffen über Desktop-Computer auf das Internet zu. Im Verlauf der Jahre wurde eine enorme Zahl verbundener Geräte, wie Smartphone und Tablets, eingeführt, mit denen das Internet für die Endnutzer zum mobilen Erlebnis wurde.

Diese Ereignisse führten zu einer erheblich gesteigerten Zugänglichkeit zum Internet und trieben seine Verbreitung in der Weltbevölkerung immens voran.

<sup>1</sup> Quelle: ITU; ein Internetnutzer ist eine Person im Alter von mindestens zwei Jahren, die innerhalb der letzten 30 Tage im Internet war

Abbildung 3: Globaler IP-Datenverkehr nach Region

Globaler Internetverkehr (PB/Monat)

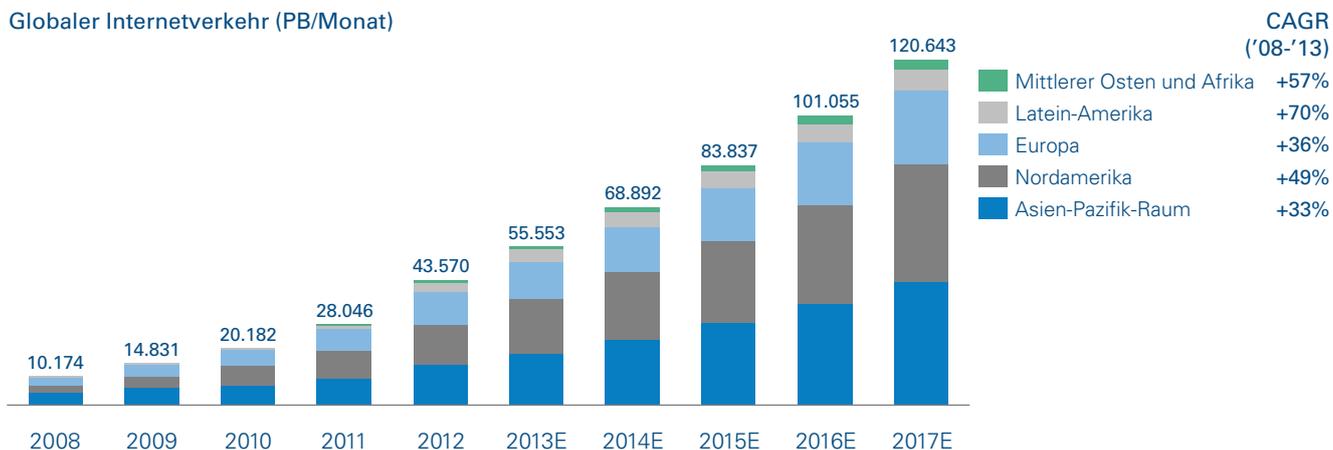
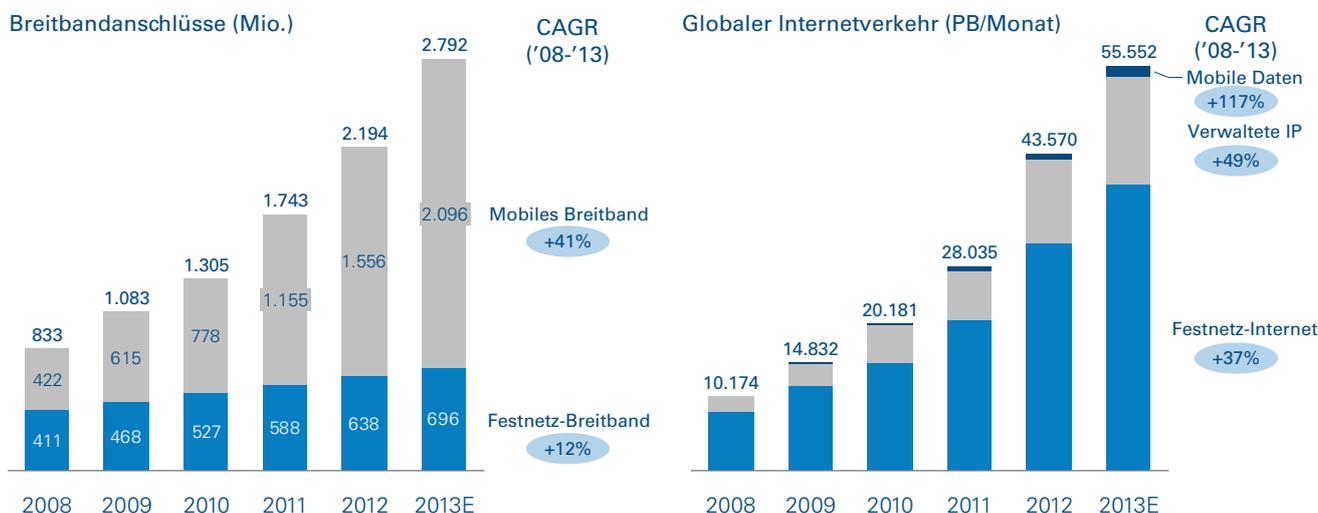


Abbildung 4: Breitband-Internetanschluss und globaler IP-Datenverkehr nach Art des Zugangs



Quelle: ITU, Analyse von Arthur D. Little

Die Zahl der Breitbandanschlüsse stieg im Zeitraum 2007-2013 mit einer Wachstumsrate von 28,7 Prozent von 614 Millionen auf 2,8 Milliarden. Beim genaueren Blick auf deren Zusammensetzung wird klar, dass sich die Entwicklung des mobilen Breitbands, besonders auch in Entwicklungsländern<sup>2</sup>, als Haupttreiber dieses bedeutsamen Wachstumstrends erwiesen hat.

Zwischen 2007 und 2013 stieg der Anteil des mobilen Breitbandzugangs von 43 Prozent aller Breitbandanschlüsse auf 75 Prozent. Parallel zur Zunahme der Internetnutzer und Breitbandanschlüsse hat auch das Volumen des IP-Datenverkehrs im Internet enorm zugenommen.

Aus dem Cisco Visual Networking Index geht hervor, dass der Datenverkehr von 10,1 Exabyte (1018 Byte oder 1 Mrd. Gigabyte) pro Monat im Jahr 2007 auf 55,5 EB/Monat im Jahr 2013 mit einer kumulierten jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 40 Prozent angestiegen ist. Erwartungen zufolge wird er bis 2017 auf mehr als 120 EB/Monat (mit einer Wachstumsrate von 21 Prozent von 2013 bis 2017) ansteigen.

Auf den Festnetzverkehr im Internet entfallen etwa 70 Prozent des globalen IP-Datenverkehrs, dieser wiederum hat mit einer kumulierten jährlichen Wachstumsrate von 37 Prozent zugenommen und erreicht mittlerweile 39 EB/Monat. Laut Prognosen wird er im Jahr 2017 mit etwa einem Anteil von 68 Prozent am gesamten IP-Datenverkehr ein Volumen von 82 EB/Monat erreichen.

Verwaltete IP-Dienste wie IP Virtual Private Networks (IP-VPN) kamen seit jeher im Firmenkundenbereich zur Anwendung und

verzeichneten mit einer kumulierten jährlichen Wachstumsrate von 49 Prozent seit dem Jahr 2007 ebenfalls einen enormen Zuwachs. Mittlerweile (2013) entfallen darauf 15 EB/Monat, ein Anteil von 26 Prozent am gesamten IP-Datenverkehr. Nach Prognosen von CISCO aus dem Jahr 2013 könnte der Datenverkehr durch verwaltete IP-Dienste bis zum Jahr 2017 ein Volumen von 27 EB/Monat erreichen, wobei sein Anteil am gesamten Internetverkehr leicht absinkt (23 Prozent).

Der globale mobile Datenverkehr hat in beachtlichem Maß (kumulierte jährliche Wachstumsrate von 117 Prozent) zugenommen und erreichte 2013 ein Volumen von 1,6 EB/Monat im Jahr. Dennoch entspricht dies nur drei Prozent des gesamten IP-Datenverkehrs. Bei CISCO rechnet man jedoch mit einem Anstieg auf 11 EB/Monat bis zum Jahr 2017 und einem Anteil von neun Prozent am gesamten IP-Datenverkehr.

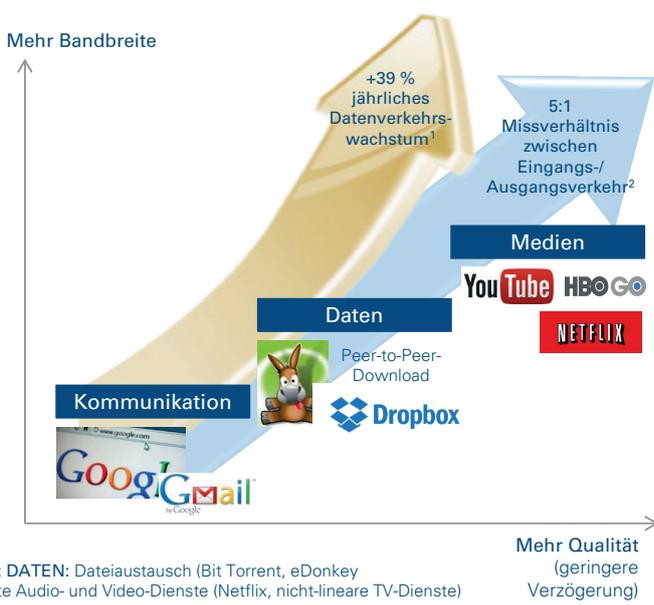
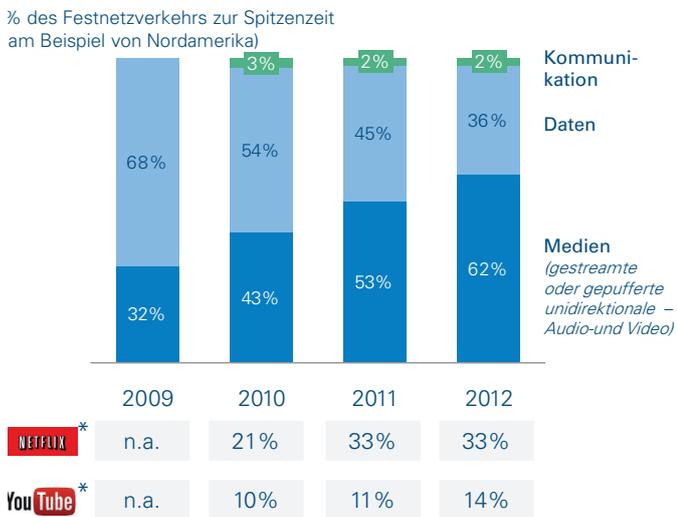
Dieses Volumenwachstum beim IP-Datenverkehr – verbunden mit einem Anstieg des Datenverbrauchs pro Nutzer von 12 Gigabytes pro Nutzer und Monat im Jahr 2008 auf etwa 20 Gigabyte pro Nutzer und Monat im Jahr 2013 – resultiert hauptsächlich aus der Zunahme der Anzahl der Breitbandnutzer, aber steht auch, und dies ist der wohl wichtigste Grund, im Zusammenhang mit einem Wandel der Art des Datenverkehrs im Internet an sich.

#### Bei der Art des Datenverkehrs im Internet vollzog sich ein Wandel von statischen Daten und Text hin zu interaktiven Medieninhalten

Aus den letzt-verfügbaren Zahlen geht hervor, dass der Großteil des Wachstums der gesamten Nutzung auf Geräte mit Echtzeit-Streaming entfällt. Das Internet hat sich selbst von einer

<sup>2</sup> Klassifikation von Entwicklungsländern und entwickelten Ländern verfügbar unter <http://www.itu.int/ITU-D/ict/definitions/regions/index.html>, Erstellung der Klassifikation gemäß UN M49

Abbildung 5: Die Wandlung des Internets und neue Anforderungen



\* Beim Nutzer eingehender Datenverkehr  
**KOMMUNIKATION:** Anwendungsdienste (Skype, WhatsApp, iMessage, FaceTime etc.); **DATEN:** Dateiaustausch (Bit Torrent, eDonkey etc.), Webbrowsing, soziale Netzwerke, E-Mail etc.; **MEDIEN:** gestreamte oder gepufferte Audio- und Video-Dienste (Netflix, nicht-lineare TV-Dienste)  
 1. 2009-2012 CAGR; 2. Interviews. Quelle: ITU, Sandvine; Analyse von Arthur D. Little

Plattform für den Daten- und Dateitransfer zu einer Plattform der neuen Medien gewandelt und bei seiner Nutzung hat sich ein Wechsel zu datenintensiven Inhaltsarten, insbesondere zu Videos, vollzogen.

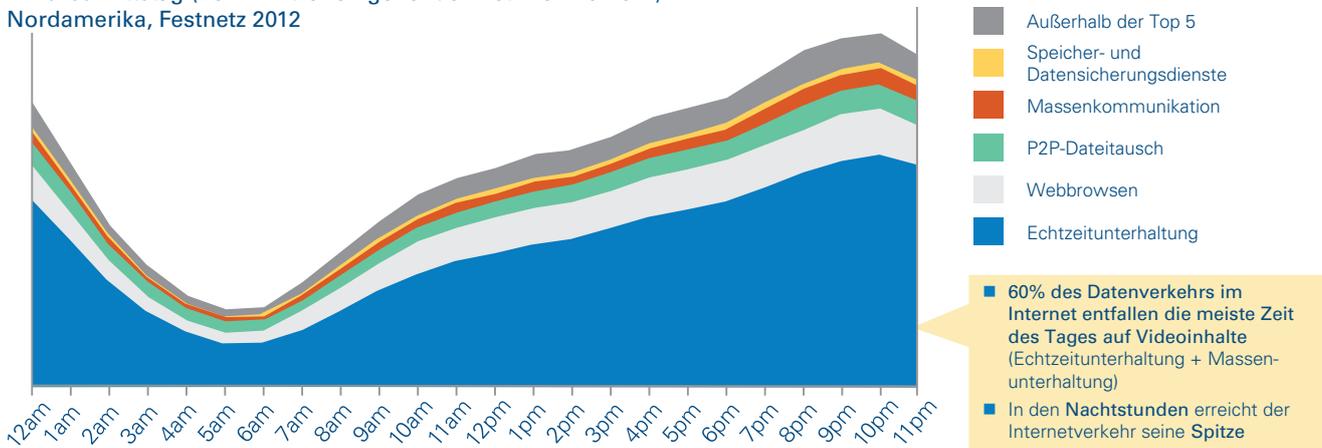
Heute stehen mehr als 60 Prozent des Datenverkehrs im Internet in den Vereinigten Staaten mit interaktiven Medieninhalten in Zusammenhang und dieser Anteil wird aller Voraussicht nach in den kommenden Jahren weiter wachsen.

Die Folgen dieses Wandels zeigen sich in Form einer steigenden Nachfrage nach höheren Bitraten und einer höheren Bereit-

stellungsqualität. In den frühen Tagen des Internets erfolgte der Kommunikationsaustausch über sequentielle (asynchrone) Anwendungen. Die Übertragung in Echtzeit war nicht so wichtig (z.B. E-Mails). Heute sind höhere Durchleitungsraten und verkürzte Übermittlungszeiten für ein hochwertiges Nutzungserlebnis entscheidend.

Zudem hat sich der Datenverkehr nahezu alle zwei Jahre verdoppelt und die Datenströme haben sich aufgrund der Zunahme des Echtzeit-Streamings als vorherrschende Form der digitalen Distribution etabliert. Die Zugangnetze sind von erheblichen Missverhältnissen zwischen dem Eingangs- und Ausgangsver-

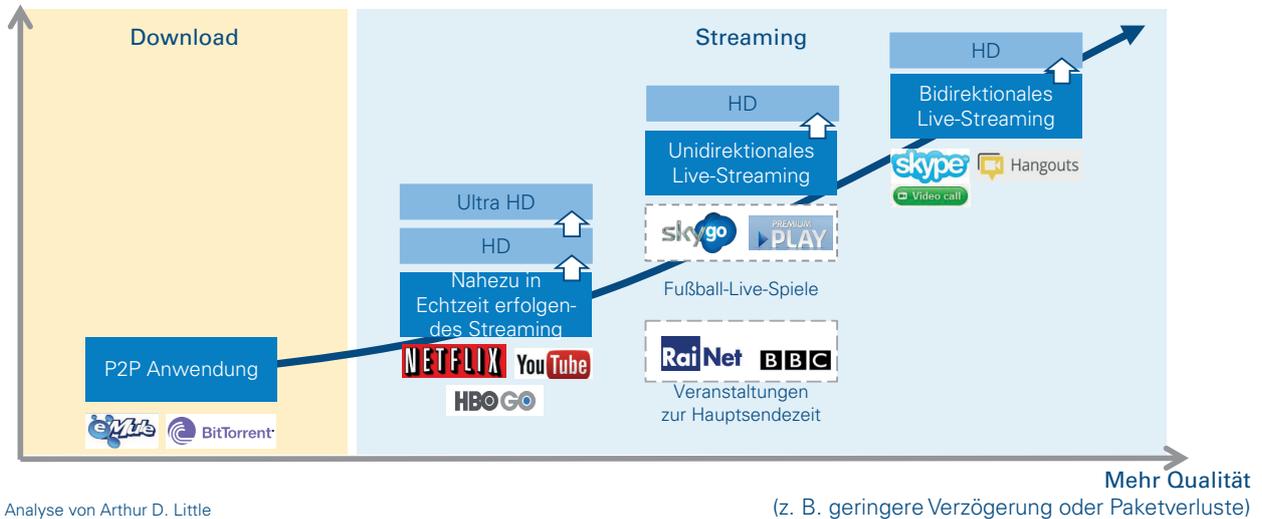
Abbildung 6: Täglicher Internetverkehr nach Inhaltsart Durchschnittstag (beim Nutzer eingehender Netzwerkverkehr) – Nordamerika, Festnetz 2012



Hinweis: Speicher- und Datensicherungsdienste: PDBox, Netfolder, Rapidshare etc.; Massenerhaltung: iTunes, Downloaddienste für Kinofilme; P2P-Dateiaustausch: BitTorrent, eDonkey, Gnutella, Ares etc.; Webbrowsen: HTTP, WAP-Browsing; Echtzeitunterhaltung: gestreamtes oder gepuffertes Audio und Video, Peercasting, Dienste bestimmter Streamingseiten (Netflix, Hulu, YouTube, Spotify etc.)  
 Quelle: Sandvine, Analyse von Arthur D. Little

Abbildung 7: Neue Konnektivitätsanforderungen

Uneingeschränkt verfügbare Kapazität



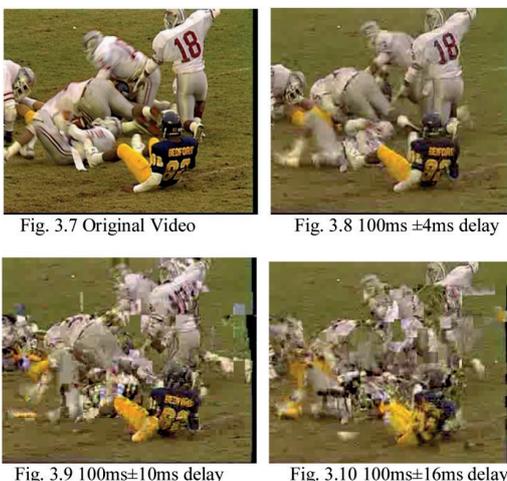
kehr (in der Größenordnung von 5 zu 1) beeinträchtigt. Dies ist allein dem Umstand geschuldet, dass die übertragenen Inhalte medienbezogen sind und gestreamt werden. Deshalb fließt der Datenstrom hauptsächlich in eine Richtung von den Inhalteanbietern zu den Endnutzern.

Während der Internetkonsum im Tagesverlauf schwankt und seinen Spitzenwert in der Zeit zwischen 21 Uhr und 22 Uhr erreicht, entfällt der Großteil des Datenverkehrs zu jeder Tageszeit auf gestreamte Medien und Echtzeit-Anwendungen.

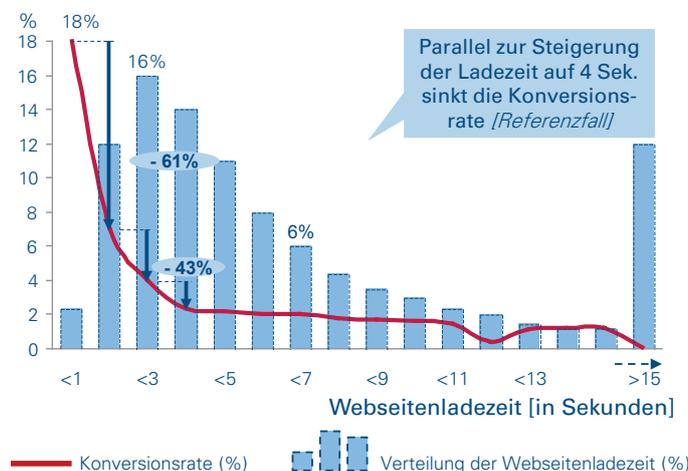
Die Entwicklung der Art und der Verwendung des Datenverkehrs, der über das Internet abgewickelt wird, lässt die Menge an uneingeschränkt verfügbarer Bandbreite, die effektiv für jeden Einzelnutzer benötigt wird, in neue Höhen schnellen. Noch wichtiger ist aber der Umstand, dass hierdurch auch die notwendige Qualitätsanforderung für die Übertragung der Inhalte steigt.

Mit der zunehmenden Beliebtheit von hochauflösenden Medien wird die Reduzierung der Übermittlungsverzögerung und des Paketverlusts für neuere Anwendungen zu einem kritischen Faktor. Ganz entscheidend wird sie aber für die Verbreitung einer neuen Gruppe von Anwendungen, wie beispielsweise Live-

Abbildung 8: Auswirkungen einer Verzögerung auf das Erlebnis von Medienkunden und die Leistungsfähigkeit von Webseiten im elektronischen Handel



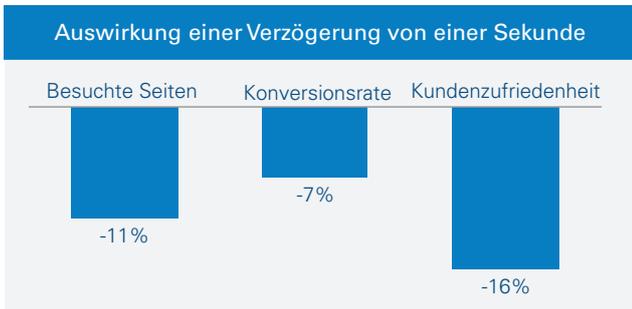
Konversionsrate und Verteilung der Webseitenladezeiten im elektronischen Handel



Quelle: Akamai, ReissRomoli-Telecom Italia, Analyse von Arthur D. Little

[http://www.bth.se/com/mscee.nsf/attachments/5297\\_Effect\\_of\\_Delay\\_Delay\\_Variation\\_on\\_QoE\\_in\\_Video\\_Streaming.pdf/\\$file/5297\\_Effect\\_of\\_Delay\\_Delay\\_Variation\\_on\\_QoE\\_in\\_Video\\_Streaming.pdf](http://www.bth.se/com/mscee.nsf/attachments/5297_Effect_of_Delay_Delay_Variation_on_QoE_in_Video_Streaming.pdf/$file/5297_Effect_of_Delay_Delay_Variation_on_QoE_in_Video_Streaming.pdf)

Abbildung 9: Wirtschaftlicher Wert der Internetqualität



Quelle: Aberdeen Group, Joshua Bixby, Unternehmensberichte, Schätzungen von Arthur D. Little



Streaming (z. B. Streaming von Sportereignissen über beliebte Videoplattformen) oder bidirektionalen live gestreamten Videos (z. B. Skype Videoanrufe oder Hangouts).

**Heutzutage ist die Übertragungsqualität der Inhalte im Internet entscheidend und bringt Geld**

Das Internet ist zu einer Plattform geworden, die über den Erfolg von vielen Unternehmen entscheidet und die zum Absatz ihrer eigenen Leistungen und Produkte an Endkonsumenten verwendet wird. Daher überrascht es kaum, dass das Nutzungserlebnis des Endnutzers zunehmend wichtiger wird, weil es auf die Kaufentscheidungen der Konsumenten unmittelbaren Einfluss hat. Die sich daraus ergebenden finanziellen Folgen lassen sich sogar beziffern.

Beispielsweise kann eine Schwankung bei der Übertragungsverzögerung um nur 16 Millisekunden (zusätzlich zur erwarteten durchschnittlichen Verzögerung von 100 Millisekunden) das Nutzungserlebnis beim Anschauen eines Videostreams beeinträchtigen und deshalb auch die Bereitschaft des Endnutzers zum Online-Kauf von Videoinhalten beeinträchtigen. Aus demselben Grund kann die Konversionsrate (d. h. der Anteil der Besucher, die tatsächlich etwas kaufen) auf einer beliebigen Onlinehandelswebseite um den Faktor 10 absinken, wenn die durchschnittliche Ladezeit einer Seite von einer auf vier Sekunde(n) ansteigt.

Viele Unternehmen, die Produkte und Dienstleistungen über das Internet anbieten, verweisen auf die Auswirkungen einer längeren Webseitenladezeit auf verschiedene Leistungsschlüsselindikatoren wie zum Beispiel die Anzahl der besuchten Seiten, die Konversionsrate oder die Kundenzufriedenheit.

Amazon, der Spitzenreiter im elektronischen Handel, geht beispielsweise davon aus, dass durch eine Verringerung der Verzögerung um eine Sekunde eine Steigerung seiner Einnahmen um zehn Prozent möglich sei. Ebenso gelangte man bei der Websuchmaschine Bing zu der Einschätzung, dass die Senkung der Verzögerung um zwei Sekunden mit einer Umsatzsteigerung von fünf Prozent einherginge.

**1.2. Die IP-Zusammenschaltung entwickelt sich weiter und folgt der Evolution des Internets**

**Das Internet entsteht durch IP-Zusammenschaltung als Fundament eines komplexen Aufbaus von Service-Ebenen**

Während das Internet die verschiedenen zuvor beschriebenen Entwicklungen vollzog, unterlagen die Verfahren (bei der Zusammenschaltung), durch die das Internet überhaupt erst funktionsfähig ist, einem unaufhörlichen Prozess der Neuerfindung und Innovation.

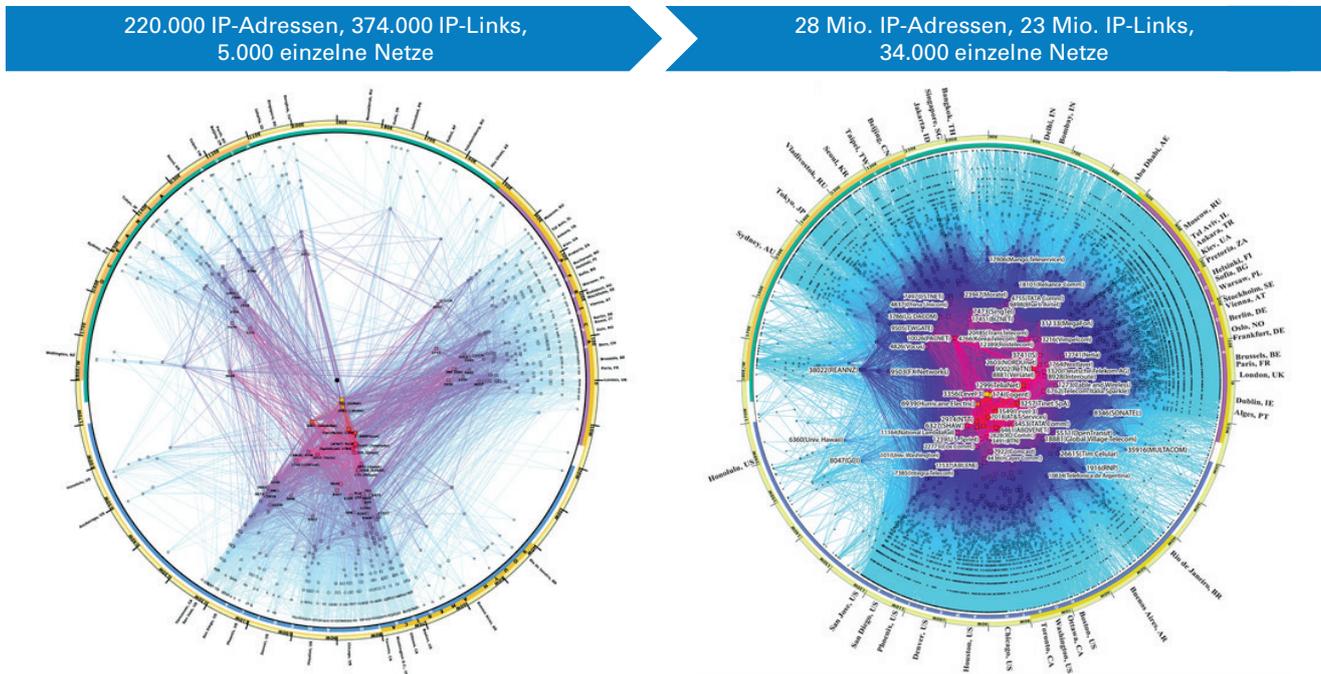
Die Kapazität der Netze für die Abwicklung des Datenverkehrs im Internet wurde stetig erweitert, während die verschiedenen Marktkräfte bzgl. der Art ihrer Verknüpfung und ihrer Interaktion Anpassungen vornahmen. Die Bedingungen für diese Interaktionen, die im vorliegenden Bericht als „Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung“ bezeichnet werden, wurden auf den aktuellsten Stand gebracht, um die neuartigen Anforderungen zu berücksichtigen, die sich in Folge der neuen Paradigmen auf der Nachfrageseite ergeben.

Das Internet besteht aus sogenannten IP-Zusammenschaltungen, d. h. IP-Links, die einige zehntausende sogenannte „Autonome Systeme“ (einzelne IP-Netze: öffentliche, private, akademische oder sonstige Netzarten) verbinden.

Alle zusammengeschalteten Netze im globalen Internet nutzen die Internetprotokollfamilie (TCP/IP) für den Austausch von Informationen untereinander. Das Internetprotokoll (IP) ist das wichtigste Kommunikationsprotokoll für die Übertragung von Informationspaketen vom Ursprung zum Ziel, und das ohne eine Form der zentralen Koordinierung zur Beobachtung und Aufrechterhaltung des Betriebszustandes des Netzes. Das Transportsteuerungsprotokoll (TCP, Transfer Control Protocol) steuert zum IP-Protokoll noch einige Kontrollmechanismen bei.

Diese Internetprotokollfamilie bietet viele einzigartige Merkmale.

Abbildung 10: Darstellung des globalen Internets mit Polarkoordinaten: Januar 2000 im Vergleich zu Januar 2013



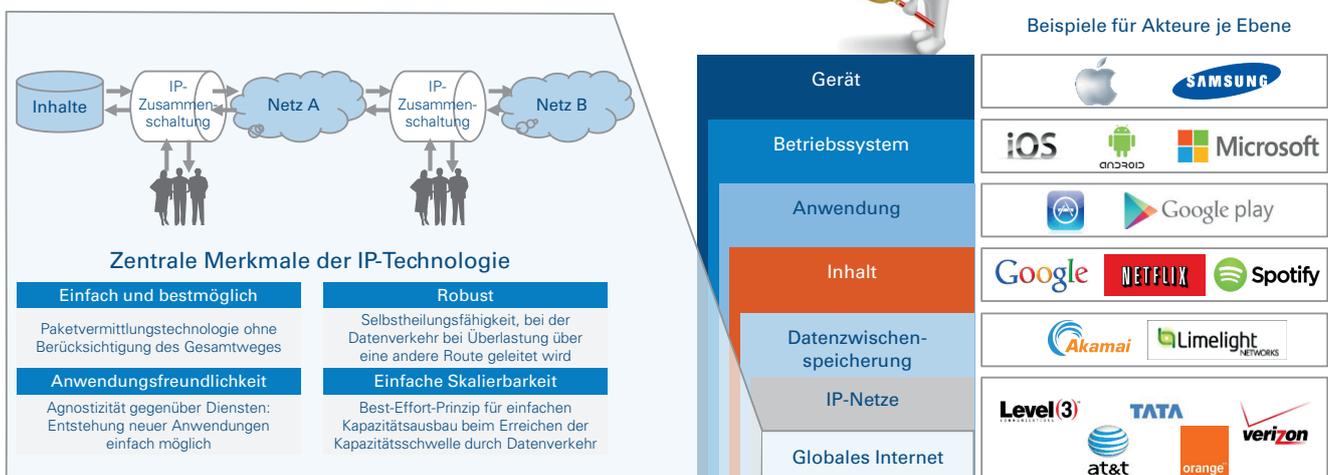
Quelle: CAIDA, Ark, Copyright UC Regent; Analyse von Arthur D. Little

Zunächst kommt das Best-Effort-Prinzip durch das Internetprotokoll bei allen Datenübertragungen zur Anwendung. Die Programmierung von Internetroutern sieht in der Tat vor, dass sie „ihr Bestes“ geben, um die Pakete zum angeforderten Zielort zu übermitteln und sie so zur nächsten (bzw. nächstbesten) Teilstrecke weiterleiten. Das Internetprotokoll bietet keinerlei Garantie dafür, dass die Pakete nicht verloren gehen, mit Verzögerung eintreffen, beschädigt oder vervielfältigt werden. Mit diesem Best-Effort-Mechanismus erhalten alle Nutzer eine

Übertragungsleistung mit unbestimmter und variabler Bitrate und Verzögerung, die einzig von der aktuellen Datenverkehrslast abhängig sind.

Aufgrund des Nichtvorhandenseins einer zentralen Intelligenz oder Kontrollstelle wird das Internet zu einem leicht skalierbaren Netzwerk: Die Kapazität kann schrittweise ausgebaut werden, wenn der Datenverkehr bestimmte Kapazitätsschwellen an jedem der einzelnen Knotenpunkte der global zusammenschalteten Netze erreicht.

Abbildung 11: Die IP-Technologie und die Internetstruktur



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Selbstheilungsfähigkeiten und eine gewisse Robustheit sind weitere Charakteristika der Internetprotokolle: Wird ein überlastungsbedingtes Problem entdeckt, wird die Paketübermittlung verlangsamt und/oder werden die Pakete auf alternative Routen zu ihren Zielorten umgeleitet. Damit die Komplexität des Netzwerks verringert werden kann und sich der Kern des Internets möglichst einfach gestaltet, ist die Intelligenz für die Fehlerkorrektur jeweils an den Endknoten (letzter Knoten vor dem Ziel, d. h. Router oder Computer) für die einzelnen Datenübertragungen angesiedelt.

Ein weiteres einzigartiges Merkmal besteht darin, dass das Internetprotokoll alle Pakete unabhängig von ihrem Inhalt abwickelt. Auf Grundlage der Informationen zu jeder Einheit werden sie einzeln adressiert und weitergeleitet. Deshalb handelt es sich dabei um eine anwendungsagnostische Transportart. Häufig wird dieses Merkmal als das Zaubermittel betrachtet, aufgrund dessen neue Anwendungen problemlos entstehen und sich schnell weiterverbreiten können.

Das Internet, so wie wir es kennen, umfasst jedoch viele weitere Schichten und das globale Internet befindet sich ganz am unteren Ende einer komplexen Struktur – der Internetstruktur. Endnutzer sammeln ihre Erfahrungen mit dem Internet über eine Vielzahl vernetzter Geräte, Betriebssysteme, Anwendungen und Online-Inhalte. Häufig aber sind sie sich der komplexen zusammenschalteten Struktur mit Bitübertragungs-, Sicherheits-, Netzwerk- und Transportebene, die diesem Nutzungserlebnis zugrunde liegen und die Nutzung all dieser faszinierenden Dienste überhaupt erst möglich machen, nicht bewusst.

An der Basis werden von den IP-Netzen und dem globalen System der IP-Zusammenschaltung verschiedene Aufgaben erledigt:

- Sie verschaffen der Hardware die Möglichkeit, Daten über ein physisches Netzwerk (aus Kabeln, Antennen, Karten und sonstigen physischen Bestandteilen) zu senden und zu empfangen;
- Sie übermitteln den Bitstrom (elektrischer Impuls, Licht- oder Funksignal) auf elektronischer und mechanischer Ebene im Netz;
- Sie steuern die Vermittlungs- und Routingtechnologien und erstellen dabei logische Wege für die Übertragung der Daten von Knoten zu Knoten;
- Sie nehmen Anpassungen an der Geschwindigkeit der Datenströme vor, um Überlastungen zu verhindern oder abzubauen und Datenströme beim Totalausfall bestimmter Routen umzuleiten;
- Sie gewährleisten die transparente Übertragung der Daten zwischen den Endsystemen oder Zentralcomputern, sie sind für die Behebung von Fehlern bei der Datenübermittlung vom Ursprung bis zum Ziel verantwortlich und sorgen für eine vollständige Übertragung der Daten.

### Vor dem Erreichen des Anwenders legen Inhalte und Anwendungen eine lange Reise zurück

Wenn ein Endnutzer (eine Einzelperson oder ein Unternehmen) auf ein bestimmtes Video, eine bestimmte Webseite oder sonstige Anwendung (z. B. Spiele) zugreifen will, verbindet er sich mit einem Server eines Inhalte- und Anwendungsanbieters, der ihm die Datenpakete sendet, aus denen sich sein Video, seine Webseite etc. zusammensetzt.

In der Regel verwendet der Endnutzer eine Softwareanwendung (z. B. einen Videoplayer), um den Inhalt auf seinem Gerät (PC, Tablet, Smartphone, TV etc.) anzuzeigen. Damit die oben erwähnte Anwendung ausgeführt werden kann, braucht das Gerät ein Betriebssystem (z. B. Windows, iOS, Android als am weitesten verbreitete Betriebssysteme). Das Gerät des Endnutzers stellt dann eine Verbindung zum Netz seines Internetanbieters her, der das Festnetz (DSL, Kabel- oder Glasfasernetz) oder das Mobilfunknetz für den lokalen Zugang betreibt. Von dort aus reisen die Datenpakete über ein oder mehrere zusammenschaltete Netze (autonome Systeme) vom Endnutzer zum Inhalte- und Anwendungsanbieter oder umgekehrt. Internationale Netzbetreiber sorgen für die Langstreckenanschlüsse an ausländische Netze. In einigen Fällen wurde der Inhalt von Content-Delivery-Netzwerken (CDN) bereits lokal gespeichert, wodurch sich die digitale Reise verkürzt.

Die Anzahl der Netze, welche die Datenpakete durchqueren, ist davon abhängig, ob es zum betreffenden Zeitpunkt eine Netzüberlastung gibt. Dabei nimmt jedes einzelne Paket die beste Route, die in dem Moment verfügbar ist, zu dem es versendet wird oder zu dem es einen neuen Punkt erreicht, an dem zwei Netze zusammenschaltet sind. Der Standort des Inhalte- und Anwendungsanbieters, seine Strategie für die Bereitstellung der Inhalte, gelegentliche Umstände oder einfach nur die physische Entfernung zum Endnutzer haben Einfluss darauf, welche der vier verschiedenen Arten von Routen die Datenpakete auf ihrer Reise einschlagen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Nutzungserlebnis hauptsächlich von der Effizienz aller Netzzusammenschaltungen sowie der Leistung des Geräts, des Betriebssystems und der Anwendung abhängig ist. Obwohl auch die letzten drei Punkte für das Nutzungserlebnis entscheidend sind, sind sie unabhängig von der Art der Verbindung zwischen den Netzwerken und werden in diesem Bericht nicht weiter behandelt.

### 1.3. Vorstellung der Akteure bei der IP-Zusammenschaltung

Die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung setzt sich aus den Akteuren zusammen, welche die Übertragung des Datenverkehrs von einem Ausgangspunkt A zu einem Endpunkt B ermöglichen. In der Regel handelt es sich beim Ausgangspunkt A um einen Anwendungs- oder Inhaltsserver und beim Endpunkt B um einen Endnutzer, der auf eine bestimmte Anwendung oder einen bestimmten Inhalt zugreift.

In der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung können fünf verschiedene Arten von Akteuren unterschieden werden:

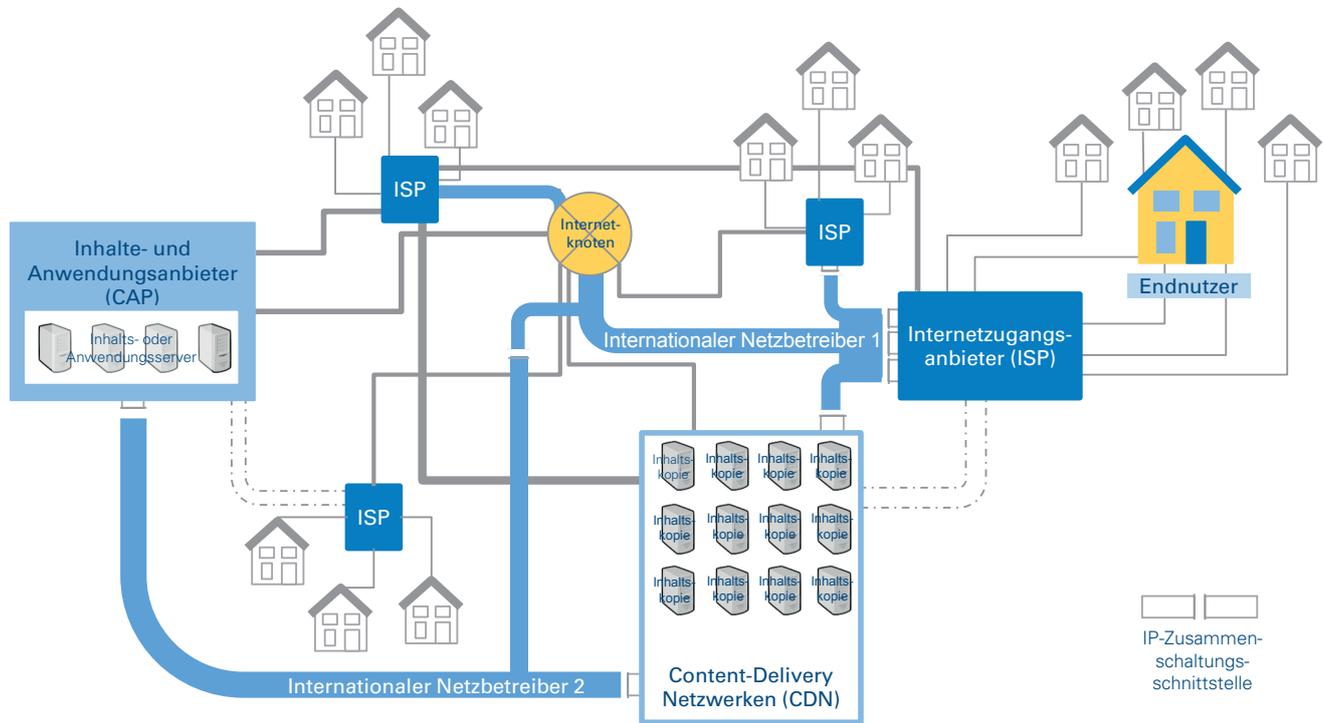
1. **Inhalte- und Anwendungsanbieter (CAP):** Diese Akteure bieten Endnutzern Inhalte oder Anwendungen mithilfe von Anwendungsservern zum Konsum an, die sich an einem oder mehreren Standort(en) auf der Welt befinden. Ein Inhalte- und Anwendungsanbieter kann über einen Internetanbieter, ein Content-Delivery-Netzwerk oder einen Anbieter von IP-Transitdiensten eine Verbindung zum Internet herstellen oder sich mit seiner unternehmenseigenen Infrastruktur direkt an einen Internetknoten anbinden.
2. **Anbieter von IP-Transitdiensten:** Diese Akteure sorgen für die internationale Anbindung, d. h. Zugang zu allen möglichen Ursprungs- und Zielländern der Welt. Es gibt keinen Akteur, der wirklich alle denkbaren Standorte (sowohl hinsichtlich der Reichweite als auch der Kapazität) abdeckt. Deshalb wird die globale Anbindung durch die Zusammenschaltung von mehreren Netzen hergestellt. Diese Netze treten beispielsweise in Form von regionalen Netzen, Unterseekabeln, bilateralen internationalen Landkabeln, Satellitenverbindungen für bestimmte Inseln und entlegene Standorte etc. in Erscheinung.
3. **Anbieter von Knotenpunkten für den Internetverkehr (IX):** Diese Akteure stellen eine Infrastruktur zur Verfügung, an denen zwei oder mehrere Parteien wechselseitig zusammengeschaltet werden können. Diese Dienstleistung wird von Konsortien oder privaten Akteuren angeboten; sie sind recht dünn gesät. Sie beschränken sich auf die wichtigsten globalen Metropolregionen oder Standorte mit strategisch günstiger Lage (z. B. Industriegebiete, Stadtzentren, Häfen).
4. **Content-Delivery-Netzwerke (CDN):** Diese Akteure bieten Netzwerke mit weltweit verteilten Datenzentren, bei denen es möglich ist Nicht-Echtzeit-Inhalte (aus Gründen der Effizienz und Qualität) für den lokalen Abruf durch Endnutzer zu speichern. Diese Akteure stellen eine übergelagerte Infrastruktur zur Verfügung, die oberhalb der globalen IP-Zusammenschaltung ansetzt.
5. **Internetzugangsanbieter (ISP):** Diese Akteure stellen die lokalen Zugangsnetze zur Verfügung, über welche die Endnutzer (sowohl Einzelpersonen als auch Unternehmen) angebunden werden. Je nach Situation kann ein Internetanbieter die Rolle als Internetzugangsanbieter am Ursprungsort (Ursprungs-ISP) oder am Zielort (Ziel-ISP) übernehmen – d. h. der Internetanbieter am Ursprungsort ist der Internetanbieter, mit dem der Inhalte- und Anwendungsanbieter eine Verbindung herstellt, während der Internetanbieter am Zielort für die Anbindung des Endnutzers zuständig ist.

Abbildung 12: Die wichtigsten Akteure in der Internetlandschaft



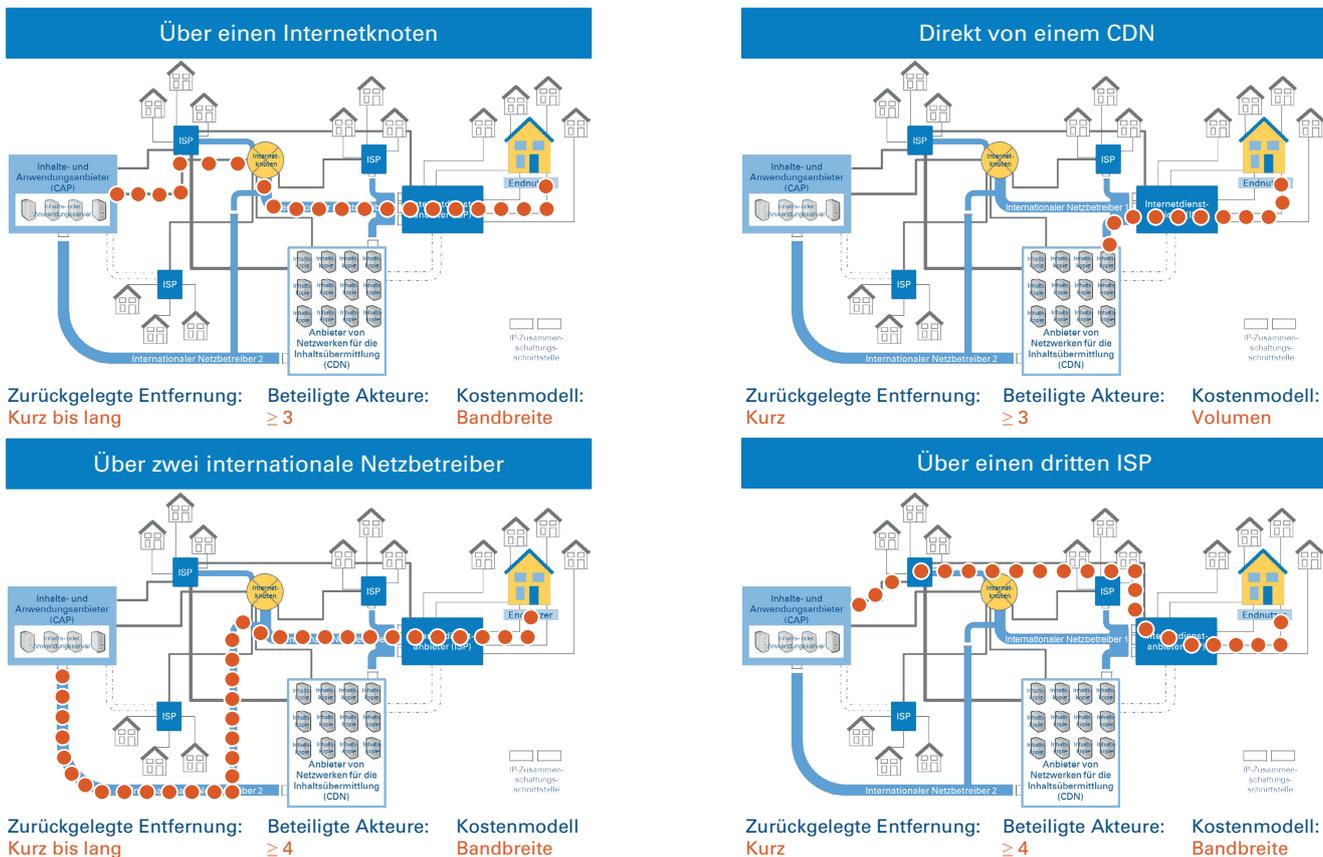
Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Abbildung 13: Die Internetlandschaft



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Abbildung 14: Die häufigsten Reiserouten von Inhalten und Anwendungen auf dem Weg zu den Endnutzern



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

### 1.4. Beschreibung der Geschäftsmodelle im Bereich der IP-Zusammenschaltung

Die IP-Zusammenschaltung wurde traditionell hauptsächlich über zwei kommerzielle Modelle bereitgestellt: Transit und Peering:

Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung werden seit jeher auf der Grundlage von zwei kommerziellen und unregulierten Modellen geschlossen, für die sich die an einer Zusammenschaltung beteiligten Parteien jeweils unter Abwägung der Frage, ob die Leistung lieber beschafft oder selbst erbracht werden soll, entscheiden: IP-Transitleistungen und Peering.

Wenn zwei Akteure eine Zusammenschaltung herstellen wollen (oder ihre bestehende Zusammenschaltung erweitern wollen), müssen sie sich entscheiden, ob sie lieber Transitleistungen erwerben oder eine Peering-Vereinbarung bevorzugen.

Diese beiden Verfahren beruhen auf einer freien Entscheidung zwischen den beiden an der Zusammenschaltung beteiligten Parteien.

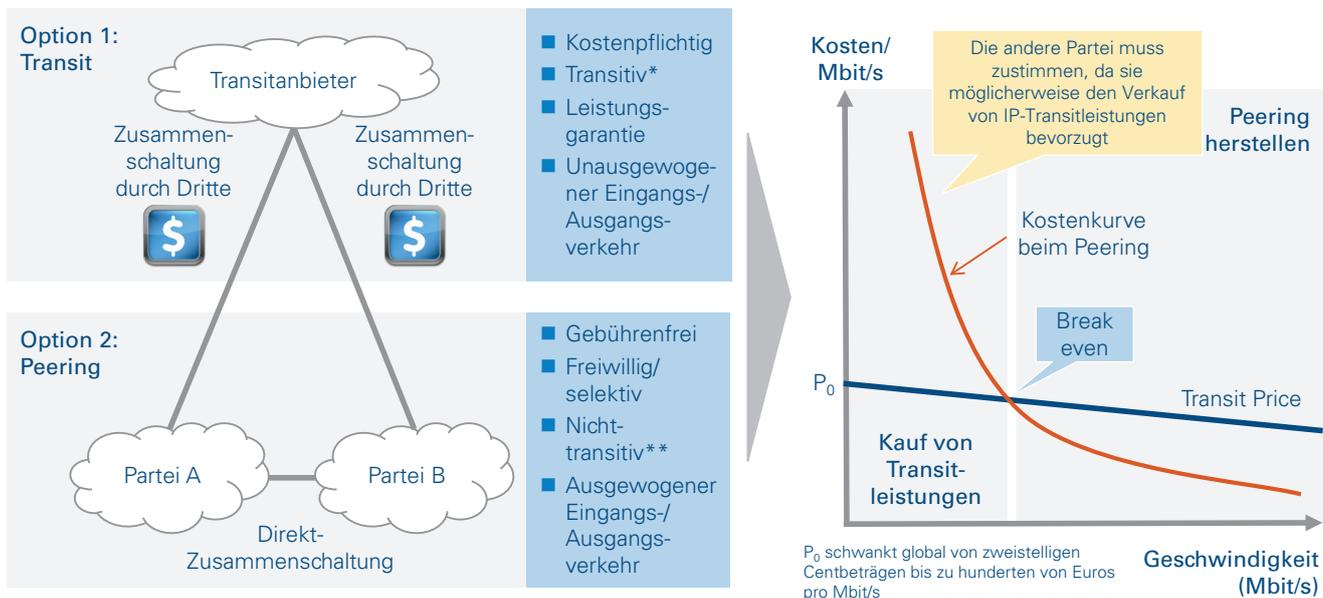
IP-Transitleistungen gehen mit einer bilateralen Vereinbarung einher, bei der ein Netzbetreiber einem (zugangssuchenden) Internetanbieter oder Inhalte- und Anwendungsanbieter die Anbindung an sämtliche globalen IP-Zielorte ermöglicht, die von seinem Netz erreicht werden und für die Abwicklung des ein- und ausgehenden Datenverkehrs zu und von dritten Parteien verantwortlich ist. In der Regel kaufen kleinere Internetanbie-

ter Transitleistungen bei globalen Netzbetreibern ein, um das gesamte Internet zu erreichen. Der Preis für die Transitleistungen beruht normalerweise auf der Kapazität (Mbit/s) und häufig müssen die Kunden eine Mindestmenge an Bandbreite abnehmen.

Netzbetreiber, die eine globale Anbindung herstellen können, werden als Tier-1-Netzbetreiber bezeichnet. Tier-1-Netze müssen keine Transitleistungen kaufen. Deshalb müssen sie kein anderes Unternehmen für die Durchleitung und Verteilung ihres Datenverkehrs an alle mit dem Internet verbundenen Netze bezahlen. (Tier-1-Netze unterhalten aber häufiger Peering-Vereinbarungen miteinander.) Interessanterweise ist anzumerken, dass gegenwärtig kein Tier-1-Netz in der Lage ist, mit dem eigenen Netz alle gegenwärtig im globalen Internet vorhandenen autonomen Systeme zusammenzuschalten. Im allgemeinen erhalten globale internationale Netzbetreiber, die mehr als 20 Prozent der IP-Adressen erreichen, den Status als Tier-1-Netzbetreiber. (Erreicht wurde diese Stufe bislang nur von wenigen Akteuren wie beispielsweise Level3, AT&T, TeliaSonera und TI Sparkle).

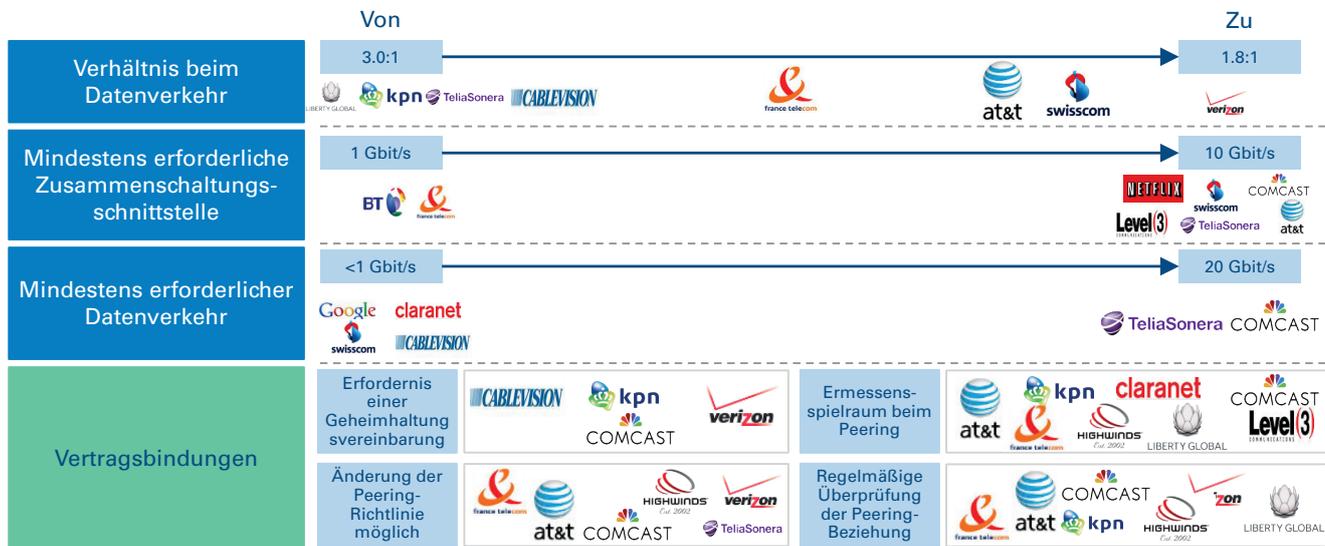
Das alternative Modell bei der IP-Zusammenschaltung ist das Peering. Mit der Globalisierung des Internets und dem Volumenzuwachstum beim Datenverkehr im Internet nehmen die gegenseitigen Leistungszusagen für die kosteneffiziente Zusammenschaltung schon allein aus bloßem Eigeninteresse zu. Deshalb entscheiden sich Internetanbieter, die kostenintensive und mengenabhängige IP-Transitleistungen vermeiden wollen, häufig

Abbildung 15: Optionen bei der IP-Zusammenschaltung: Transit gegenüber Peering



\* Transitiv: alle möglichen IP-Ziele, auf die von den zusammengeschalteten Parteien zugegriffen wird, werden zur Verfügung gestellt;  
 \*\* Nicht-transitiv: nur die IP-Ziele, auf die von den beiden am Peering beteiligten Parteien direkt zugegriffen wird, werden zur Verfügung stellt.  
 Quelle: Analyse von Arthur D. Little; William Norton (Dr Peering.com)

Abbildung 16: Überblick über die Merkmale der Peering-Richtlinien



Quelle: Unternehmenswebseiten, Analyse von Arthur D. Little

Legende: ■ betrieblich ■ allgemein

dafür eine direkte Zusammenschaltung vorzunehmen, d. h. eine Gegenseitigkeitsvereinbarung einzugehen.

Mit einer solchen Peering-Vereinbarung verpflichten sich zwei Parteien zum Austausch des Datenverkehrs untereinander. Im Gegensatz zu Transitleistungen wird beim Peering kein Zugang zum gesamten Internet hergestellt. Zwischen den Parteien einer Peering-Vereinbarung erfolgt lediglich ein Austausch zwischen IP-Adressen, die direkt an ihre Netze angebunden sind (nicht-transitiv).

Anfangs wurden Peering-Vereinbarungen ganz einfach mit Handschlag geschlossen und sahen keinerlei Zahlung vor (gebührenfrei). Dabei muss jedoch beachtet werden, dass Peering für die daran beteiligten Partner nicht zum Nulltarif zu haben ist: Bei der Einrichtung einer (wenn auch gebührenfreien) Zusammenschaltung mittels Peering müssen die gleichrangigen Partner die Einrichtungs- und Wartungskosten tragen – konkret:

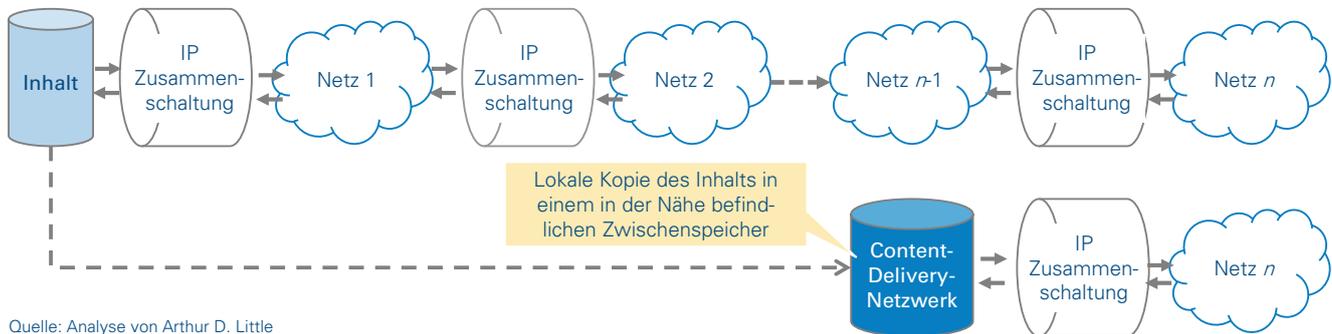
- Die Übertragungskosten für die Weiterleitung des Datenverkehrs zum Standort, an dem der Austausch im Rahmen des Peerings erfolgt;
- Zusammenschaltungskosten: Betriebskosten, hauptsächlich im Zusammenhang mit Räumlichkeiten und Strom, sowie Netzausrüstung an einem physischen Standort mit Zugang zu den Peering-Switches;
- Ausrüstungskosten (z. B. Router/Switches);
- Gebühren für den Peering-Port (wenn das Peering an öffentlichen Standorten stattfindet und das Konsortium für den Betrieb des Internetknotens einen Zugang zu einer gemeinsam genutzten Routingstruktur bietet).

In den Anfangszeiten des Peerings übertrugen die meisten internetgestützten Anwendungen eine ziemlich begrenzte und ausgewogene Menge an Daten zwischen den Internetnutzern. Daher bestand die zugrunde liegende Voraussetzung für diese Peering-Vereinbarungen darin, dass zwischen beiden Parteien ein ausgeglichenes Volumen an Datenverkehr im Internet ausgetauscht werden sollte. Verschiedene wirtschaftliche und technische Gründe sprachen für den weitverbreiteten Einsatz von Peering-Vereinbarungen:

- Vermeidung der höheren Kosten für Transitleistungen;
- Steigerung der Robustheit des IP-Netzes mithilfe redundanter Wege, mit denen die Abhängigkeit von einem oder wenigen Transitanbietern verringert wird;
- Ausbau der Routingfähigkeit durch die Verfügbarkeit alternativer Strecken bis zu einem bestimmten Zielort;
- Verringerung der Verzögerung bei der Übertragung (Latenz) durch direkte Zusammenschaltungen.

*Eine zu Beginn des Jahres 2013 veröffentlichte Umfrage der OECD enthielt die Aussage, dass es sich bei 99,51 Prozent der in der Umfrage untersuchten 142.210 Peering-Vereinbarungen um per Handschlag geschlossene Vereinbarungen handele, bei denen die Parteien allgemein anerkannten Bedingungen zustimmten, ohne dass dafür ein Schriftstück ausgefertigt wurde.*

Abbildung 17: Grundlegende Arbeitsweise von Content-Delivery-Netzwerken



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

### Transparenz beim Peering

Mit dem rasanten Anstieg des Datenverkehrs und der Zunahme der Peering-Vereinbarungen fingen die Internetanbieter an ihre Peering-Beziehungen mithilfe spezifischer Peering-Richtlinien zu strukturieren, die üblicherweise auf ihren Webseiten veröffentlicht werden. Eine Überprüfung der Peering-Richtlinien von 18 Unternehmen zeigt die folgenden wiederkehrenden Merkmale auf:

- **Ausgewogenes Verhältnis beim Datenverkehr:** Die Peering Akteure benötigen ein ausgewogenes Verhältnis im ausgetauschten Datenverkehr und legen Grenzwerte für das Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsverkehr fest (zwischen 3:1 und 1,8:1). In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass in den Peering-Richtlinien von Inhalte- und Anwendungsanbietern oder Content-Delivery-Netzwerken keinerlei Anforderungen für das Verhältnis im Datenverkehrsaustausch vorgesehen sind, da bei ihnen per Definition ein unausgewogenes Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsverkehr vorherrscht;
- **Mindestens erforderliche Zusammenschaltungsschnittstelle:** Häufig gibt es einen erforderlichen Mindestwert für die Zusammenschaltungskapazität der Verbindungen an den Peering-Standorten (1 Gbit/s bis 10 Gbit/s für Standardschnittstellen);
- **Mindestdatenverkehr:** Einige Betreiber, die eine angemessene Nutzung ihrer Investitionen sicherstellen wollen, verlangen, dass eine Mindestmenge an Datenverkehr durch die Zusammenschaltungslinien fließt, die häufig in Gbit/s (mithilfe des 95. Perzentils, des Durchschnitts und des Spitzendatenverkehrs als Kennwerten) gemessen wird. Die erforderlichen Mindestwerte schwanken erheblich und reichen von 25 Mbit/s bis 20 Gbit/s;
- **Sonstige Vertragsbestimmungen:** In den sonstigen vertraglichen Bestimmungen ist im allgemeinen die Möglichkeit vorgesehen zu jedem beliebigen Zeitpunkt Änderungen an der Peering-Vereinbarung vorzunehmen. Sie betreffen Fragen wie das Recht zur regelmäßigen Überprüfung der Peering-

Beziehung oder die Ermessensentscheidung jeder Partei darüber, ob das Peering überhaupt zustande kommt.

Der springende Punkt bei Peering-Vereinbarungen ist die Erweiterung von Verbindungen, sobald diese immer stärker ausgelastet werden, da überlastete Ports die Geschwindigkeit des Datenflusses zwischen den Netzen verlangsamen. Sobald Verbindungen zu etwa 50 Prozent ausgelastet sind, vereinbaren Peering-Partner in der Regel einen zeitnahen Ausbau.

### Auswirkungen der Ausbreitung von Internetknoten auf das Peering

Die rasant zunehmende Nutzung von Peering-Vereinbarungen wurde durch die Einrichtung von öffentlichen Orten für deren praktische Umsetzung, den sogenannten Internetknoten, beschleunigt. Die zunehmende Zahl von Internetknoten in der Welt belegt, dass der Trend zur Dezentralisierung des Internets zu einem Übergang von globalen Transitvereinbarungen zu stärker regional angelegten Zusammenschaltungen auf der Grundlage von Peering-Vereinbarungen geführt hat. Nach dem anfänglichen Erfolg mehrerer Internetknoten in den USA und Europa hat sich ihre Verbreitung beschleunigt und sie prägen zunehmend auch in Asien und in Entwicklungsländern die Internetlandschaft.

Ein Internetknoten ist ein großes Datenzentrum, in dem Betreiber ihre Server im Rahmen einer Zusammenschaltung an das Netz anschließen und/oder mithilfe direkter Querverbindungen miteinander verbinden können. Die größten europäischen Internetknoten befinden sich in Amsterdam, London und Frankfurt.

Beim sogenannten **öffentlichen Peering** stellt eine große Zahl von Betreibern über eine gemeinsam genutzte Peering-Struktur (einen Ethernet-Switch) an öffentlichen Internetknoten Verbindungen zueinander her. Beim öffentlichen Peering werden Investitionen und Betriebskosten gemeinschaftlich getragen, sodass die Kosten für das private Peering (Austausch von Datenverkehr zwischen zwei Betreibern über einen speziell dafür vorgesehenen Link) sinken.

Für das **private Peering** wird eine direkte physische Verbindung (in der Regel bestehend aus einer oder mehreren Glasfasern für das 10-Gbit-Ethernet) hergestellt. Die Verbindung wird nur zwischen zwei Netzen hergestellt, für die dann eine festgelegte Gebühr an den Eigentümer der Infrastruktur (wie beispielsweise ein Datenzentrum) gezahlt wird.

Das private Peering bleibt eine erstrebenswerte Lösung, wenn das Volumen des zwischen beiden Internetanbietern ausgetauschten Datenverkehrs hoch ist und die am Peering beteiligten Parteien mehr Spielraum zur Vereinbarung eines Ausbaus der Kapazität haben wollen, um Überlastungen zu vermeiden.

Mit der Zeit entstanden neue **Varianten beim Peering** als Folge neuer Strategien und Taktiken bei der Zusammenschaltung, die darauf abzielten, Gebühren für IP-Transitleistungen oder die Einschränkungen in den Peering-Richtlinien besser zu umgehen. Einige Beispiele hierfür sind:

- Beim Content Peering handelt es sich um eine Peering-Beziehung mit einem unausgeglichenes Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsverkehr. Diese Situationen ergeben sich in der Regel bei Zusammenschaltungen zwischen einem Internetanbieter und einem Inhalte- und Anwendungsanbieter;
- Beim kostenpflichtigen Peering ist eine Ausgleichszahlung für ein strukturelles Ungleichgewicht zwischen Eingangs- und Ausgangsverkehr oder für das Überschreiten eines bestimmten Zahlenverhältnisses beim Datenverkehr zwischen den Dienstanbietern vorgesehen. Häufig kommt kostenpflichtiges Peering in Vereinbarungen für Content Peering zum Einsatz;

- Multi-Homing Peering ist die Bezeichnung für einen Ansatz oder vielmehr eine Taktik, bei der Zusammenschaltungen mit mehr als einem Internetanbieter vorgenommen werden, um die Redundanz zu erhöhen und/oder Ungleichgewichte beim Eingangs- und Ausgangsverkehr zu vermeiden;
- Beim Partial Transit handelt es sich um eine Methode, bei der ein Internetanbieter an kleinere Internetanbieter den Zugang zu Zusammenschaltungsstrecken weiterverkauft, die er sich im Rahmen einer Peering-Beziehung gesichert hat, z. B. an einem Internetknoten. Der entsprechende Preis liegt etwas über dem Preis für die Übertragung des Datenverkehrs zum Internetknoten, im allgemeinen jedoch unter den Gebühren für IP-Transitleistungen.

### Entstehung von Content-Delivery-Netzwerken als Antwort auf Bedarf nach höherwertiger Bereitstellung

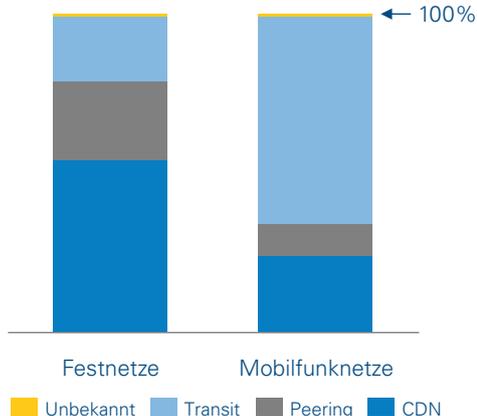
Die explosionsartige Verbreitung von Medieninhalten und die massenhafte Übernahme kommerzieller Praktiken im Internet ist mit neuen Qualitätsanforderungen einhergegangen, die durch Transit oder Peering im Rahmen von Zusammenschaltungen nicht mehr erfüllt werden können.

Zunächst werden die Datenpakete bei der traditionellen Zusammenschaltung mit den Inhalten auf die am besten verfügbare Strecke geschickt. Dort legen sie häufiger mehrere Teilstrecken zurück, wobei immer das Risiko für eine übermäßig lange Verzögerung bei der Übertragung oder Paketverlust besteht.

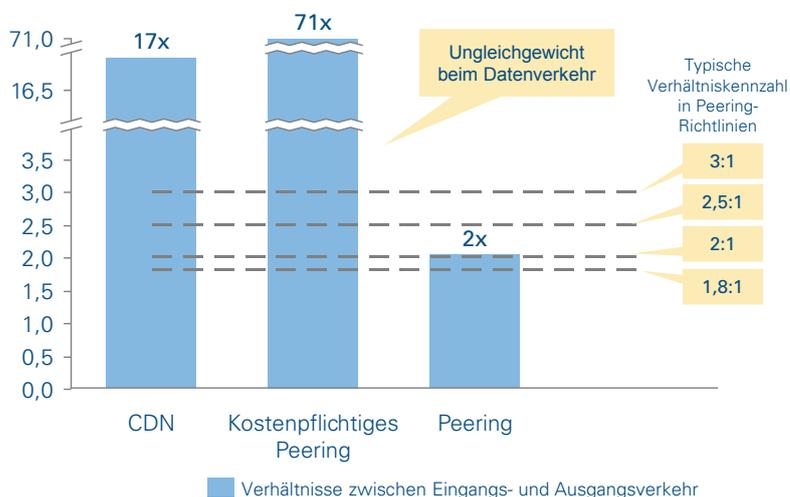
Zweitens wird ein Großteil der von den Endnutzern angeforderten Inhalte nicht in Echtzeit zur Verfügung gestellt und muss deshalb nicht ständig aktualisiert werden.

Abbildung 18: Relevanz von Content-Delivery-Netzwerken und Beispiele für Ungleichgewichte zwischen Eingangs-/Ausgangsverkehr

Prozentualer Anteil des Datenverkehrs über Zusammenschaltungen



Quelle: Fallbeispiel, Interviews von Arthur D. Little



Drittens hat die physische Entfernung eine negative Auswirkung auf den endgültigen Durchsatz (wie später im Bericht noch zu sehen sein wird).

Aus diesen Gründen richtete man Content-Delivery-Netzwerke ein und lagerte Kopien der beliebtesten Inhalte und/oder Anwendungen in einer jeweiligen Region in lokalen Zwischenspeichern. Durch die Nähe, die durch die kürzeren Wege zu den Endnutzern hergestellt worden ist, ist die Qualität des Nutzungserlebnisses am Zugangspunkt des lokalen Zugangsnetzes gesichert, während die Zusammenschaltungskosten für Transitleistungen sinken.

Die vorrangig unidirektionale Ausrichtung des Datenverkehrs bei Medieninhalten läuft darauf hinaus, dass an Schnittstellen von Content-Delivery-Netzwerken ebenso wie an Schnittstellen für das kostenpflichtige Peering strukturelle Ungleichgewichte beim Ein- und Ausgangsverkehr vorzufinden sind.

Reine CDN-Akteure (wie Akamai, Limelight und Edgecast) sowie als Netz- und CDN-Betreiber auftretende Akteure (wie Level3) entstanden und wuchsen, indem sie Leistungen wie Inhaltsaggregation und Zwischenspeicherung in ihre Angebotspalette aufnahmen. Der über CDN-Akteure abgewickelte Datenverkehr nahm stetig zu. Mittlerweile entfallen hierauf etwa 50 Prozent des globalen Datenverkehrs im Internet.

Statistiken zur Aufteilung des Datenverkehrs an Schnittstellen für die IP-Zusammenschaltung sind rar. Eine kürzlich erfolgte Analyse von mehreren Regulierungsstellen (z. B. Ofcom) ergab jedoch, dass in Großbritannien 55 Prozent des Datenverkehrs über Festnetze und 25 Prozent des Datenverkehrs über Mobilfunknetze auf Content-Delivery-Netzwerke entfallen.

In der Differenz bei der Zusammensetzung des Datenverkehrs über Schnittstellen im Fest- und im Mobilfunknetz spiegeln sich größtenteils die Unterschiede von Art und Volumen der Inhalte und Anwendungen wider, die über diese Netze in Anspruch genommen werden. In der Tat wurden über Festnetze schon seit jeher weitaus mehr Videoinhalte und größere Datenmengen abgewickelt als über Mobilfunknetze.

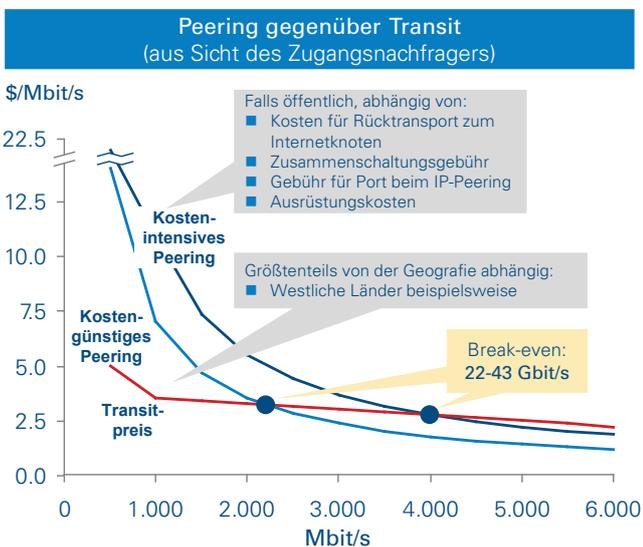
Die Entwicklung von Content-Delivery-Netzwerken hat auch zur Regionalisierung des Datenverkehrs beigetragen:

- Der Blick auf die internationale Entwicklung der Bandbreite nach Strecke zeigt, dass die internationale Kapazität in den vergangenen Jahren weniger stark als der allgemeine IP-Datenverkehr zugenommen hat;
- Mit der Entwicklung von größeren regionalen Netzwerken ist der Anteil der internationalen Kapazität mit Anbindung an die Vereinigten Staaten und Kanada in sämtlichen Regionen mit Ausnahme von Lateinamerika zurückgegangen. Es wurde beobachtet, dass die größten Partner für die IP-Zusammenschaltung mit Nordamerika – Europa und Asien – einen Rückgang des Anteils ihrer an die Vereinigten Staaten angebotenen internationalen Bandbreite von 24 Prozent im Jahr 2007 auf 16 Prozent im Jahr 2011 bzw. von 58 Prozent auf 42 Prozent verzeichneten.

### Die Auswahl des Pakets an Leistungen für die IP-Zusammenschaltung setzt eine genaue Abwägung voraus

Die Auswahl der optimal passenden Leistung(en) für die IP-Zusammenschaltung (Peering, Transit und/oder CDN) setzt eine

Abbildung 19: Verfahren bei der Zusammenschaltung aus wirtschaftlicher Sicht



Quelle: Dr Peering, Analyse von Arthur D. Little

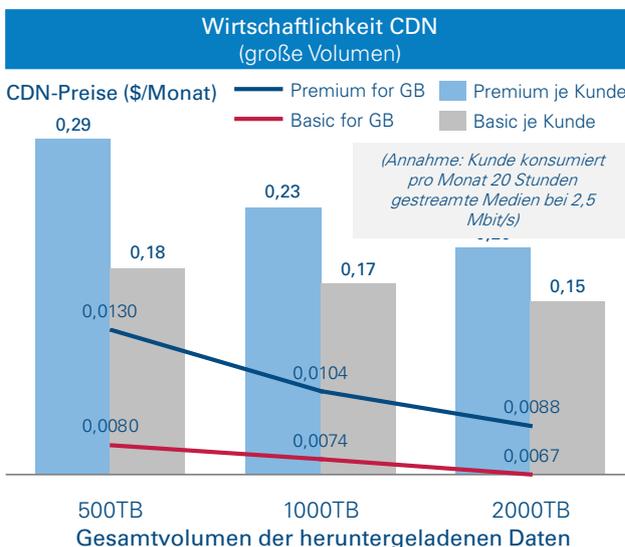
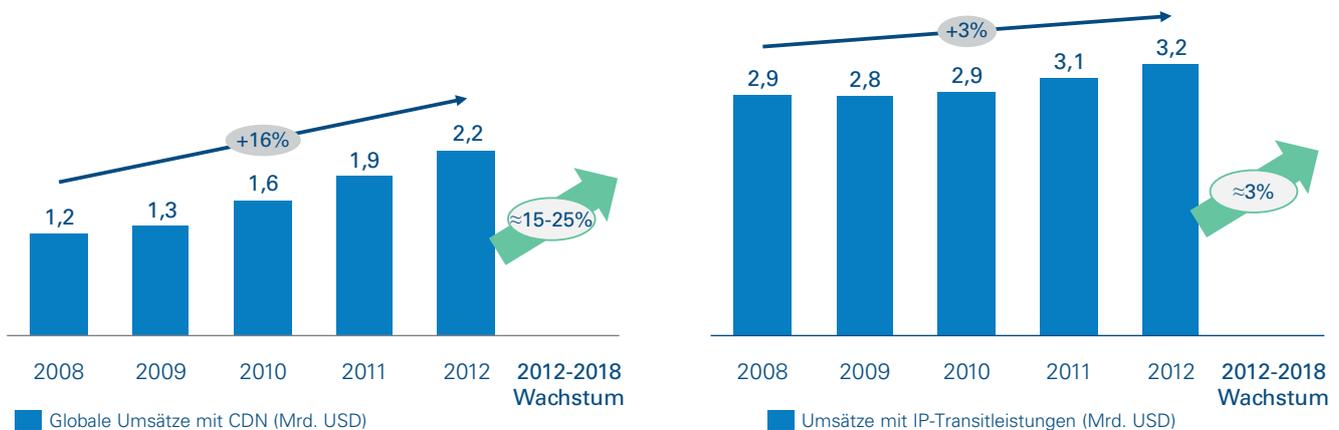


Abbildung 20: Entwicklung des Marktes für CDN und IP-Transitleistungen



Quelle: ITU, Analyse von Arthur D. Little

nicht ganz einfache Abwägung vieler Faktoren voraus, Pauschal-lösungen gibt es keine.

Einerseits sind Vereinbarungen über IP-Transitleistungen mit Kos-ten für die Abwicklung des Datenverkehrs verbunden (je höher die Datenverkehrsvolumen, desto höher die Transitzkosten), andererseits stehen sie aber auch für:

- Flexibilität und Redundanz bei der Verwaltung der Schnittstel-len für die Zusammenschaltung;
- Ein professionelles Vorgehen bei der komplexen Aufgabe des Routings des Datenverkehrs und der Gewährlei-stung der Übertragungsqualität im Fall von unerwarteten Vorkommnissen.

Die Entscheidung für IP-Transitleistungen spart auch einige Investitions- und Betriebskosten für die Einrichtung von Peering-Beziehungen.

Andererseits ist das Peering im Allgemeinen besser geeignet, wenn das Aufkommen (und somit die erforderliche Bandbreite) zwischen zwei Parteien groß genug ist, dass die Stückkosten unter den Kosten für die Transitleistungen liegen. Grundsätzlich bietet Peering auch den Vorteil, dass bei der Abwicklung des Verkehrs auf überflüssige Teilstrecken verzichtet werden kann, sodass die Verzögerung bei der Übertragung (Latenz) und das Risiko eines Paketverlusts geringer werden.

Schließlich gibt die Zusammenschaltung mit einem Content-Delivery-Netzwerk Inhalteanbietern die Möglichkeit eigene Inhalte über eine direkte Zusammenschaltung zu verteilen, durch die im Vergleich zu Transit-Leistungen Ersparnisse erzielt werden können. Zugleich kann dadurch (dank der Nähe sowie einer individuell auf die Bedürfnisse der Endnutzer zugeschnittenen Zusammenstellung von eigenen Zwischenspeichern) auch eine bessere Qualität gewährleistet werden.

Obwohl die Preisdynamik im Sektor und die Merkmale der Dienstleistungen einen direkten Vergleich schwierig gestalten (insbesondere beim Vergleich von Transitleistungen mit Content-Delivery-Netzwerken), lässt sich festhalten, dass Peering und CDN-Dienste kosteneffektive Alternativen für Zugangsnachfrager darstellen, insbesondere für Inhalteanbieter, sobald die Kapazität der Schnittstelle für die Zusammenschaltung eine Schwelle von 2-4 Gbit/s überschreitet und/oder enorm große Downloadvolu-mina im Spiel sind.

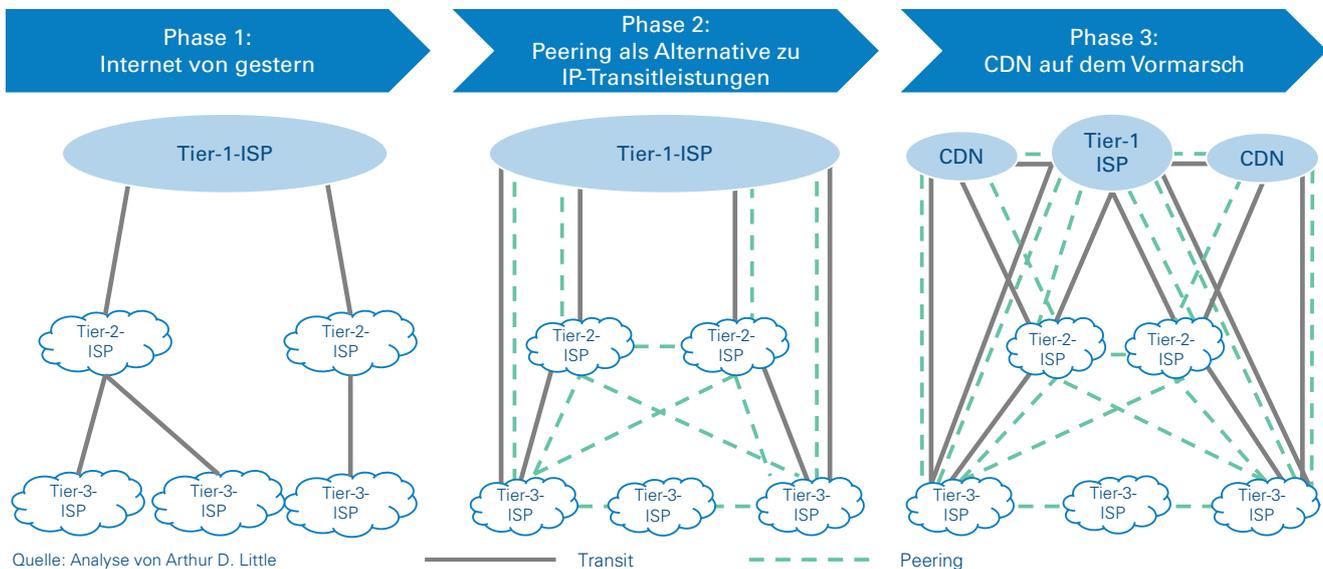
Die wirtschaftliche Betrachtung der Content-Delivery-Netzwerke unterscheidet sich vom Preissystem bei IP-Transitleistungen und Peering, da ihre Haupttreiber im Zusammenhang mit einer geringen Latenz (im allgemeinen, je nach Anzahl der Datenzen-tren, über welche die Inhalte verteilt werden) und den Down-loadvolumina (GB als Treiber anstelle von Mbit/s) stehen. Je nach geforderter Servicequalität – d. h. der Anteil der beteiligten Datenzentren – kann sich der CDN-Preis verdoppeln.

*Der Gesamtumsatz in den Segmenten für IP-Transit-leistungen und Content-Delivery-Netzwerke erreicht in etwa eine Höhe von 6 Mrd. USD, er liegt also weit unter einem Prozent der Einnahmen in der gesamten Telekommunikationslandschaft.*

Trotz des zunehmenden Wettbewerbs zwischen den verschiede-nen Verfahren bei der Zusammenschaltung legt das Geschäft bei den Content-Delivery-Netzwerken und den IP-Transitleistungen zu, wobei erstere ein schnelleres Wachstum verzeichnen (CAGR = 16 Prozent) und sich letztere am Rande der Stagnation bewege-n (CAGR = 3 Prozent).

Dem CDN-Markt wird für die kommenden Jahre ein erhebli-ches Wachstum vorausgesagt, während das Wachstum bei den

Abbildung 21: Entwicklung der Internetarchitektur zu einer robusten und flachen Struktur



IP-Transitleistungen je nach geografischer Lage voraussichtlich schwach bis mäßig ausfallen wird.

### Die Dynamik bei den Verfahren für die IP-Zusammenschaltung verhalf dem Internet zu Robustheit und Effizienz

Der Wettbewerb zwischen den drei Formen der IP-Zusammenschaltung (Peering, Transitleistungen und Content-Delivery-Netzwerke) trieb die Entwicklung der Architektur und Topologie der Internetlandschaft im Bereich der Zusammenschaltung voran. Sie verlor ihre hierarchische Ordnung und wandelte sich zu einer flacheren Struktur.

Am Anfang war die Topologie hierarchisch geprägt und an der Spitze der Pyramide gab es einige wenige globale Tier-1-Internetanbieter. Der Zugang zur Zusammenschaltung mit dem globalen Internet wurde dann über Transitleistungen bis zu regionalen Internetanbietern (Tier-2-Internetanbieter) und lokalen Akteuren (Tier-3-Internetanbieter) kaskadenförmig absteigend hergestellt, wobei die beiden letzteren die Annahme und Bereitstellung der Inhalte oder Anwendungen übernahmen. Lokale Tier-3-Akteure stützten sich daher auf Zusammenschaltungsvereinbarungen mit Tier-2- und Tier-1-Betreibern, um die Internetdienste für ihre Endkunden anzubieten.

Mit dem schnellen Aufkommen von Peering und Content-Delivery-Netzwerken wurden direkte Zusammenschaltungen zwischen jeder Art von Akteur (Tier-1, Tier-2 und Tier-3) möglich. Hierdurch ergab sich eine wesentlich robustere Topologie mit erheblich weniger Ausfallpunkten.

In den meisten Ländern, insbesondere in den entwickelten Ländern, gibt es mittlerweile bis zu 40 Knoten für die Zusammenschaltung mit dem globalen Internet. Hierdurch sinkt das Risiko für einen Verlust der Anbindung an das Internet erheblich. Das Risiko der Trennung vom globalen Internet kann (nach Renesys) wie folgt als Funktion der Anzahl der Anbieter für die Anbindung an das internationale Internet dargestellt werden:

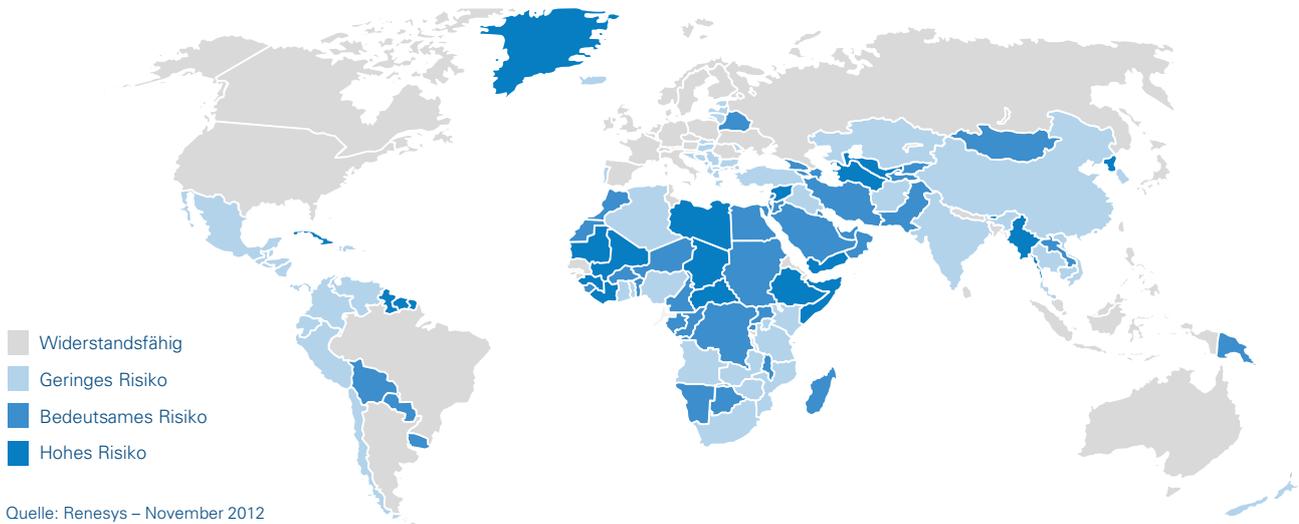
- Hoch, mit nur einem oder zwei Anbietern
- Bedeutsam, mit drei bis neun Anbietern
- Gering, mit 10 bis 39 Anbietern
- Widerstandsfähig, mit mehr als 40 Anbietern

Neben der Robustheit nahm dank der Entwicklung von photonischen Technologien und Datenverarbeitungstechnologien auch die Effizienz zu. Dies führte in den vergangenen 15 Jahren zu einer erheblichen Senkung der Kosten für die Zusammenschaltung im Rahmen von Transitleistungen und Peering (mit einer kumulierten jährlichen Wachstumsrate von -24 Prozent).

Hierbei ist zu beachten, dass die Zunahme des Datenverkehrsaufkommens trotz der erheblichen Senkung der Preise für die Zusammenschaltung im Rahmen von Transit und Content-Delivery-Netzwerken der Grund für die steigenden Umsatzprognosen für Content-Delivery-Netzwerke und Transitleistungen ist.

Insgesamt haben die zunehmende Verbreitung von Content-Delivery-Netzwerken, erhebliche Rückgänge bei den Zusammenschaltungskosten und die explosionsartige Verbreitung von Internetknoten zu einer bedeutenden Effizienzverbesserung geführt, durch Preissenkungen für die IP-Zusammenschaltung um jährlich 30 Prozent.

Abbildung 22: Risiko einer Trennung der Verbindung zum Internet



*Dies legt die Annahme nahe, dass die Marktkräfte – zumindest bislang – gut auf die explosionsartige Zunahme des Datenverkehrs im Internet und den morphologischen Wandel des Internets reagiert haben.*

Inhalte- und Anwendungsanbieter haben je nach ihrer Größe viele Alternativen für die Zusammenschaltung

Je nach Art und Volumen ihres Datenverkehrs sowie den verfügbaren Finanz- und Infrastrukturrressourcen, stehen Inhalte- und Anwendungsanbietern mehrere Wege offen, um ihre Leistungen

an die Endnutzer zu bringen. Sie können zwischen folgenden Varianten wählen:

- Herstellung einer Verbindung zu einem lokalen Internetzugangsanbieter (Route 1); die am häufigsten verbreitete Option bei kleineren Inhalte- und Anwendungsanbietern;
- Herstellung einer direkten Verbindung zu einem Content-Delivery-Netzwerk (Route 2); Option, die hauptsächlich für Anwendungen mit strengeren Qualitätsanforderungen für die Übertragung gewählt wird;
- Herstellung einer direkten Verbindung mit einem Transitanbieter oder Peering mit Tier-1- oder Tier-2-Internetanbieter

Abbildung 23: Treiber des Preisverfalls bei IP-Transitleistungen und Content-Delivery-Netzwerken

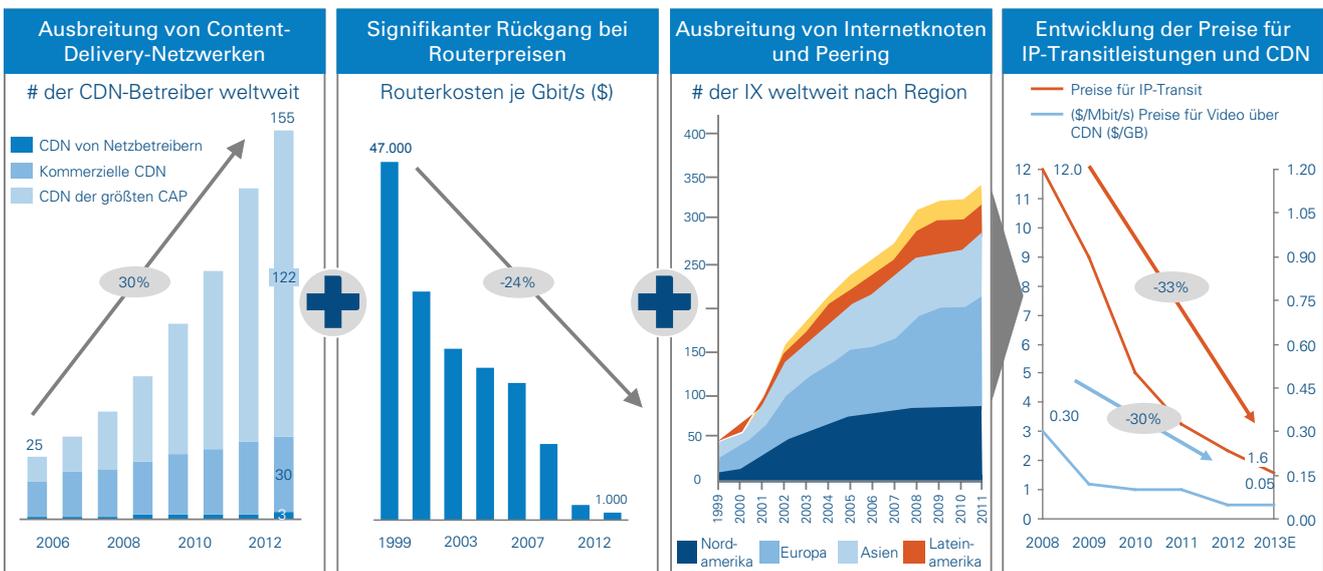
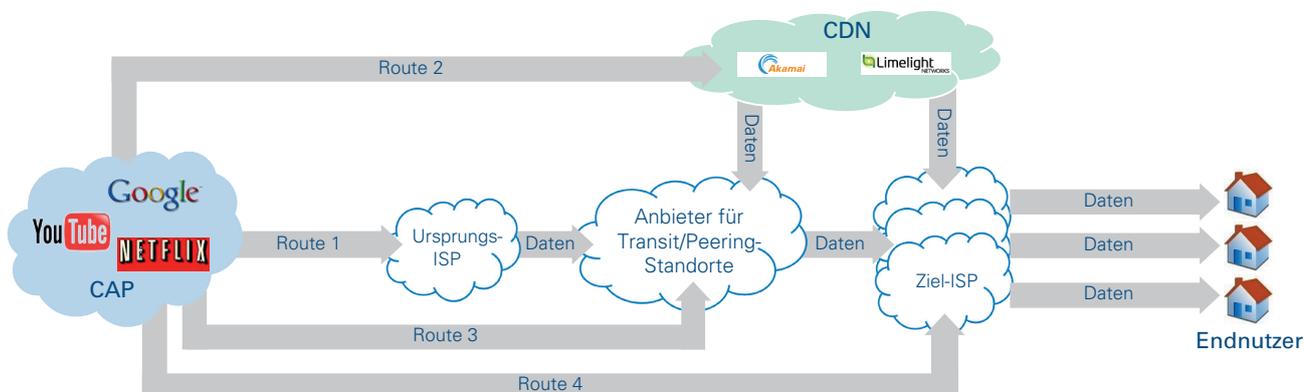


Abbildung 24: Daten- und Geldflüsse im Ökosystem des Internets



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

(Route 3); diese Option wird im Allgemeinen von größeren Inhalte- und Anwendungsanbietern gewählt, die Anbietern von IP-Transitleistungen Inhalte im Austausch für eine bessere globale Anbindung bieten;

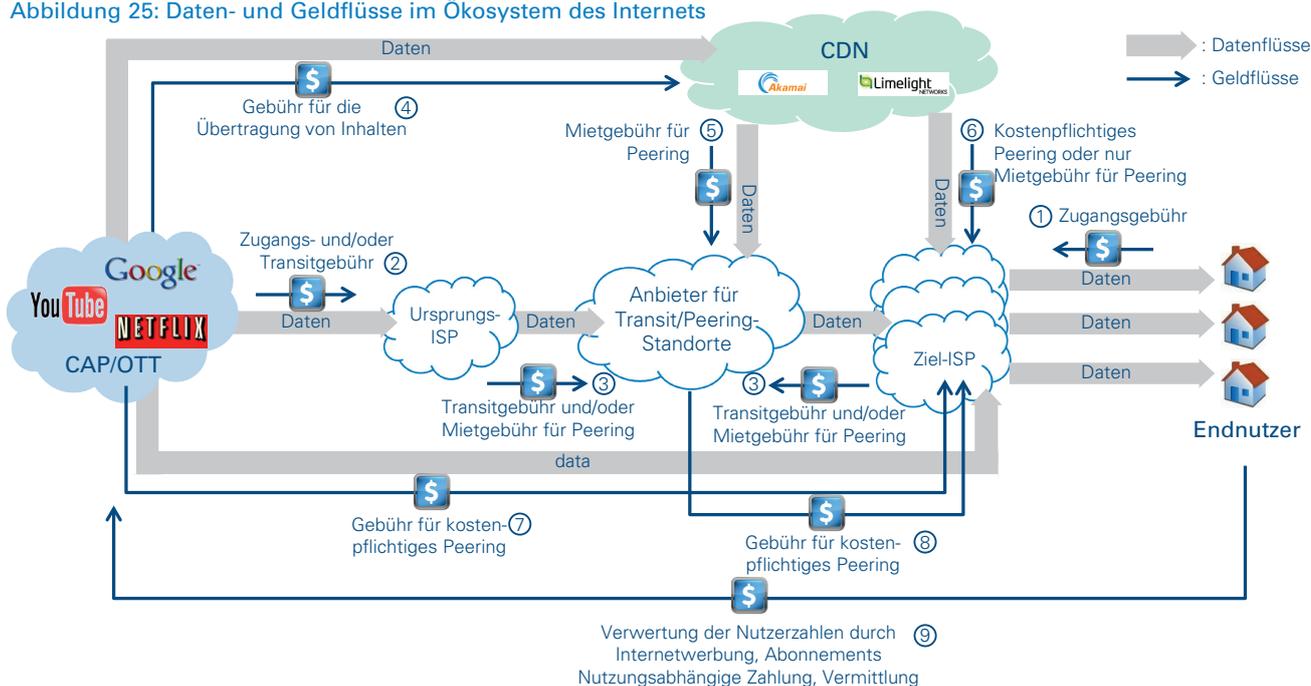
- Herstellung einer direkten Verbindung mit dem Internetanbieter am Zielort (Route 4); große Inhalte- und Anwendungsanbieter mit der Möglichkeit zur Herstellung einer direkten Verbindung mit den auf globaler Ebene wichtigsten Internetanbietern am Zielort über unternehmenseigene Infrastrukturen.

### Im Internet ist Datenverkehr gleich Geld

Das Internet ist alles, nur nicht kostenlos und der Datenverkehr bestimmt in komplexer Weise die Geldflüsse zwischen den beteiligten Parteien.

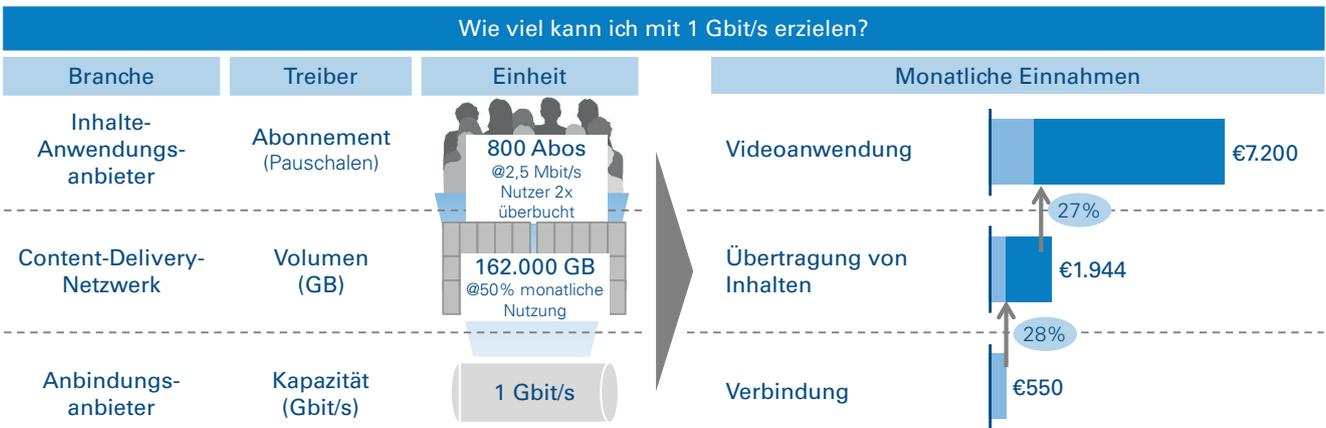
Endnutzer kaufen Anbindungsleistungen bei Internetanbietern, um Zugang zu den Diensten und Inhalten zu erhalten, die von Inhalte- und Anwendungsanbietern bereitgestellt oder verkauft werden. Seit jeher treten Festnetz- und/oder Mobilfunkbetreiber und Kabelnetzbetreiber als lokale Zugangsanbieter oder Internetanbieter am Zielort auf. Die Internetzugangsanbieter am Zielort stellen ihre Anbindung an das globale Internet durch Zahlungen

Abbildung 25: Daten- und Geldflüsse im Ökosystem des Internets



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Abbildung 26: Modellrechnung, wieviel Wert mit 1 Gbit/s IP Anbindung generiert werden kann



Hinweis: 1) Schätzung für die Abos ausgehend von der Annahme von 2,5 Mbit/s je Streamingnutzer in der Stunde mit höchsten Verkehrsaufkommen und zweifacher Überbuchung; Berechnung der GB (Gigabyte) ausgehend von der Annahme eine Kapazitätsauslastung von 50 Prozent pro Tag. 2) Berechnung der Einnahmen ausgehend von der Annahme von 0,55 EUR/Mbit/s/Monat für die lokale Anbindung in westlichen Ländern und 0,013 EUR/GB für CDN-Leistungen unter 500 TB und 9 EUR/Nutzer/Monat für Internetvideo-Abonnements.  
Quelle: Analyse von Arthur D. Little

an Anbieter von Transitleistungen und/oder Investitionen in Peering-Kapazitäten sicher.

Zudem benötigen auch die Inhalte- und Anwendungsanbieter eine Anbindung an das Internet und zahlen Zugangs- und/oder Transitgebühren an Betreiber von lokalen Zugangnetzen oder an globale Internetanbieter, die auf Transitleistungen spezialisiert sind. Alternativ können sich Inhalte- und Anwendungsanbieter für den Kauf von Leistungen für die Übertragung von Inhalten und von Zwischenspeicherkapazität von kommerziellen, unabhängigen Anbietern von Content-Delivery-Netzwerken entscheiden, oder sie investieren selbst in die Bereitstellung ihrer eigenen CDN. Open Connect von Netflix, Global Caches von Google und Amazons CloudFront sind als Beispiele hierfür zu nennen. Berichten zufolge baut Apple ebenfalls ein eigenes Content-Delivery-Netzwerk auf, um die zunehmende Nutzung seines iCloud-Dienstes effektiv zu managen und Inhalte von iTunes sowie aus den App Stores sowohl für Streaming als auch Download zu hosten und zu verbreiten.

Daneben erzielen Inhalte- und Anwendungsanbieter Einnahmen aus der Verbreitung von Inhalten an Endnutzer über das Internet („Over-the-Top“). Hierzu greifen sie auf verschiedene Geschäftsmodelle zurück, beispielsweise:

- Verwertung der Nutzerzahlen durch Internetwerbung, d. h. Werbetreibende müssen für den Zugang zu Endnutzern zahlen;
- Einrichtung von Abonnements oder nutzungsabhängigen Bezahlmodellen für Inhalte und Dienste für Endnutzer (z. B. Abonnements für Videodienste oder Informationsseiten);

- Vermittlung von Transaktionen zwischen Online-Händlern und Endkunden über Marktplatz im Internet (z. B. eBay, Amazon, iTunes);
- Eine Kombination der oben genannten Varianten.

Weiterhin müssen die Betreiber von Content-Delivery-Netzwerken an öffentlichen oder privaten Netzschnittstellen eine Zusammenschaltung herstellen und möglicherweise Zusammenschaltgebühren für privates Peering oder Gebühren für kostenpflichtiges Peering entrichten.

Seit ein paar Jahren müssen globale Internetanbieter und Inhalte- und Anwendungsanbieter, die eine direkte Zusammenschaltung mit den Internetanbietern am Zielort vornehmen, ein Entgelt für das Peering entrichten, wenn das Datenverkehrsvolumen die in den Peering-Richtlinien vorgesehenen Höchstwerte überschreitet.

Insgesamt betrachtet, bietet das Ökosystem des Internets den Boden für eine komplexe Mischung miteinander verflochtener Geschäftsmodelle, die auf der globalen Verfügbarkeit der IP-Anbindung beruhen:

- Internetzugangsanbieter bieten und verkaufen die Anbindung für den Zugang auf lokaler oder internationaler Ebene. Ihr Geschäftsmodell für den Zugang beruht gegenwärtig auf einem Maß für die Kapazität: Gigabit pro Sekunde (Gbit/s);
- Betreiber von Content-Delivery-Netzwerken verkaufen Zwischenspeicher- und Webbeschleunigungsleistungen. Ihr Geschäftsmodell stützt sich hauptsächlich auf Volumen (und zuweilen auch auf die Durchleitungskapazität der Server, die auch als Netzausgangskapazität bezeichnet wird), d. h. Gigabyte (GB) oder Terabyte (TB);

- Inhalte- und Anwendungsanbieter verkaufen Dienste und/oder Inhalte. Sie können auf eine beliebige Kombination der vorgenannten Geschäftsmodelle zurückgreifen, die auf irgendeiner Begleiterscheinung des Datenverkehrsvolumens beruhen – d. h. Webklicks, Seiten-/Videoansichten, einzelne Besucher, Transaktionen, Downloads, kostenpflichtige Veranstaltungen oder Abonnements.

In Abbildung 26 wird verdeutlicht, wie sich verschiedene Geschäftsmodelle ergeben, ausgehend von einer Videoanwendung, die über ein CDN mit 1 Gbit/s bereitgestellt wird. In unserem Anschauungsbeispiel ist jede Schicht eine notwendige Voraussetzung für die darüber liegende Schicht. Nach unseren Schätzungen können grundsätzlich 28 Prozent der Einnahmen aus der Bereitstellung von Inhalten auf Kosten für die Anbindung entfallen. Vergleichbar entfallen etwa 27 Prozent der Einnahmen von Anbietern für Videoanwendungen auf die Kosten für Content-Delivery-Netzwerke.

Dies legt die Schlussfolgerung nahe, dass Inhalte- und Anwendungsanbieter eine vertikale Integration zum Ausbau ihrer eigenen Netzwerke für die IP-Zusammenschaltung aus Gründen von Kosteneinsparungen zum Schutz ihrer Margen ernsthaft in Erwägung ziehen werden, wenn ihr Datenaufkommen sich vervielfacht.

*28 Prozent der Einnahmen aus der Bereitstellung von Inhalten entfallen auf Kosten für die Anbindung. Vergleichbar entfallen etwa 27 Prozent der Einnahmen von Anbietern für Videoanwendungen auf die Kosten für Content-Delivery-Netzwerke.*

### Zentrale Aussagen

Das Internet hat einen Wandel zu einer neuen Medien-distributionsplattform vollzogen. Der Datenverkehr im Internet dreht sich jetzt nicht mehr um die Übertragung von statischen Daten und Textdateien sondern um das Streaming von interaktiven Medieninhalten.

- Für die Mehrzahl der Inhalte- und Anwendungsanbieter ist das Internet zu einem erfolgskritischen Faktor geworden. Geringfügige Störungen bei der Übertragungsqualität haben einen direkten Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft der Endnutzer und Werbetreibenden für Onlinedienste.
- Die zukünftige Entwicklung des Internets als Medien-distributionsplattform steht unter dem Einfluss einer zunehmenden globalen Konnektivität, der massenhaften Verbreitung intelligenter Geräte sowie von Medien-streamingdiensten. Diese haben für spektakulär hohe Datenverkehrsaufkommen, größere Ungleichgewichte beim Datenverkehr und variable Verkehrsmuster gesorgt.
- Die IP-Zusammenschaltung ist ein entscheidender Baustein für die Qualität und Funktionalität des für den Endnutzer „erlebten“ Internets und dies trotz des Umstandes, dass der Endnutzer keine Partei der zwischen den Unternehmen geschlossenen Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung ist.
- Die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung behält ihre Dynamik und Wettbewerbsfähigkeit. Die Ausbreitung von Content-Delivery-Netzwerken und Internetknoten sowie die Preisentwicklungen für IP-Transitleistungen und Leistungen von Content-Delivery-Netzwerken stellen die bestehenden Modelle für die Zusammenschaltung vor Herausforderungen und bereiten den Weg für neue Modelle.
- Aus den frühen Tagen des IP-Transits und Peerings ist eine gute Mischung tragfähiger Strategien für die Bereitstellung von Anwendungen und Inhalten erhalten geblieben, die allen Akteuren auf der Suche nach Anbindung offenstehen.

## 2. Bisher hat sich die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung gut angepasst

Veränderungen im Umfeld des Internets führten zur Ausbildung neuer Gleichgewichte, die bei verschiedenen Akteuren den Anlass für Aktionen und Reaktionen sowie auch ein gewisses Maß an Spannungen boten. In der Folge nahmen sich Regulierungsstellen der wichtigsten Entwicklungstrends in diesem besonderen Segment des Telekommunikationsmarktes an.

Dennoch waren die Akteure im Umfeld des Internets in der Lage ihre Auseinandersetzungen angesichts der kommerziellen Bedeutung ihrer wechselseitigen Interessen, die kurzfristig auf dem Spiel standen, effektiv und zeitnah beizulegen. Daher überrascht es nicht, dass sich die meisten Regulierungsstellen bislang in Zurückhaltung geübt haben, um das sich so gut und wirksam entwickelnde Gleichgewicht nicht aus dem Lot zu bringen.

### 2.1. Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie die Internetanbieter am Zielort geben das Innovationstempo im Bereich der IP-Zusammenschaltung vor

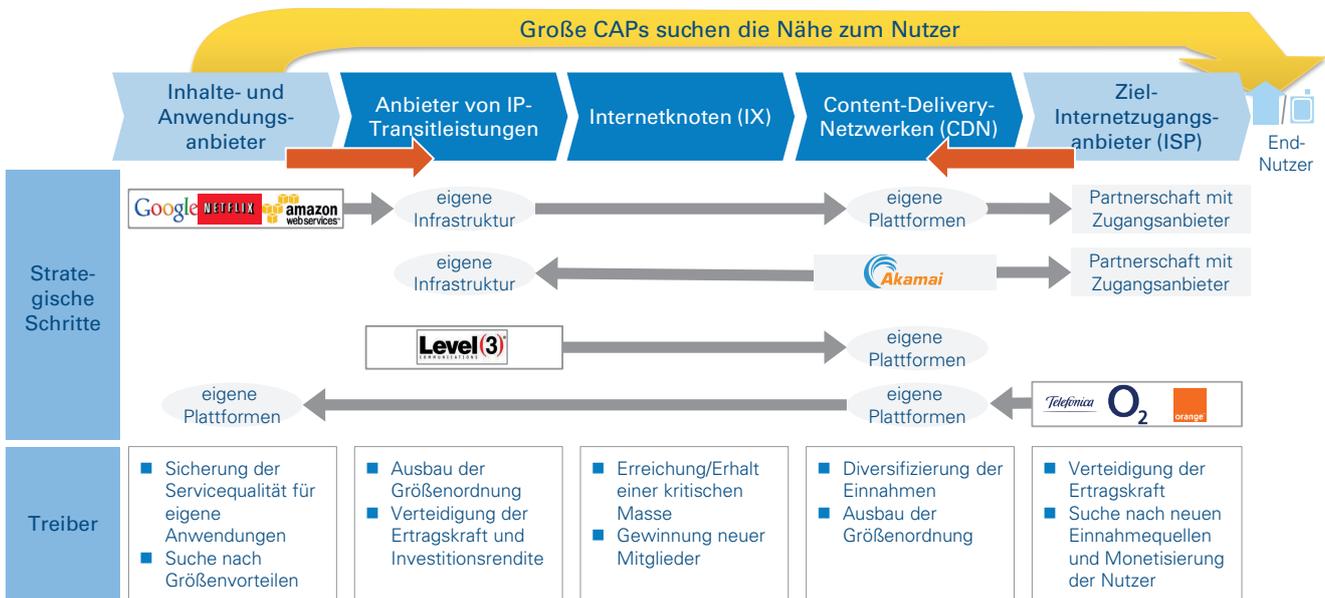
In der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung ist gegenwärtig eine anhaltende Neupositionierung zweier bedeu-

tender Gruppen von Akteuren zu beobachten: die Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie die Internetzugangsanbieter am Zielort. Da beide jeweils eigene Interessen verfolgen, sind sie es, die gegenwärtig das Tempo bei der Weiterentwicklung im Bereich der IP-Zusammenschaltung vorgeben:

1. Inhalte- und Anwendungsanbieter suchen die Nähe zu den Endnutzern und bemühen sich soweit möglich um eine vertikale Integration;
2. Internetanbieter am Zielort sind darauf bedacht ihre Portfolios im Bereich der Vorleistungen auszubauen, indem sie Leistungen direkt für Inhalte- und Anwendungsanbieter auf den Markt bringen.

Für größere Inhalte- und Anwendungsanbieter gibt es einen Anreiz zur vertikalen Integration, um sich die Nähe zu ihren Endnutzern zu sichern. Sie verschafft ihnen ein größeres Maß an betrieblicher Kontrolle über das Nutzungserlebnis und zudem Größenvorteile. Ihre Strategie beschränkt sich dabei jedoch längst nicht nur auf Kosteneinsparungen bei der IP-Zusammenschaltung. Da die Erlebnisqualität bei der Differenzierung von anderen Inhalte- und Anwendungsanbietern zunehmend über den Erfolg entscheidet, kann sich die End-to-end-Leistung von

Abbildung 27: Trends innerhalb der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

IP-Zusammenschaltungen als strategischer Vorteil erweisen. In der Tat helfen ihnen Investitionen in unternehmenseigene Lösungen für die IP-Zusammenschaltung, wie beispielsweise Content-Delivery-Netzwerke, dabei viele der Beschränkungen im öffentlichen Best-Effort-Internet zu umgehen. Weiterhin stärken sie damit ihre Verhandlungsmacht gegenüber den Internetzugangsanbietern am Zielort. Natürlich sind Strategien für mehr Nähe zum Endnutzer durch vertikale Integration ein Mittel, auf das nur die größten Inhalte- und Anwendungsanbieter zugreifen können. Kleinere Anbieter werden sich für die Auslagerung dieser Aufgaben an unabhängige Anbieter von Content-Delivery-Netzwerken entscheiden.

Am anderen Ende der Wertschöpfungskette investieren die Internetzugangsanbieter am Zielort weiterhin in netzbasierte Plattformen für die Verbreitung von Inhalten und Anwendungen, um ihre Ertragskraft zu verteidigen und um nach neuen Einnahmequellen zur Kompensation ihrer sinkenden Distributionseinnahmen zu suchen. Diese Plattformen ermöglichen die Bereitstellung von Inhalten und Anwendungen von Drittanbietern (d. h. von internetbasierten Inhalte- und Anwendungsanbietern) wie auch ihrer eigenen Inhalte und Anwendungen (d. h. im direkten Wettbewerb mit Inhalte- und Anwendungsanbietern).

Anbieter von IP-Transitleistungen, unabhängige Anbieter von Content-Delivery-Netzwerken und selbst Internetknoten stehen zunehmend unter Innovationsdruck und vor der Aufgabe ihre Leistungsangebote zu diversifizieren (z. B. durch das Angebot von Partial Transit). Sie erreichen die notwendige kritische Masse an Datenverkehrsvolumina vermehrt durch Konsolidierung, da Inhalte- und Anwendungsanbieter und die Internetzugangsanbieter am Zielort immer häufiger den direkten Weg zueinander wählen und loten so das Kräftegleichgewicht entlang der gesamten Wertschöpfungskette neu aus. Gegenwärtig kommt es zu einer zunehmenden Kommerzialisierung der Bandbreite für internationale IP-Transitleistungen und der Leistungen für die Übertragung von Inhalten, mit erheblichen Auswirkungen für die Preise und Volumen. Aus diesem Grund sind die Anbieter von IP-Transitleistungen und die unabhängigen Anbieter von Content-Delivery-Netzwerken darum bemüht, ihre Einnahmen durch den Ausbau ihrer Leistungsportfolios in weiteren Mehrwertsegmenten wie Websicherheit und Plattformen für die Anwendungsbeschleunigung zu diversifizieren.

*Da das Nutzungserlebnis bei der Differenzierung von anderen Inhalte- und Anwendungsanbietern zunehmend über den Erfolg entscheidet, kann sich die End-to-end-Leistung von IP-Zusammenschaltungen als strategischer Vorteil erweisen.*

## Gegeneinander gerichtete Kräfte sorgen für den Erhalt des Gleichgewichts in der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung

### IP-Transit und Peering werden zu substituierbaren Leistungen:

Internetknoten ermöglichen Internetanbietern die direkte Verbindung zueinander über Peering statt über dritte Netzanbieter. Sie ermöglichen den Zugang zu und die Übertragung von Daten auf lokaler Ebene, so dass ein Rückgriff auf einen vorgelagerten Anbieter von IP-Transitleistungen verzichtbar wird. Auf diese Weise hat der Boom der Internetknoten für die Verbreitung des Peerings gesorgt, welches IP-Transitleistungen unter bestimmten Umständen ersetzen kann.

### Fallende Preise bei IP-Transitleistungen und Content-Delivery-Netzwerken rücken hochwertige Transport- und CDN-Strategien auch für kleinere Inhalte- und Anwendungsanbieter in greifbare Nähe:

Der Preisverfall bei IP-Transitleistungen und CDN-Leistungen findet überall auf der Welt statt (und reicht dabei von -10 bis -35 Prozent gegenüber dem Vorjahr, je nach Reifegrad des Internetmarktes und Verfügbarkeit der Infrastruktur) und verschafft im Durchschnitt allen Akteuren Vorteile. Gewisse Informationsasymmetrie sowie Skaleneffekte spielen bei geschäftlichen Verhandlungen möglicherweise noch immer eine Rolle, aber mögliche Ungleichgewichte können schnell ausgeglichen werden (in weniger als einem Jahr, sofern dies nach den Vertragsbedingungen zulässig ist). Die hieraus resultierende Preisentwicklung von IP-Transitleistungen und CDN-Leistungen lässt einen hochwertigen Transport (z. B. Routen mit geringer Latenz) und CDN-Strategien für alle Akteure in sämtlichen geografischen Regionen ungeachtet ihrer Größe erschwinglich werden.

### Die fallenden Preise bei den IP-Transitleistungen führen zu einem Ausgleich gegenüber dem kostenpflichtigen Peering, was für die Internetzugangsanbieter am Zielort geringeren Absatz bedeutet:

Die Preise für IP-Transitleistungen und CDN-Leistungen korrelieren streng miteinander und werden von den Opportunitätskosten des Peerings beeinflusst. Das kostenpflichtige Peering folgt natürlicherweise denselben Gesetzen der Preisbildung und kann sich daher dem Einfluss fallender Preise für IP-Transitleistungen nicht entziehen. Während die Preise für IP-Transitleistungen für große Volumen auf weit unter einen Euro fallen, sinken die Preise für das kostenpflichtige Peering auf etwa einen Euro herab. Ein etablierter europäischer Anbieter bietet bekanntermaßen einen Preis von 1,50 Euro pro Mbit/s pro Monat an, vermutlich mit Rabatt bei hohen Volumina.

Sinkende Preise für IP-Transitleistungen sorgen somit dafür, dass auch in Vereinbarungen über kostenpflichtiges Peering der Preiswettbewerb für die Anbindung über IP-Zusammenschaltung berücksichtigt wird.

Dabei muss beachtet werden, dass auf das kostenpflichtige Peering nur ein sehr geringer Teil der Einnahmen von Internetzugangsanbietern am Zielort entfällt. Beispielsweise ein großer Inhalte- und Anwendungsanbieter mit einem Anteil von 40 Prozent am IP-Datenverkehr, der einen Preis von 1,50 Euro pro Mbit/s pro Monat an einen großen etablierten europäischen Anbieter bezahlt, dessen Schnittstelle für die IP-Zusammenschaltung eine Größenordnung von 600-1000 Gbit/s erreicht, würde nur einen bescheidenen Betrag von vier bis sieben Millionen Euro pro Jahr generieren.

#### **Ein gesunder Wettbewerb im Privatkundengeschäft diszipliniert und verhindert eine Marktabschottung durch Internetzugangsanbieter:**

Auf den Privatkundenmärkten in Europa sind in der Regel jeweils zwei bis fünf Internetzugangsanbieter vertreten (zwei oder mehr Internetanbieter über das Festnetz und drei oder mehr Internetanbieter über den Mobilfunk, wobei beachtet werden muss, dass die Akteure im Festnetz und im Mobilfunkbereich tendenziell konvergieren). Lässt man rechtliche Argumente außer Acht, reicht schon ein gesunder Wettbewerb zwischen diesen Internetanbietern aus, um eine Abschottung des Marktes zu verhindern. Im hypothetischen Fall, dass ein Inhalte- und Anwendungsanbieter von einer Abschottung durch einen Internetzugangsanbieter am Zielort betroffen wäre, gäbe es weiterhin mehrere Anbieter für die Anbindung ans Internet, die er für einen indirekten Zugang zum autonomen System jenes Internetzugangsanbieters in Anspruch nehmen könnte. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn der Internetzugangsanbieter die Entscheidung trifft, keine Peering-Beziehung mit dem Inhalte- und Anwendungsanbieter eines bestimmten Webdienstes aufzunehmen. Zusätzlich würde der Inhalte- und Anwendungsanbieter weiterhin Zugang zu den Netzen anderer Internetanbieter am Zielort erhalten. Die betroffenen Endnutzer, die sich vermutlich sehr für die Servicequalität von Internetanbietern, Breitbandgeschwindigkeiten und Netzneutralität interessieren, hätten einen Beweggrund zum Wechsel zu anderen Internetanbietern, die den Zugang zu den Leistungen des Inhalte- und Anwendungsanbieters und/oder eine ausreichende Übertragungsqualität anbieten.

Gesunde Privatkundenmärkte bieten daher einen effizienten Schutz vor Marktabschottung.

## **2.2. Inhalte- und Anwendungsanbieter im Internet suchen nach Qualitätskontrolle**

In den letzten Jahren achten Inhalte- und Anwendungsanbieter zunehmend auf die Ausdehnung ihrer Handhabe über die Qualität bei der Bereitstellung über das Internet. Dies gilt nicht nur für internetbasierte Inhalte- und Anwendungsanbieter, sondern immer häufiger auch für die Strategien der traditionellen Sender im Bereich des Videostreamings. Ein prominentes Beispiel liefern die von der BBC herausgegebenen Leitlinien für die Distribution über das Internet im Vorfeld der Olympischen Sommerspiele 2012: Die öffentliche britische Fernsehanstalt bemühte sich hier eindeutig darum eine hohe Streamingqualität sowie auch ein höheres Maß an Kontrolle darüber sicherzustellen.

Allgemein stehen führende Inhalte- und Anwendungsanbieter aufgrund der wachsenden Beliebtheit gestreamter Videos immer stärker unter dem Druck, die Qualität des Nutzungserlebnisses zu sichern und die Kontrolle darüber in die eigene Hand zu nehmen. Zusätzlich zur Einführung von Streamingtechnologien, die Inhalte- und Anwendungsanbietern eine stärkere Handhabe einräumen (wie beispielsweise adaptives Streaming), ist die Entwicklung verschiedener Strategien für die Verbreitung über das Internet denkbar. Abhängig ist dies von den strategischen Zielen, den Ressourcen und der Größe des Inhalte- und Anwendungsanbieters. Bei den größeren Vertretern gibt es jedoch eine Tendenz zu unternehmenseigenen Lösungen, wenn die Qualität des Nutzungserlebnisses der Endnutzer zum erfolgsentscheidenden Faktor wird.

Beispiele für eine derartige unternehmensinterne Strategie für die Verbreitung über das Internet liefern Netflix und Google, die ihre unternehmenseigenen Content-Delivery-Netzwerke und Deep Caching-Plattformen (d. h. Inhaltszwischenspeicher innerhalb statt am Rande des Zugangsnetzes des Internetanbieters und damit in größerer Nähe zu den Endnutzern) entwickelten und bereitstellten. Die Grundmotivation dahinter ist es die Bereitstellungskosten zu senken und parallel dazu das Nutzungserlebnis für die Endnutzer erheblich zu verbessern.

Weiterhin bot Netflix Internetzugangsanbietern die Möglichkeit zum direkten Peering an einem seiner acht gebührenfreien Peering-Knoten oder zur Installation von Open Connect, der unternehmenseigenen CDN-Plattform von Netflix, in den Netzen der Internetanbieter. Unternehmenseigene Deep Caching-Lösungen sind eine klare Entscheidung für Inhalte- und Anwendungsanbieter, um die Qualität der bereitgestellten Inhalte zu kontrollieren und dabei auch noch Kosten zu sparen. Deep Caching verschafft tatsächlich auch strategische Vorteile gegenüber neuen Akteuren und eine bessere Verhandlungsposition gegenüber unabhängigen kommerziellen Content-Delivery-Netzwerken und Anbietern von IP-Transitleistungen. Einige Beobachter argumentieren, dass die Entwicklung unternehmenseigener Infrastrukturen vor

Abbildung 28: Onlinetechnologiestrategie der BBC

### Internet Distribution

**BBC**

**Vision Statement**

**Provide a highly scalable platform for the delivery of static and dynamic web content and a/v media to all connected devices with high availability and competitive performance worldwide, and ready for London 2012**

**For the production teams**

1. Provide the tools (equally to product teams inside and outside the BBC) to enable efficient delivery of new and updated services, whilst at the same time providing the processes to maintain service availability
2. Provide increased consistency on processes, performance and availability

**For performance and availability**

3. Use of a mixture of shared and separated environments, both virtualised and on dedicated servers, hosted internally and in the cloud, to provide the optimum balance of agility, stability, scalability, security and cost. Provide the tools to efficiently manage this flexibility
4. Unify the three different delivery platforms, increasing efficiency by avoiding duplication of similar functions, and ensure that services and content can be used across the whole of BBC Online and IP connected devices
5. Minimise single points of failure by following a multi-redundant multi-location architecture with automated failovers and stateless operation wherever possible
6. Maximise performance and scale for flash crowds by providing graceful degradation of functionality in exchange for highly efficient and cacheable delivery of core content through both our own and third party infrastructure
7. Deliver solutions that work both for the UK and for the World, in line with Worldwide and Global News Division priorities
8. Work with UK ISPs to plan capacity roadmap to 2012

**Technology strategy alignment**

9. Use standards-based and/or commodity solutions to minimise lock-in to proprietary platforms where possible and appropriate
10. Maximise synergies with the BBC's network, data centre, storage, virtualisation, cloud, service management and environmental strategies to deliver to a common strategy where appropriate
11. Drive innovation in conjunction with R&D, in particular in the areas of multicast and IPv6

**Elemente der Strategie für die Distribution über das Internet:**

- Kombination gemeinsam genutzter und dedizierter Umgebungen für optimalen Ausgleich zwischen Agilität, Skalierbarkeit, Sicherheit und Kosten
- Minimierung der Anzahl der einzelnen Ausfallpunkte durch mehrfach redundante Architektur mit mehreren Standorten
- Umgang mit Flash-Crowd-Ereignissen durch reduzierte Funktionalität (Graceful Degradation) für eine hocheffiziente und zwischenspeicherfähige Verbreitung über eigene Infrastruktur oder Infrastruktur von Drittanbietern
- Nutzung von Standard- und Gebrauchslösungen soweit zweckdienlich
- Maximierung der Synergien mit Netzwerk, Datenzentrum, Speicherung, Virtualisierung, Cloud- und Dienstverwaltung im eigenen Unternehmen

Quelle: BBC, Analyse von Arthur D. Little

dem Hintergrund des Best-Effort-Prinzips im offenen Internet zu einem unbestreitbaren strategischen Vorteil gegenüber kleineren Wettbewerbern führen wird.

Die Infrastruktur von Netflix' Open Connect unterstützt beispielsweise die Einführung von Ultra-HD-Diensten (4K) ausgesprochen gut. Dieser Schritt versetzte Netflix in die Lage sowohl die Kosten für IP-Transitleistungen als auch für die Bereitstel-

lung von Inhalten im Griff zu behalten und gleichzeitig direkte Kontrolle über die den Abonnenten versprochene Qualität auszuüben.

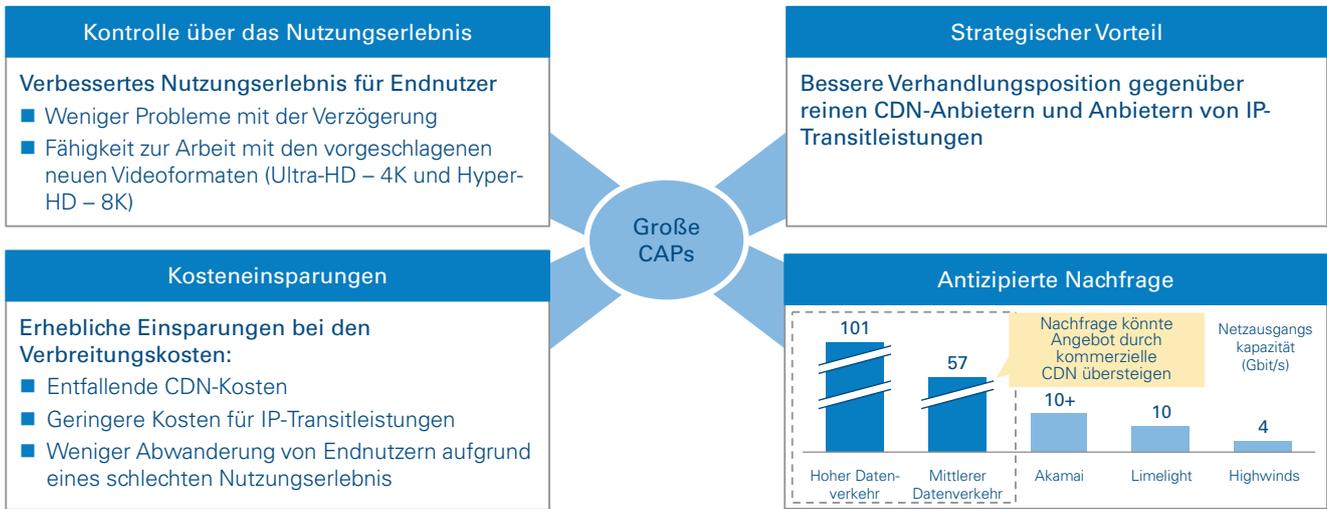
Bemerkenswert ist zudem, wie sich die Einführung von Open Connect im Jahr 2012 unmittelbar auf die bestehenden Beziehungen des Unternehmens zu Anbietern von Content-Delivery-Netzwerken auswirkte. Vor der Einführung von Open Connect

Abbildung 29: Strategien für die Bereitstellung von Inhalten sind ab einer gewissen Größe unternehmensintern gelagert

	Auslagerung	Mischform	Unternehmensintern
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Auslagerung wichtiger Leistungen mit Kompletvertrag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beschaffung veralteter Cloud-Dienste statt Hybridumgebungen mit internen dedizierten/cloud-basierten Ressourcen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erbringung der Kernleistungen über interne Ressourcen</li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Begrenzte interne Hardware-, Software- und Personalressourcen erforderlich</li> <li>■ Geringe Investitionshöhe/geringe Zutrittschranken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kompetenzzentrum für Bereitstellung einer Untergruppe von Leistungen</li> <li>■ Mittlere Investitionshöhe/mittlere Zutrittschranken – nachhaltige Lösung je nach Bedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vollständige Kontrolle über Nutzungserlebnis sowie Umgang mit Nachfrageschwankungen und Problemstellen bei der Dienstbereitstellung</li> <li>■ Kompetenzzentren für Kernleistungen (spezielle IKT für Bereitstellungsdienst statt Standardlösungen für Konzerndienste)</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kontrolle über Qualität des Nutzungserlebnisses sowie Verwaltung von Nachfrageschwankungen und Problemstellen bei der Dienstbereitstellung</li> <li>■ Begrenzte interne Kompetenzen (für zuständige Anbieter und Dienstgütereinbarungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Teilweise Kontrolle über Qualität des Nutzungserlebnisses sowie Umgang mit Nachfrageschwankungen und Problemstellen bei der Dienstbereitstellung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hohe Investitionshöhe/hohe Zutrittschranken</li> <li>■ Interne Hardware-, Software- und Personalressourcen erforderlich</li> </ul>
Optimaler Ansatz für:	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bereitstellung von Videos fällt nicht in den Kernbereich</li> <li>■ Geringe Medienvolumen</li> <li>■ Geringe Servicequalität/Leistung zur Sicherung der Qualität des Nutzungserlebnisses der Endnutzer erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bereitstellung von Videos ist relevant, aber nicht erfolgsentscheidend</li> <li>■ Bisher keine Überschreitung der kritischen Investitionsschwelle bei den Medienvolumen</li> <li>■ Leistung und Nutzungserlebnis sind relevant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Übertragung von Videos ist erfolgskritisch</li> <li>■ Überschreitung der kritischen Investitionsschwelle bei den Medienvolumen</li> <li>■ Ziel sind eine hervorragende Medienverbreitung und Qualität des Nutzungserlebnisses</li> </ul>
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="margin-right: 20px;">-</span> <span style="font-weight: bold; color: #0070C0;">Kontrolle und Ausgereiftheit der Bereitstellung über das Web</span> <span style="margin-left: 20px;">+</span> </div>			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #FFC000; padding: 5px; font-weight: bold; color: white;">Führende Herausgeber von Informationsgegenständen im Web</div> </div>			

Quelle: Interviews von Arthur D. Little

Abbildung 30: Gründe für unternehmenseigene Lösungen zur Verbreitung von Inhalten



Quelle: Unternehmenswebseiten, Analyse von Arthur D. Little

wurde der Datenverkehr von Netflix zu beinahe gleichen Teilen über die drei globalen CDN-Akteure (Level 3, Akamai, Limelight) abgewickelt. Sechs Monate später jedoch wurden fast 78 Prozent des Datenverkehrs von Netflix auf die unternehmenseigene Infrastruktur für die Übertragung von Inhalten umgeleitet, sodass für die traditionellen CDN-Lieferanten des Unternehmens lediglich 22 Prozent seines gesamten Datenverkehrs übrig blieben.

Der Preisverfall für Leistungen von Content-Delivery-Netzwerken scheint jedoch vor allem kleineren Inhalte- und Anwendungsanbietern bei der Entwicklung ihrer eigenen CDN-basierten Verbreitungsstrategien in die Hände zu spielen, sofern sie sich dabei für kommerzielle unabhängige CDN-Anbieter entscheiden.

Darüber hinaus können Internetanbieter auch eine weitere Lösung anbieten: Sie entwickeln ihre eigenen kommerziellen Zwischenspeicherlösungen als Alternative zum Deep Caching von Inhalte- und Anwendungsanbietern, da sie sich aus Gründen der Sicherheit und Haftung (d. h. illegale oder schädliche Inhalte) weigern die Ausrüstung von Drittanbietern in ihre eigenen Netzwerke einzubinden.

Bislang gibt es jedoch keine Strategie für die Verbreitung über das Internet, die alle erdenklichen Bedürfnisse befriedigt. Es ist davon auszugehen, dass sich Inhalte- und Anwendungsanbieter für das Multi-Homing entscheiden, d. h. eine Kombination aus internen Lösungen und Leistungen von Drittanbietern, um die erforderlichen Investitionen mit dem Nutzungserlebnis bei der Verbreitung in Einklang zu bringen. Eine derartige Strategie führt

Abbildung 31: Auswirkungen von Netflix' Open Connect für das Übertragungsmodell von Inhalten

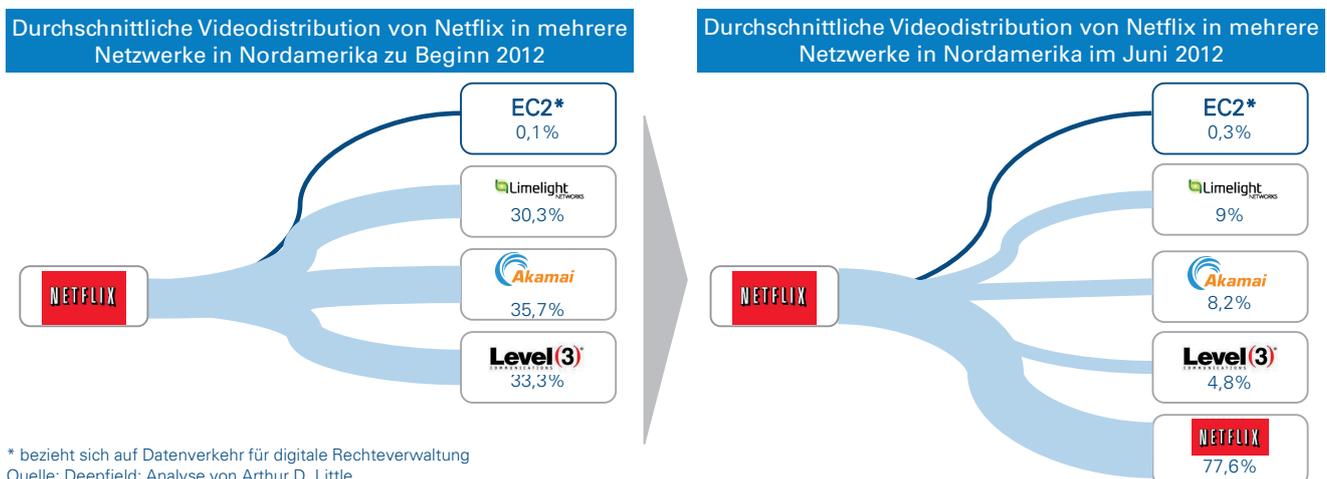
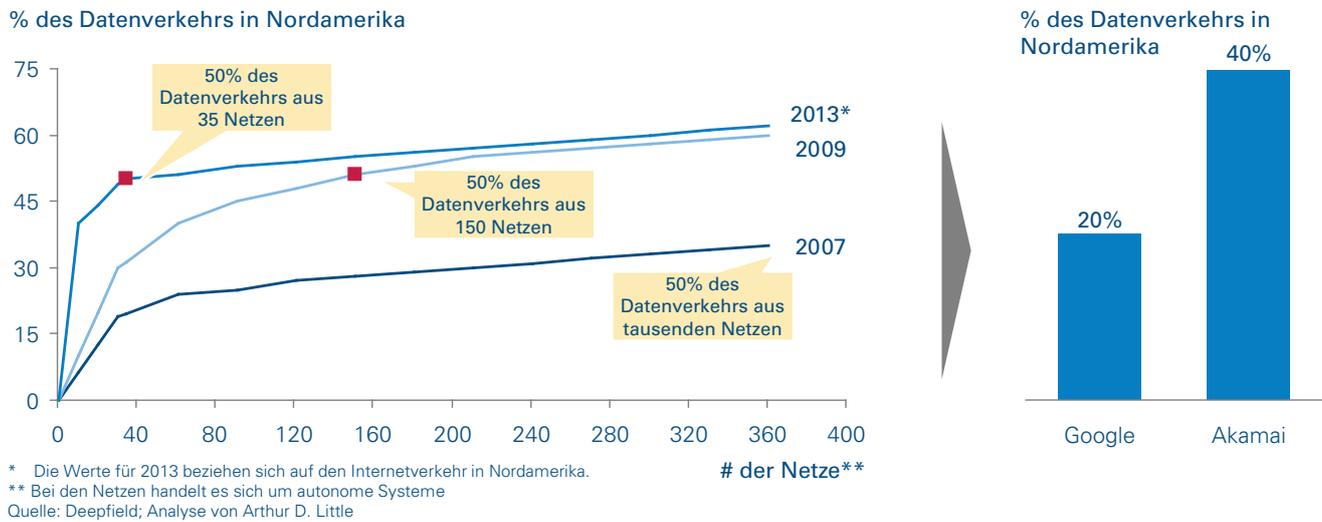


Abbildung 32: Datenverkehrskonzentration nach autonomen Systemen (2007, 2009, 2013)



zu einer robusten Umgebung mit gemeinsam genutzten und dedizierten Ressourcen, mit den folgenden Vorteilen:

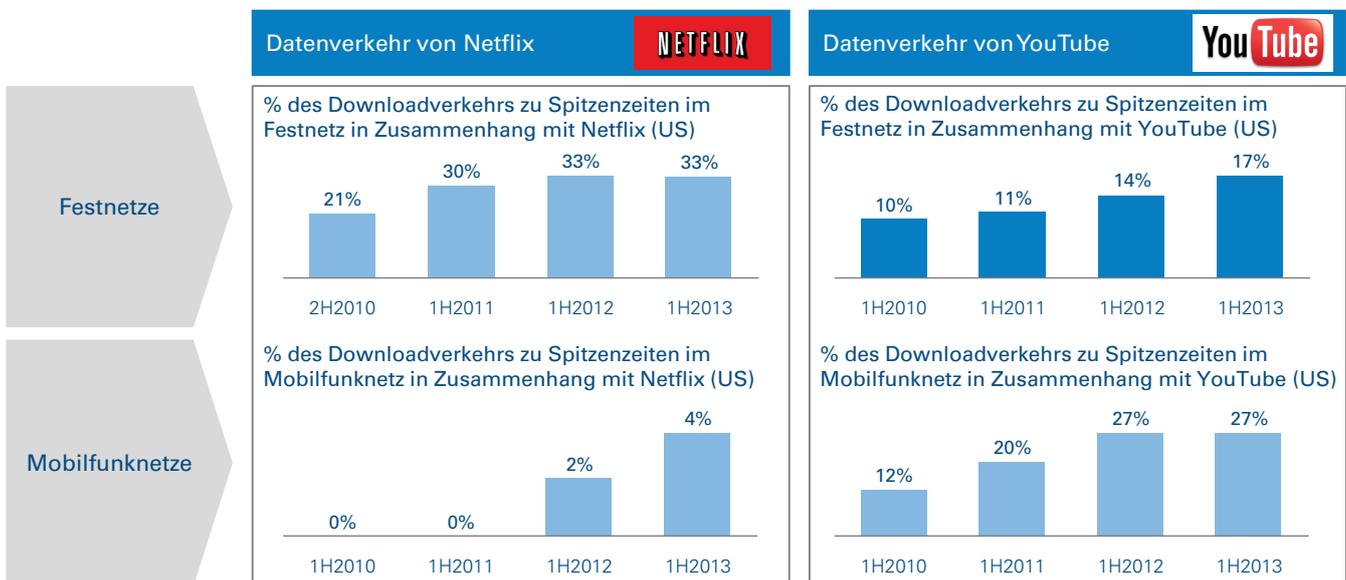
- Optimaler Ausgleich zwischen Agilität, Skalierbarkeit, Sicherheit und Kosten;
- Minimierung der Anzahl der einzelnen Ausfallpunkte durch mehrfach redundante Architektur mit mehreren Standorten;
- Maximierung der Synergien mit Netzwerk, Datenzentrum, Speicherung, Virtualisierung, Cloud- und Dienstverwaltung im eigenen Unternehmen.

### 2.3. Formierung einer neuen Kraft: Aufkommen der globalen Inhalte- und Anwendungsanbieter im Internet

Globale Inhalte- und Anwendungsanbieter haben die Welt des Internets betreten und vereinten zunehmend den Großteil des Datenverkehrs auf sich

Vor einem Jahrzehnt wurden die Inhalte im Internet von einer Unzahl von Endnutzern und Inhalte- und Anwendungsanbietern über Tausende von Netzen und Netzwerken zur Verfügung gestellt. Diese Situation änderte sich jedoch etwa im Jahr 2007

Abbildung 33: Anteil von Netflix und YouTube am Datenverkehr im Internet



Quelle: Sandvine, Analyse von Arthur D. Little

radikal und zwar bis zu einem Punkt, an dem weniger als ein Dutzend Netze die Hälfte des gesamten Datenverkehrs im Internet abwickeln. In Nordamerika entfallen mehr als 50 Prozent des Datenverkehrs im Internet auf weniger als 35 autonome Systeme.

Der Datenverkehr im Internet hat sich auf eine beschränkte Zahl an Großunternehmen konzentriert, die einige europäischen Regulierungsstellen wie Ofcom zu den „Hypergiganten“ zählen. Hierbei handelt es sich um die führenden Inhalte- und Anwendungsanbieter (z. B. Google, Amazon, Netflix) und führende unabhängige Betreiber für die Übertragung von Inhalten (z. B. Akamai), die mit rasantem Tempo zu den wichtigsten Vermittlern des Datenverkehrs im Internet werden.

In der ersten Jahreshälfte 2013 wickelten YouTube und Netflix 50 Prozent des gesamten Downloadverkehrs der US-amerikanischen Festnetze in den Spitzenzeiten ab, in den Mobilfunknetzen betrug der Anteil 30 Prozent.

*Auf globaler Ebene wickelte das autonome System von Google im Jahr 2013 etwa 20 Prozent des globalen IP-Datenverkehrs ab (+14 PP gegenüber 2009 und +18,6 PP gegenüber 2007). Damit ist die Internetpräsenz von Google größer als die von Facebook, Netflix und Twitter zusammen.*

Ein Großteil der weitreichenden Internetpräsenz von Google entfällt auf datenintensive YouTube-Videos im Festnetz. Zudem wird dieser Trend durch die hohe Nutzung von YouTube und (standortbasierter) Suche mit mobilen Geräten bestätigt.

Beim Aufkommen globaler Inhalte- und Anwendungsanbieter handelt es sich um eine bedeutende Weiterentwicklung in der Wertschöpfungskette für die IP-Zusammenschaltung. Sie birgt das Potenzial zur Beeinflussung der Verhandlungsstärke der Interessensträger und daher zur Verschiebung des gegenwärtigen Kräftegleichgewichts im Umfeld des Internets:

- Globale Inhalte- und Anwendungsanbieter befinden sich in der Position, ihre Größe zur Aushandlung geringerer Stückpreise (je GB oder Mbit/s) im Austausch für massive Datenvolumen auf Ebene der IP-Zusammenschaltung auszuspielen;
- Ebenso sind sie in der Lage das Potenzial ihrer exklusiven Premiuminhalte und -anwendungen auszuschöpfen und so die Entscheidungen der Endnutzer bei der Wahl eines Internetanbieters zu beeinflussen.

## 2.4. Investitionsstrategien für die IP-Zusammenschaltung der Zukunft

Die Wandlung des Internets von einer Datenplattform zu einer Plattform für die Verbreitung von Medien geht mit einem explosionsartigen Anstieg des Datenverkehrs an den Netzwerkknoten bei der IP-Zusammenschaltung, d. h. den Eingangs- und Ausgangspunkten der Netze, einher. Zudem gibt es ein großes Ungleichgewicht zwischen den eingehenden und ausgehenden Datenverkehrsströmen. Neben dem höheren Kapazitätsbedarf muss auch die Nachfrage nach einer höheren Übertragungsqualität von neuen (abonnementbasierten, werbungsfinanzierten oder transaktionsbasierten) Geschäftsmodellen im Bereich der Inhalte und Anwendungen gedeckt werden.

### Kapazitätsbezogene Investitionsstrategien

Entlang der zusammengeschalteten Netze, die den Datenverkehr der Inhalte- und Anwendungsanbieter an die Endnutzer leiten, muss die Kapazität der Netzwerkknoten bei der IP-Zusammenschaltung kontinuierlich ausgebaut werden, insbesondere an den Rändern der Netze der Internetzugangsanbieter.

Die für derartige Kapazitätserweiterungen erforderlichen Investitionen müssen mit der anhaltenden Wettbewerbsdynamik am Markt für Übertragungsleistungen von Inhalten und Anwendungen in Verhältnis gesetzt werden. Aufgrund der Möglichkeit zur Verbreitung von Inhalten und Anwendungen über das Internet gingen Inhalte- und Anwendungsanbieter dazu über ihre Leistungen „Over-the-Top“ (OTT), d. h. über das offene Internet, statt über die geschlossenen Distributionsplattformen der Internetanbieter am Zielort bereitzustellen. Mit diesem Schritt kannibalierten sie Teile der Einnahmen der Internetzugangsanbieter am Zielort.

Da Sprach- und SMS-Leistungen zu Standardleistungen werden und immer weniger Umsatz abwerfen, hat der Wettbewerbsdruck unter den Internetzugangsanbietern am Zielort (Festnetz-, Mobilfunk- und Kabelbetreiber) noch weiter zugenommen.

Internetanbieter stehen vor der Herausforderung die Mehrkosten für Investitionen in die Kapazität bei der IP-Zusammenschaltung zu kontrollieren und setzen jede zusätzliche Investition in Verhältnis zu neuen Einnahmenquellen.

Die symbiotische Beziehung zwischen Inhalts- und Anwendungsdiensten, die über das Internet bereitgestellt werden, sowie Diensten für den Breitbandzugang zum Internet wird auf die Probe gestellt. Zum einen durch das beträchtliche Wachstum des Datenverkehrsaufkommens und zum anderen, weil der Anstieg von Nutzerzahlen und/oder Preisen langsam nicht mehr ausreicht, um die stagnierenden – oder sogar sinkenden – Umsätze der Telekommunikationsbranche auszugleichen. Grund hierfür sind sowohl die Preisentwicklungen von Sprach-

und SMS-Diensten als auch die Kannibalisierung durch den Over-the-Top-Wettbewerb.

Die Internetanbieter bemühen sich bestehende Verfahren, die auf ein symbiotisches Wachstumsszenario ausgelegt sind, anzupassen und neue Modelle für die IP-Zusammenschaltung einzuführen, um innovative, hochwertige Mehrwert-Anwendungen zu unterstützen. Zu diesem Zweck haben Internetanbieter auf Ebene der Zusammenschaltung eine Vielzahl verschiedener Initiativen auf den Weg gebracht:

- a) Beseitigung von Ineffizienzen oder redundanter Zwischenstellen (z. B. Trennung von redundanten Anbietern von IP-Transitleistungen oder Betreibern von Content-Delivery-Netzwerken);
- b) „De-Peering“: Streichung der Zusammenschaltungsschnittstellen mit Volumen unterhalb der Gewinnschwelle (z. B. Peering-Beziehungen mit Schnittstellen unterhalb von 2-4 Gbit/s);
- c) Vermeidung von Investitionen oder Kostensteigerungen, die nur einer Partei einen Nutzen bieten (z. B. Kapazitätsausbau an Ports mit asymmetrischem Peering);
- d) Vorschläge für neue kommerzielle Vereinbarungen (z. B. kostenpflichtiges Peering bei übermäßig hoher Asymmetrie des Datenverkehrs);
- e) Öffnung ihrer interaktiven Plattformen: Verwertung der Opportunitätskosten für das Hosting potenzieller OTT-Wettbewerber (z. B. Hosting eines OTT-Videoanbieters auf der eigenen IPTV-Plattform);
- f) Vertikale Integration: Reaktion auf zukünftige Anforderungen an die Übertragungsqualität mit neuen Mehrwertlösungen für die Verbreitung (z. B. Angebot von Zwischenspeicher-, CRM- oder Datenzentrumsdiensten im eigenen Netz direkt für Inhalte- und Anwendungsanbieter);

- g) Verstärkte Nutzung oder Einführung innovativer Verbreitungstechnologien, um Qualitätsmanagement über IP-Netze anbieten zu können (wie MPLS und IPX).

Diese Initiativen unterstützen den allgemeinen Trend des Wandels von IP-Zusammenschaltungen von Bestandsbeziehungen, die sich hauptsächlich auf Volumen und die Anzahl der Schnittstellen stützen, zu qualitätsbezogenen Beziehungen, bei denen bestimmte Leistungsniveaus ausgehandelt und bereitgestellt werden.

### Qualitätsbezogene Investitionsstrategien

Es ist bemerkenswert, dass Inhalte- und Anwendungsanbieter neben den Investitionen in Content-Delivery-Netzwerke auch aktiv in neue bandbreitensparende Technologien investieren, um das Interneterlebnis der Endnutzer, insbesondere bei Videos, geschmeidiger zu gestalten und Ungleichgewichte an den Schnittstellen für die IP-Zusammenschaltung abzubauen. Insbesondere über Google weiß man, dass das Unternehmen aktiv an der Entwicklung folgender Technologien beteiligt ist:

- Adaptive Streamingtechnologien: Mit diesen Technologien können einzelne Videos je nach verfügbarer Videoauflösung in mehrere Segmente aufgeteilt werden. Der Videoplayer kann dann die Videoauflösung anpassen (z. B. von 720p bis zu 480p), falls dies aufgrund von kurzzeitigen Schwankungen bei der Bandbreite oder Überlastung erforderlich ist);
- Codecs für die Videokompression: Mit der Nutzung von Kompressionstechnologie können Videodaten effizient über das Internet übertragen werden. Mit neuen Videoformaten wie WebM, auch bekannt als VP9, wird das Ziel verfolgt, die für HD-Videoqualität erforderliche Bandbreite über eine Open-Source-Plattform zu halbieren.

Abbildung 34: Vergleich des Wachstums von Datenverkehrsaufkommen, Umsatz, Anzahl Kunden und ARPU

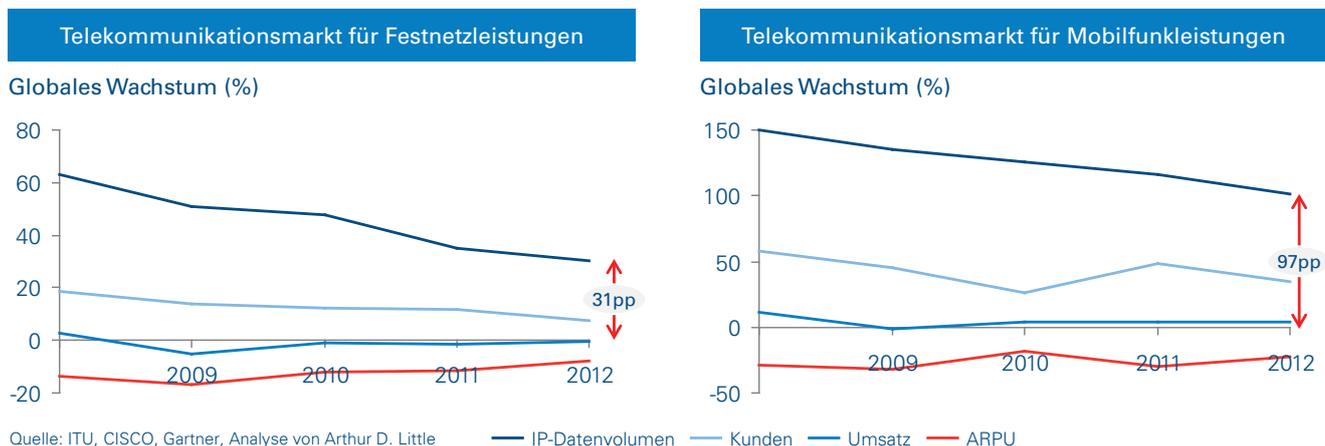
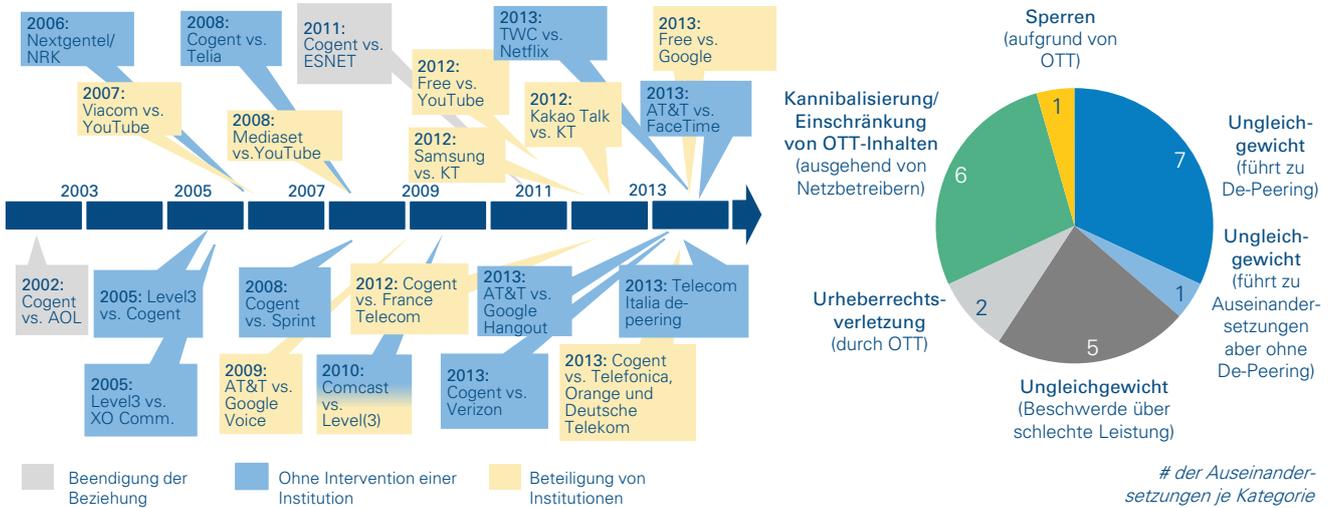


Abbildung 35: Ausgewählte Auseinandersetzungen auf Ebene der IP-Zusammenschaltung



Quelle: Webseiten; Analyse von Arthur D. Little; Woodcock, OECD

### 2.5. Spannungen innerhalb der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung, die sich (bislang) jedoch schnell auflösen

Seit 2008 sind einige Auseinandersetzungen im Umfeld des Internet entstanden und haben sich verstärkt, werden in der Regel jedoch schnell beigelegt.

*Auseinandersetzungen betreffen weniger als ein Prozent aller Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung und werden in mehr als der Hälfte der Fälle im Rahmen geschäftlicher Vereinbarungen beigelegt.*

Die Veränderungen in der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung und die Suche nach wirtschaftlich und technisch tragfähigen Geschäftsmodellen für die Zusammenschaltungsmodelle der Zukunft (d. h. die Erfüllung der Kosten- und Qualitätsanforderungen von Internetinhalten und -anwendungen der nächsten Generation) rufen Spannungen zwischen den verschiedenen Akteuren hervor, die zuweilen in Auseinandersetzungen münden.

Eine Analyse der wichtigsten Auseinandersetzungen seit 2003 ergibt, dass zwei wiederkehrende Gründe Auslöser der meisten Auseinandersetzungen sind:

- Ungleichgewichte beim Datenverkehr;

Abbildung 36: Ansatz der EU Regulierungsstellen bei Auseinandersetzungen im Bereich der IP-Zusammenschaltung

Fokus der Regulierungsstellen in der EU	Aktueller Stand der Regulierungsentscheidungen in der EU
<p><b>1. Verschlechterung oder Ausfall der Zusammenschaltung aufgrund gescheiterter Verhandlungen zwischen Akteuren</b></p> <p>→ Fehlende Möglichkeit für Nutzer zu Zugang, Distribution oder Nutzung von Anwendungen oder Leistungen ihrer Wahl</p>	<p><b>Kein strenger Regulierungsrahmen</b></p> <p>... vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Lage am Markt und Mahnungen zur Zurückhaltung bei verbindlichen Regulierungsmaßnahmen mit möglicherweise nachteiligen Auswirkungen</p>
<p><b>2. Wettbewerbswidriges Verhalten</b></p> <p>→ Mögliche Verwendung der Zusammenschaltung für wettbewerbswidriges Verhalten gegenüber Ursprungsort, Zielort oder Inhalt der zu übermittelnden Informationen</p>	<p><b>Schwerpunkt bei zwei Grundsätzen: Nichtdiskriminierung und Transparenz</b></p>
	<p><b>Keine Verknüpfung zwischen diskriminierungsfreien Bedingungen der Zusammenschaltung und Debatte um die Netzneutralität</b></p>
	<p><b>Anerkennung des Umstands, dass die IP-Zusammenschaltung das allgemeine Problem der Finanzierung der Netze sowie des wirtschaftlichen Gleichgewichts zwischen Betreibern und Nutzern betrifft</b></p>
	<p><b>Interesse an der Erhebung von Informationen von den Akteuren</b></p> <p>... Beobachtung der Markttrends und Servicequalität des Internetzugangs zur Vorbereitung auf die Beilegung von Auseinandersetzungen</p>

Quelle: GEREK, Analyse von Arthur D Little

- Kannibalisierung von Leistungen der Internetzugangsanbieter durch OTT-Dienste.

Weitere Gründe stehen im Zusammenhang mit diversen anderen Arten von Ungleichgewichten oder Sperren.

Dabei muss jedoch angemerkt werden, dass sich diese Auseinandersetzungen lediglich auf eine begrenzte Zahl bestehender Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung (weniger als ein Prozent laut Aussage einer Studie der OECD) beziehen und in mehr als 50 Prozent der Fälle von den beteiligten Parteien ohne Intervention von dritter Stelle beigelegt werden. Seit 2008 führten nur zwei Auseinandersetzungen zur Beendigung der Zusammenschaltung.

Ganz sicher gab es noch zahlreiche weitere Auseinandersetzungen, die niemals öffentlich bekannt und im privaten Rahmen beigelegt wurden.

Bislang haben es die Regulierungsbehörden im Allgemeinen bevorzugt nicht zu intervenieren und ihr Augenmerk auf die Einhaltung der Grundsätze der Nichtdiskriminierung und Transparenz gelegt.

Insbesondere europäische Regulierungsstellen haben ihre Überwachungstätigkeit auf zwei wesentliche Problemfragen ausgerichtet:

1. Das Risiko, dass ein Scheitern der Verhandlungen zwischen Internetakteuren zu einer Verschlechterung der Internetdienste für Endnutzer führt;
2. Das Risiko der Einführung von wettbewerbswidrigen Strategien durch die größten Akteure.

Dementsprechend entschied man sich dort für einen nicht ganz so strengen Regulierungsrahmen, in dem der Markt aus freien Stücken sein Kräftegleichgewicht finden und seine Geschäftsmodelle erneuern kann. Damit trägt man der wichtigen Rolle Rechnung, welche die Mechanismen der IP-Zusammenschaltung bei der Finanzierung der erforderlichen Investitionen in die Netze einnehmen, sowie dem wirtschaftlichen Gleichgewicht zwischen den Akteuren der Internet-Wertschöpfungskette und den Endnutzern.

## Zentrale Aussagen

- Der Großteil des Datenverkehrs im Internet konzentriert sich zunehmend auf eine begrenzte Zahl großer Inhalte- und Anwendungsanbieter, die sogenannten „Hypergiganten“.
- Das Aufkommen globaler Inhalte- und Anwendungsanbieter stellt eine bedeutende Weiterentwicklung der Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung dar. Sie birgt das Potenzial zur Beeinflussung der Verhandlungsstärke der Interessensträger und zur Verschiebung des gegenwärtigen Kräftegleichgewichts im Umfeld des Internets.
- Die Wertschöpfungskette der IP-Zusammenschaltung konvergiert. Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie Internetanbieter (ISP) geben das Tempo und die Art der Innovationen bei der IP-Zusammenschaltung vor. Dies tun sie durch vertikale Integration und direkte Zusammenschaltung, wodurch reine Anbieter für die Internetanbindung als Vermittler in gewissem Maße ins Abseits rücken.
- Veränderungen im Umfeld der IP-Zusammenschaltung führen zu Spannungen zwischen den Akteuren in diesem Bereich. Die Auseinandersetzungen betreffen jedoch weniger als ein Prozent aller Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung und werden in mehr als der Hälfte der Fälle ohne regulatorische Eingriffe beigelegt.
- Aufgrund von wirtschaftlichen Veränderungen am Markt der IP-Zusammenschaltung haben sich Gegenkräfte formiert, die für einen Ausgleich in der Wertschöpfungskette sorgen. Die Endnutzer sind von den Auseinandersetzungen im Bereich der IP-Zusammenschaltung weder substantiell noch strukturell betroffen gewesen.

# 3. Revolutionäre Anwendungen der Zukunft fordern neue Bereitstellungsmerkmale

## 3.1. Internet der Dinge und Internet der Menschen: Sind diese beiden der Motor für die Entwicklung des Internets der Zukunft?

Das Internet ist ständig im Wandel begriffen und neue Internetanwendungen entstehen auf unvorhersehbare Weise. Sehr häufig übertreffen sie unsere Vorstellungskraft.

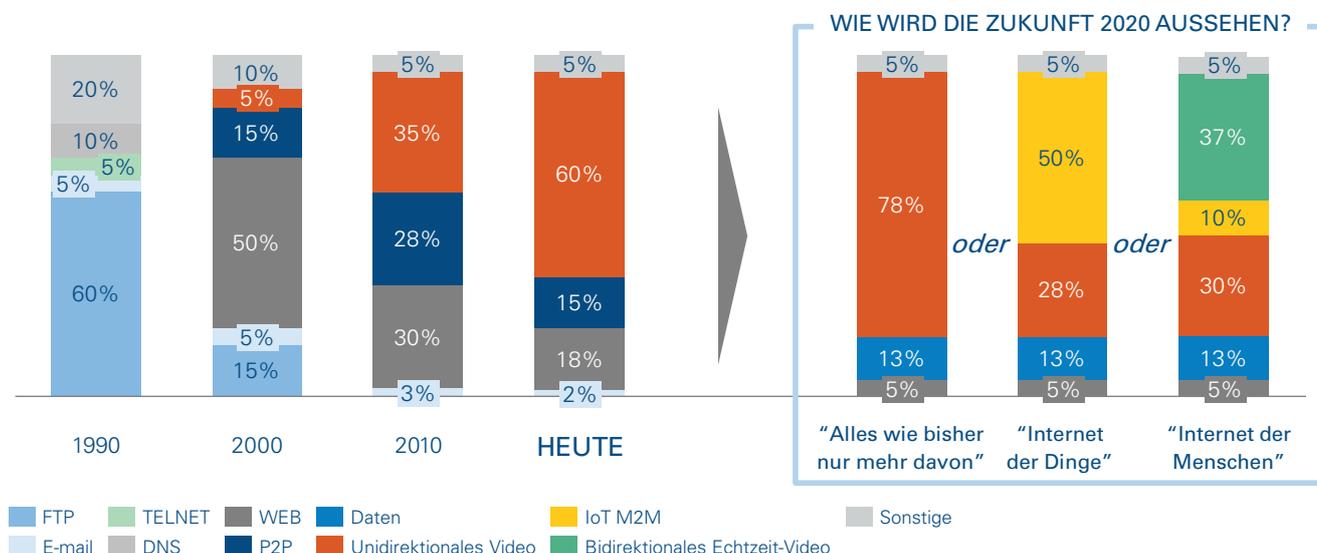
Der Geschichte der Internetanwendungslandschaft mangelt es keinesfalls an Veränderungen und bahnbrechenden Entdeckungen. In den frühen 1990er Jahren entfielen mehr als 50 Prozent des gesamten Datenverkehrs auf FTP-Anwendungen. Ein Jahrzehnt später fiel der Anteil des Datenverkehrs über das File Transfer Protocol erheblich geringer aus und wurde durch das verstärkt in Mode kommende Webbrowsing ersetzt. Ebenso entfiel der Löwenanteil des Datenverkehrs zehn Jahre lang auf das Webbrowsing, bevor es dann von Medieninhalten (insbesondere unidirektionalen Videodownloads und -streaming) verdrängt wurde, die im Jahr 2010 mehr als 30 Prozent des gesamten Datenverkehrs ausmachten. Gleichzeitig erreichte der Peer-to-Peer-Austausch von Medieninhalten zwischen Endnutzern ein vergleichbares Ausmaß. Mittlerweile ist der unidirektionale Videodatenverkehr auf einen Anteil von 60 Prozent des Gesamtvolumens im Internet angewachsen und der Peer-to-Peer-Datenverkehr verliert demgegenüber an Boden.

Es wird klar, wie unvorhersehbar die Entwicklung der Anwendungslandschaft im Internet sein kann und es stellt sich die Frage, ob es vernünftigerweise überhaupt Prognosen für die Zukunft des Internets geben kann.

Beim Blick in die Zukunft bietet sich lediglich die Arbeit mit Szenarien an. Mit Blick auf das nächste Jahrzehnt stimmen die meisten Interessensträger über drei wahrscheinliche Entwicklungen bis 2020 überein:

- *Alles wie bisher, nur mehr davon:* Im nächsten Jahrzehnt wird das unidirektionale Videostreaming möglicherweise die Hauptquelle des Datenverkehrs bleiben. Der Großteil der konsumierten Inhalte wäre allgemeiner Natur, damit wäre die Notwendigkeit für Echtzeitverbindungen nur eingeschränkt gegeben – d. h. Inhalte könnten leicht zwischengespeichert werden. Das Datenverkehrsaufkommen wird weiter zunehmen, da die Anzahl der Endnutzer steigt, ihre individuelle Nutzung zunimmt und volumenintensivere Standards mit höherer Auflösung am Markt eingeführt werden;
- *Die Zukunft ist das Internet der Dinge (IoT):* Alternativ könnten wir Zeuge einer massenhaften Zunahme von erfolgskritischen Machine-to-Machine-Anwendungen (M2M) werden, wie beispielsweise für die Fernüberwachung des Gesund-

Abbildung 37: Aufteilung des Datenverkehrs im Internet nach Anwendungen: gestern, heute und morgen



heitszustandes und -pflege, fahrerlose vernetzte Fahrzeuge, das intelligente Stromnetz und intelligente Verkehrssteuerung, auf die dann bis zu 50 Prozent des Datenverkehrs entfielen. Zusätzlich werden sich die Regierungen möglicherweise um eine Steigerung der Effizienz in ihrer Verwaltung bemühen und auf die Entwicklung sicherer elektronischer Verwaltungsanwendungen drängen.

- **Das Internet der Menschen:** Ebenso könnte es auch zu einer massenhaften Annahme von bidirektionalen hochauflösenden Echtzeit-Videoanwendungen kommen, mit denen vielfältige menschliche Interaktionen zwischen entfernten Standorten möglich werden. Derartige menschliche Interaktionen könnten durch das Aufkommen weiter entwickelter Formen der Zusammenarbeit im Bereich der Telemedizin, des Online Crowd-Working etc. vorangetrieben werden.

Dennoch ist es offensichtlich, dass Anwendungen der nächsten Generation das Internet erheblich verändern und die gegenwärtigen Leistungsanforderungen auf neue Höhen katapultieren werden. Eine derartige Entwicklung setzt möglicherweise neue Netzwerkarchitekturen, neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung, neue Definitionen für die Servicequalität und die Qualität des Nutzungserlebnisses etc. voraus.

Da das System der IP-Zusammenschaltung, so wie wir es heute kennen, wohl sehr wenig mit diesen zukünftigen Anforderungen

zu tun hat, ist es notwendig die potentiellen vielversprechenden Anwendungen der nächsten Generation genauer zu betrachten.

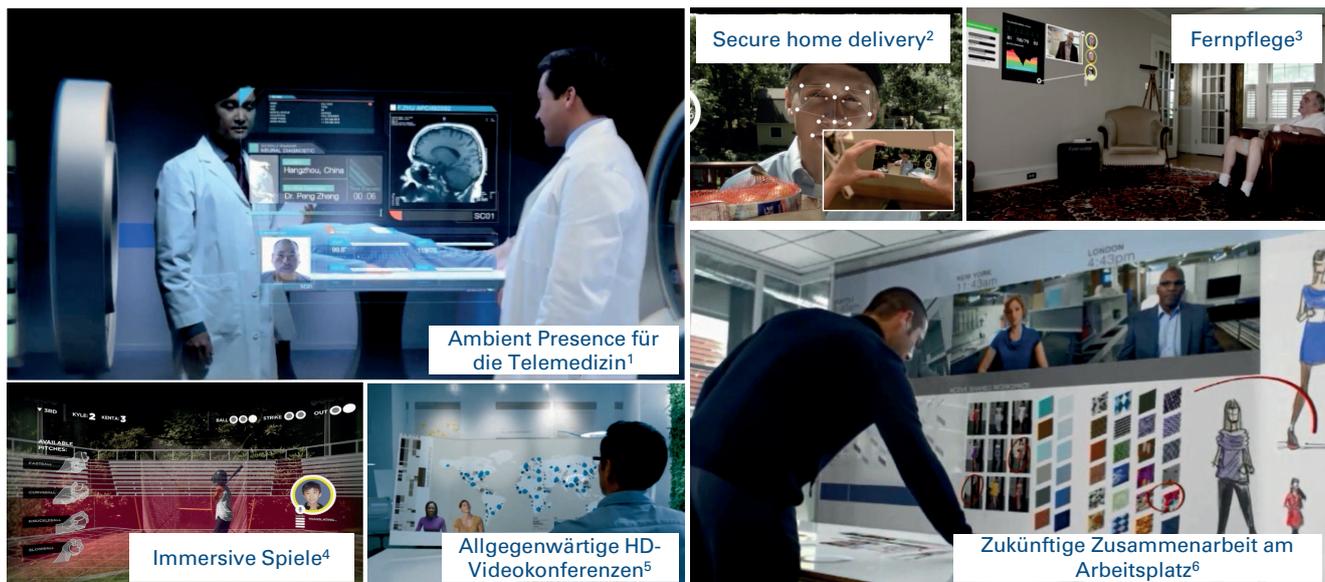
### Hervorragende Dienste werden entwickelt, welche die Gesellschaft und unsere sozialen Interaktionen revolutionieren könnten

An jedem Tag veröffentlicht die Netzgemeinde (Softwareentwickler, Inhalte- und Anwendungsanbieter, professionelle Dienstleister, Gerätehersteller, Telekommunikationsbetreiber etc.) eine zunehmend größere Zahl faszinierender Konzepte für zukünftige Anwendungen, an denen ersichtlich wird, wie sich unsere alltäglichen Interaktionen in unserem beruflichen und privaten Leben weiterentwickeln könnten.

Nachfolgend wird erläutert, wie Anwendungen eine Revolution der menschlichen Interaktionen durch ultrahochauflösende Echtzeit-Videokommunikation verheißen:

- **Ambient Presence**, eine Form der virtuellen Präsenz, die nur im Hintergrund wahrgenommen wird, würde menschliche Interaktionen zwischen zwei entfernten Standorten über wandgroße Bildschirme ermöglichen, beispielsweise als telemedizinischer Dienst mit Diagnose, Behandlung, Überwachung und Patientenaufklärung. So wäre ein standortunabhängiger Zugang zu fachlichem Rat und Patientinformationen ohne weiteres möglich;

Abbildung 38: Das Internet der Menschen – Beispiele für Anwendungen der nächsten Generation



Quelle: Corning, Microsoft, Sprint, Analyse von Arthur D. Little

1. <http://www.corning.com/adaymadeofglass/videos/index.aspx>
2. <http://tomorrowwards.com/showcase/1222/sprint-autobahn-thirty-six>
3. <http://www.itproportal.com/2013/09/02/ifa-2013-live-breaking-news-photos-and-analysis-from-berlin/>
4. <http://tomorrowwards.com/showcase/1222/sprint-autobahn-thirty-six>
5. <https://www.microsoft.com/office/vision/>
6. <http://www.corning.com/adaymadeofglass/videos/index.aspx>

- **Secure Home Delivery**, die sichere Anlieferung zu Hause, würde die Fernsteuerung des Zugangs zu Hause oder im Büro durch die Fernbedienung der Türschließanlagen, die Kontrolle der Identität der Person, die Zutritt benötigt, und Gewährleistung der Auslieferung des Pakets (z. B. beim Onlinekauf) oder der Erbringung der Dienstleistung (z. B. durch Installateur) in einer sicheren Umgebung ermöglichen;
- **Fernpflege** gäbe Patienten mit chronischen Erkrankungen die Möglichkeit zum Austausch in Echtzeit mit entfernten Familienangehörigen und zum Zugang zu vor Ort befindlichen Medizingeräten mit kritischen Informationen zu den Vitalfunktionen;
- Mit **personenbezogenen Online-Schulungen** wären Online-Weiterbildung, Coaching oder professionelle Beratung per Videokommunikation in Echtzeit möglich;
- Durch **allgegenwärtige hochauflösende Videokonferenzen** wäre der Zugang zwischen sämtlichen beliebigen Arbeitsplätzen in Echtzeit und mit hoher Auflösung für eine verbesserte Zusammenarbeit möglich;
- Bei der **zukünftigen Zusammenarbeit** am Arbeitsplatz kämen allgegenwärtige hochauflösende Videokonferenzen im Verbund mit interaktiven Boards für immersive Formen der Zusammenarbeit zum Einsatz.

Bei den gemeinsamen Faktoren dieser Anwendungen handelt es sich um strenge Anforderungen im Hinblick auf nahtlose Erreichbarkeit und Zugang, Nutzungserlebnis, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Verbindung sowie Sicherheit und Daten-

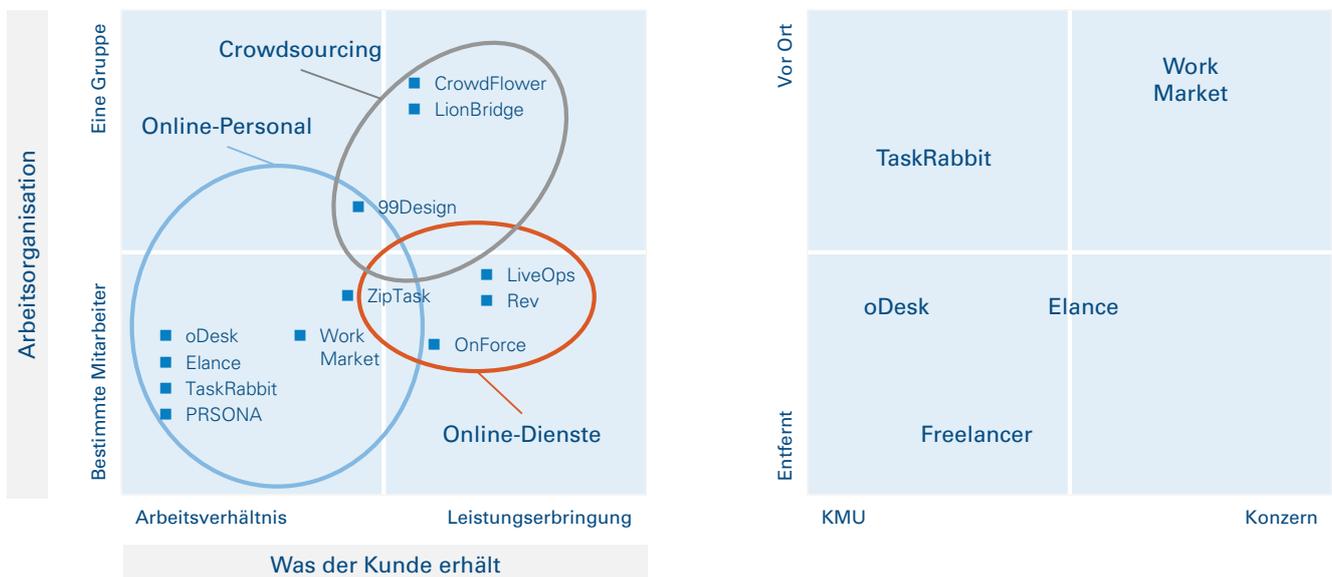
schutz der betroffenen Informationen. Beim Blick auf die gegenwärtigen Dienste im Best-Effort-Internet liegen diese scheinbar in weiter Ferne. Zwar bieten diese gewiss einen offenen Zugang zu jeder Anwendung. Die Qualität des Nutzungserlebnis kann damit aber nicht garantiert werden, insbesondere dann, wenn mehr als ein Netz daran beteiligt ist, oder wenn eine Schnittstelle zwischen zwei Netzen erforderlich ist.

### Anwendungen der nächsten Generation sind heute schon Realität

Die oben genannten Anwendungen der nächsten Generation sind möglicherweise weniger weit hergeholt, als es zunächst scheint. Viele Akteure im Internet investieren enorm in Anwendungsplattformen für Crowd-Working-Dienste und einige gehen davon aus, dass in Zukunft ein Großteil der Arbeit über spezielle Auftragsportale von Freiberuflern an entfernten Standorten erledigt werden wird.

Wie WorkMarket feststellt, entwickle sich das traditionelle Verhältnis zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer weiter, da Technologie, Globalisierung und Regulierung den Arbeitsmarkt neu ordneten. Die einschneidendste Veränderung sei die Ausweitung des Marktes für Freiberufler, in dem allein in den Vereinigten Staaten gegenwärtig 17,7 Mio. selbstständige Erwerbstätige vertreten sind, wobei deren Zahl Prognosen zufolge bis 2018 auf 24 Mio. ansteigen werde (MBO Partners, The State of Independence in America). Mit dem neuen Talentpool, der im Bedarfsfall zur Verfügung stehe, gingen die Unternehmen schnell zu einem erweiterten Personalmodell über, bei dem Freiberufler zunehmend die Zahl der Vollzeitmitarbeiter aufstockten.

Abbildung 39: Beispiele für Unternehmen im Markt für Workforce-as-a-Service (WaaS)



Quelle: WorkMarket, Analyse von Arthur D. Little

Abbildung 40: Google Helpouts: die Plattform für private Hilfe in Echtzeit

Real help from real people in real time

Play video

Ist dies der Anfang einer neuen Klasse von Multimedia-kommunikation in Echtzeit?

Category	Service Title	Provider	Rating	Price	Duration
Art & Music	Learn to Play Guitar	Rob Michael	★★★★★ 26	\$75.00	1 hour
	Portraiture: DSLR Help from a Fashion & Lifestyl...	Jon Macgodi	★★★★★ 28	\$10.00	30 minutes or \$0.40 per min.
	Becoming a Better Bassist	Mac Hunter	★★★★★ 5	Free	
Education & Careers	Great Books and Classics: Your Conversational ...	Robert Woods	★★★★★ 12	\$25.00	30 minutes
	Learn German	Katrin Vollmann	★★★★★ 2	\$29.44	1 hour or \$0.49 per min.
	Life Coaching: Personal Development & Creativi...	Ravindra Galbena	★★★★★ 49	\$16.35	15 minutes or \$1.64 per min.
Health	Dr. Richard Lustberg	Richard Lustberg		\$3.00	per min.
	Chiropractic: More than just back pain.	Ben Hill		\$10.00	15 minutes
	Relationship and family conflict support	Tom Kelley	★★★★★ 1	\$60.00	45 minutes

Quelle: Webseite von Google Helpout

Infolgedessen entstehen viele Start-Ups im Markt für Arbeitsdienstleistungen („Workforce-as-a-Service“; WaaS).

Im November 2013 lancierte Google seine neue Plattform Google Helpouts. Dabei handelt es sich um eine als Marktplatz organisierte Dienstleistungsplattform, auf der Endnutzer und professionelle Dienstleistungserbringer oder Fachkräfte zusammengeführt werden. Die Endnutzer bezahlen ein Entgelt für Live-Videositzungen mit Fachkräften, die über Onlinevideo von der schrittweisen Anleitung zur Truthahnzubereitung bis hin zur Eheberatung jede erdenkliche Beratungsleistung erbringen (Abbildung 40).

Zwischenzeitlich gab TeleCure, ein Anbieter für hochwertige medizinische Versorgung im Rahmen von Telefon- und Videoberatungen bekannt, das Unternehmen werde bei der Erbringung seiner Leistungen auf die Plattform Google Helpouts zurückgreifen. Ebenso erklärte TakeLessons, ein Online-Marktplatz für erstklassig qualifizierte Lehrkräfte, das Unternehmen werde mit einer exzellenten Auswahl von Musiklehrern, Kunstlehrern und Tutoren auf Helpouts vertreten sein.

Von derartigen Initiativen erwartet man sich enorme Auswirkungen auf die Landschaft der Internetanwendungen, da damit eine neue Klasse von Anwendungen gefördert wird, die sich enorm vom gegenwärtigen Anschauen eines Videos über YouTube oder Netflix unterscheidet. An dieser Form sind zwei Parteien beteiligt, die durch Videokommunikation in Echtzeit miteinander interagieren. Die Qualität der Videokommunikation muss dabei ausreichend hoch sein, damit die Bereitschaft zur Bezahlung für derartige Dienstleistungen besteht.

### 3.2. Das Internet von heute steht für „Best Effort“ und ist eine endliche (jedoch keine knappe) Ressource

Die meisten Menschen haben schon einmal so etwas wie eine unbeständige Übertragungsqualität im Internet erlebt, die sich in der Regel an folgenden Merkmalen erkennen lässt:

- Pufferung von Videoanwendungen oder Webseiten, deren Laden mehrere Sekunden in Anspruch nimmt;
- Schlechte Qualität bei Videostreaming oder Videokommunikation aufgrund von hohen Schwankungen bei der Paketübermittlung („Jitter“);
- Hohe Fluktuationen bei den unmittelbaren Downloadgeschwindigkeiten, die häufig unter der vom Internetzugangsanbieter am Zielort angebotenen Spitzengeschwindigkeit liegen.

Derartige Situationen sind Folge des Umstands, dass das heutige Internet auf dem Best-Effort-Prinzip beruht und es sich dabei um eine endliche (jedoch keine knappe) Ressource handelt. Das Internet, so wie wir es heute kennen, ist von verschiedenen Einschränkungen betroffen, beispielsweise von physischen Beschränkungen bei langen Entfernungen zwischen Ursprungs- und Zielort oder intrinsischen Merkmalen der Steuerungsschicht, mit der das IP-Protokoll geregelt wird (das Transportsteuerungsprotokoll, TCP).

Für eine umfassende technische Analyse müssten weitaus mehr Überlegungen und Einzelheiten berücksichtigt werden. Die zentralen globalen Merkmalen der verfügbaren Leistung des

Internets in seiner gegenwärtigen Form werden im Folgenden dargestellt.

### Best-Effort behält die Oberhand

Wie in Kapitel 1 besprochen, handelt es sich beim Best-Effort-Prinzip um eines der Zaubermittel, das die schnelle Verbreitung der IP-Technologie möglich werden ließ, und gleichzeitig aber gewissermaßen auch um ihre Fußfessel.

Seinem Wesen nach ist das Internetprotokoll im Gegensatz zu einem traditionellen leitungsvermittelten Telefonsystem nicht in der Lage eine Schaltung mit dedizierten logischen Ressourcen herzustellen, welche die Ursprungs- mit der Zielpartei zusammenschalten. Beim Internetprotokoll handelt es sich um eine paketvermittelnde Kommunikationstechnologie.

Dies bedeutet, dass die verfügbare Kapazität nach jedem Aggregationsknoten unter den verschiedenen eingehenden und ausgehenden Verkehrsflüssen – und somit verschiedenen Endnutzern – aufgeteilt wird. Überlastungen können nur durch ein Übermaß an installierten Ressourcen oder eine diskriminierungsfreie Verwaltung des Datenverkehrs gemildert werden. Obwohl mit diesen Abbildertechniken ein durchschnittlicher Durchsatz sichergestellt werden kann, ist damit nur eine teilweise Gewähr für weitere Bereitstellungsmerkmale wie Schwankungen bei der Paketankunft (Jitter) möglich, wobei sich letztere enorm auf die Videoübertragung auswirken.

Jitter wird zu einer noch kritischeren Angelegenheit, wenn Datenpakete (egal ob von Dateien, E-Mails oder Videokommunikation) vom Inhalte- und Anwendungsanbieter bis zum Endnutzer viele Teilstrecken zurücklegen müssen. In diese Reise sind viele Ressourcen eingebunden – vom Ursprungsserver über den

mittleren Router und das Zugangnetz am Zielort bis zu der die Signale verarbeitenden Zentraleinheit des Empfangsgeräts (PC, Smartphone, Tablet etc.). Deren unsachgemäße Auslegung oder eine plötzliche Datenverkehrsüberlastung an einem der beteiligten Netzwerkknoten können das Nutzungserlebnis in seiner Gesamtheit beeinträchtigen.

Von den neuen Netzwerkprotokollen und -technologien, die gegenwärtig untersucht werden, wären nur einige wenige (z. B. die MPLS-Technologie, softwaredefinierte Netze und das IPX-Protokoll) in der Lage auf Abruf eine Freigabe der entsprechenden logischen Ressourcen an den Netzschnittstellen vorzunehmen.

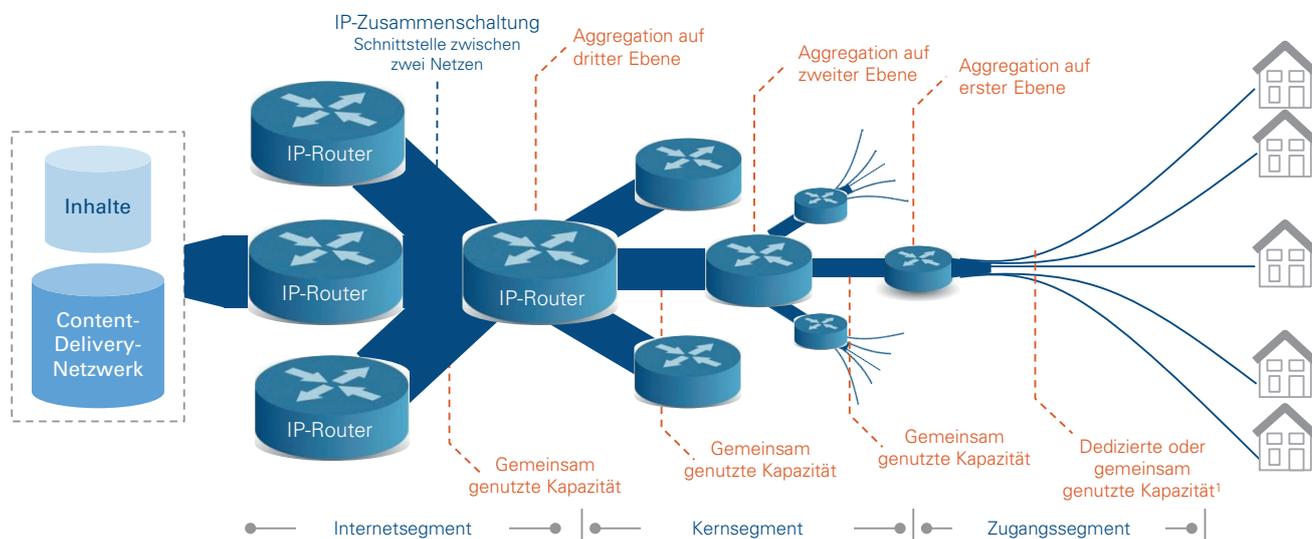
Das Best-Effort-Prinzip bei der IP-Technologie zieht jedoch nicht notwendigerweise eine geringe Leistung nach sich. Die Einfachheit, mit der die Kapazität an Zusammenschaltungsknoten ausgebaut werden kann, ermöglichte ganz im Gegenteil sogar ihre weitläufige und schnelle Verbreitung.

*Viele glauben, dass die erzielte Qualität für die überwiegende Mehrheit der Anwendungen gut genug sei.*

### Internetressourcen sind endlich (jedoch nicht knapp)

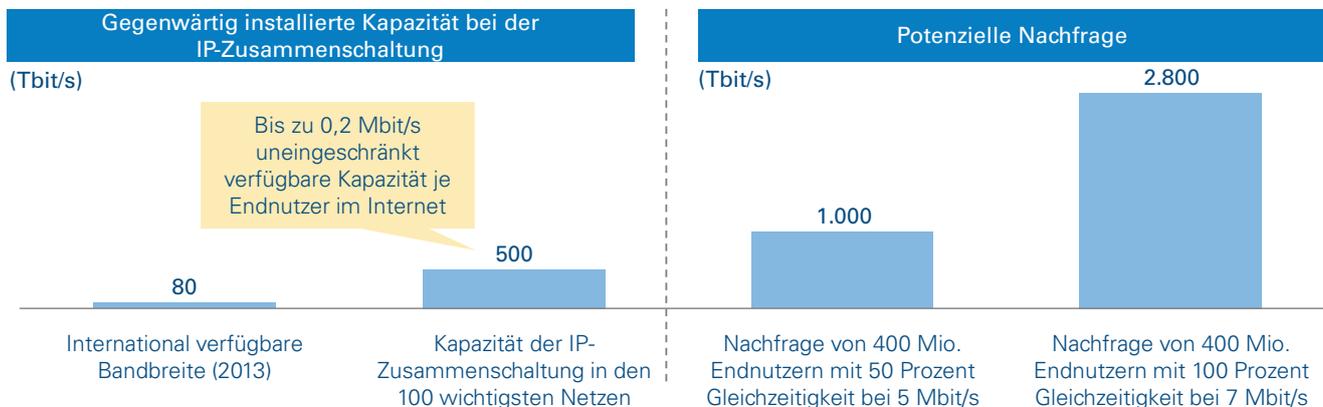
Im Gegensatz zum Funkspektrum für Drahtlosgeräte ist Kapazität für die IP-Zusammenschaltung keine knappe Ressource, weil die Kapazität bei jeder Zusammenschaltung mühelos ausgebaut werden kann. Aber sie ist endlich und zwar aus dem Grund, weil an jedem Zusammenschaltungsknoten eine endliche Menge an Routingkapazität vorhanden ist, bevor neue Investitionen getätigt werden. Der Umstand, dass jeder Zusammenschaltungsknoten

Abbildung 41: Schema eines IP-Netzes



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Abbildung 42: Gegenwärtige Kapazität bei der IP-Zusammenschaltung und potenzielle Nachfrage



Quelle: Telegeography, Akamai; Analyse von Arthur D. Little

von allen Datenverkehrsströmen gemeinsam genutzt wird, führt dazu, dass jeder Nutzer nur von einem kleinen Teil der uneingeschränkt verfügbaren Kapazität profitiert.

*Die Kapazität für die IP-Zusammenschaltung ist keine knappe Ressource, weil die Kapazität bei jeder Zusammenschaltung mühelos ausgebaut werden kann. Aber sie ist endlich und zwar aus dem Grund, weil an jedem Zusammenschaltungsknoten eine endliche Menge an Routingkapazität vorhanden ist, bevor neue Investitionen getätigt werden.*

Da das Internet nicht von allen Endnutzern gleichzeitig genutzt wird, wird die Kapazität bei der IP-Zusammenschaltung von ihnen nicht gleichzeitig in Anspruch genommen. Die Netzwerkknoten bei der IP-Zusammenschaltung werden daher auf der Grundlage statistischer Überbuchungsregeln ausgelegt (d. h. die vorgesehene Kapazität je Endnutzer entspricht nur einem Bruchteil der in seinem lokalen Zugangsnetz vorhandenen Kapazität).

Das neue Wesen des Internets als Mediendistributionsplattform stellt die gegenwärtigen Annahmen jedoch in Frage, insbesondere zur Hauptsendezeit. Es ist keine Seltenheit, dass die Gleichzeitigkeit bei besonderen Live-Ereignissen wie Sportveranstaltungen oder Konzerten die 50-Prozent-Marke überschreitet.

Zahlen zu den gegenwärtigen Kapazitäten auf Ebene der IP-Zusammenschaltung werden nur sehr rar veröffentlicht. Telegeography gibt jedoch an, dass 80 Tbit/s der internationalen Kapazität bis zum Jahr 2013 installiert worden sind. Nach Schätzungen von Akamai stehen an den IP-Zusammenschaltungsschnittstellen der 100 wichtigsten globalen Netze 500 Tbit/s zur Verfügung.

Wenn für 2,7 Mrd. Endnutzer im globalen Internet 500 Tbit/s verfügbar sind, entspräche dies auf Ebene der IP-Zusammenschaltung in etwa einer uneingeschränkt verfügbaren Kapazität von 0,2 Mbit/s je Endnutzer. Diese Schätzung passt gut zu den Annahmen der französischen Regulierungsbehörde ARCEP, die den durchschnittlichen Kapazitätsverbrauch in den Festnetzen zu Spitzenzeiten auf 0,1 Mbit/s bis 0,3 Mbit/s bezifferte.

Die Endlichkeit der gemeinsam genutzten Ressourcen auf Ebene der IP-Zusammenschaltung tritt noch eindeutiger hervor, wenn man die gegenwärtig installierte Kapazität mit zukünftigen Nachfrageszenarien vergleicht, in denen hunderte Millionen oder sogar Milliarden von Endnutzern zeitgleich zur Hauptsendezeit Zugang erhalten wollen.

Diese Herausforderung geht jedoch längst nicht über die Grenzen des Machbaren hinaus, da die notwendigen Kosten im Zusammenhang mit der Kapazität der IP-Zusammenschaltung vergleichsweise gering ausfallen. Nach Aussage von ARCEP würden die Kosten für eine Verdopplung der uneingeschränkt verfügbaren Kapazität für jeden Endnutzer in etwa eine Höhe von 0,15 EUR erreichen.

Die echten Herausforderungen bestehen darin, dass diese installierte Kapazität für die IP-Zusammenschaltung gemeinsam genutzt wird und die höhere uneingeschränkt verfügbare Kapazität nicht auf Anforderung für bestimmte Anwendungen zur Verfügung gestellt werden kann (sodass für hochwertige, anspruchsvolle Anwendungen weiterhin das Risiko besteht, dass für diese nicht ausreichend logische Ressourcen bereitgestellt werden). Zudem erweist sich der Ausbau der Kapazität für die IP-Zusammenschaltung noch immer als ineffizientes Vorgehen, wenn höher entwickelte Zwischenspeicherlösungen die wiederholte Übertragung generischer Inhalte erheblich verringern könnten.

Abbildung 43: Beziehung zwischen Entfernung (Meilen), Latenz (Millisekunden) und Durchsatz (Mbit/s)

Entfernung zwischen Inhalts-/Anwendungs-server und Endnutzer	Netzwerklatenz	Paketverlust	Durchsatz	Download-Zeit
Lokal (<160 km)	1,6 ms	0,6%	44 Mbit/s	12,2 min
Regional (800-1.600 km)	16 ms	0,7%	4 Mbit/s	2,2 Std.
Intrakontinental (<5.000 km)	48 ms	1,0%	1 Mbit/s	8,16 Std.
Interkontinental (<9.000 km)	96 ms	1,4%	0,4 Mbit/s	20 Std.

Quelle: Akamai

### Das Internet unterliegt Latenz und Paketverlust

Die physische Entfernung zwischen Ursprungs- und Zielort ist von wesentlicher Bedeutung für die Durchleitungsleistung, die bei der Übertragung letztendlich erreicht wird. Dieser Kausalzusammenhang ist hauptsächlich auf die Arbeitsweise des Transportsteuerungsprotokolls (TCP) zurückzuführen, welches die Geschwindigkeit der Übertragung über IP-Netze regelt.

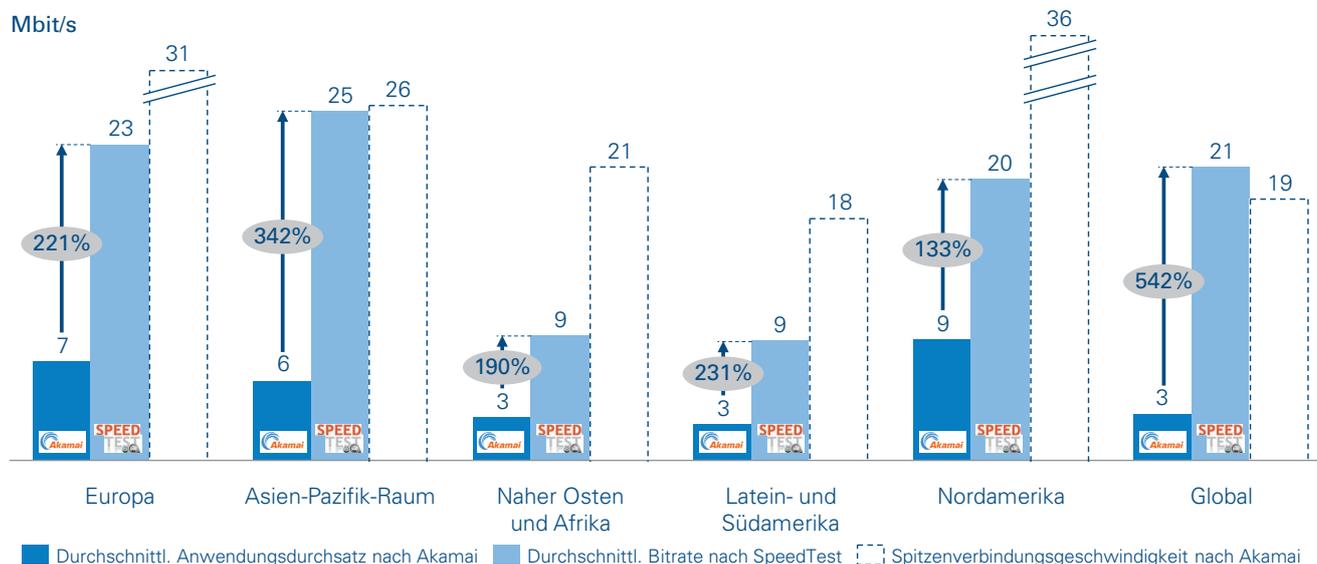
Durch die Messung der Antwortzeit beim Empfänger testet das Transportsteuerungsprotokoll die Verbindungsfähigkeit zwischen Ursprungs- und Zielpunkt und lässt den Ursprungsserver zunehmend größere Volumen von Datenpaketen schicken. In dem Fall, dass längere Antwortzeiten oder Paketverluste den Anlass für Paketwiederholungen geben, verringert das TCP den Durchsatz am Ursprungspunkt.

Mit diesem Mechanismus kann das TCP den Durchsatz nur schrittweise erhöhen, sofern diese Beschränkungen nicht durch besondere Techniken (z. B. Webbeschleunigung) umgangen werden.

Akamai führte mehrere Studien zu diesem Phänomen durch und zeigt die Verbindung zwischen Entfernung, Latenz, Paketverlust und Durchsatz auf: Mit zunehmender Latenz und einer steigenden Zahl von Paketverlusten nehmen der Durchsatz und die Downloadzeit ab.

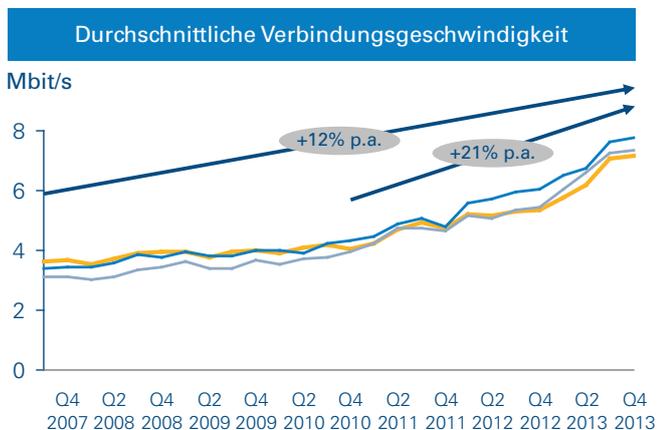
Obwohl der Verlust bei Frame Relay-Netzen (im Durchschnitt weniger als 0,01 Prozent) häufig zu vernachlässigen ist, kommt ihm bei IP-VPN-Verbindungen in und aus bestimmten Märkten wie China, wo die Verluste im Allgemeinen über 5 Prozent und häufig noch weit darüber liegen, eine enorm hohe Bedeutung zu. Im letzteren Szenario haben hohe Verlustraten eine verheerende Auswirkung auf die Leistung.

Abbildung 44: Anwendungsdurchsatz nach Akamai im Vergleich zu Bitratenwert nach SpeedTest

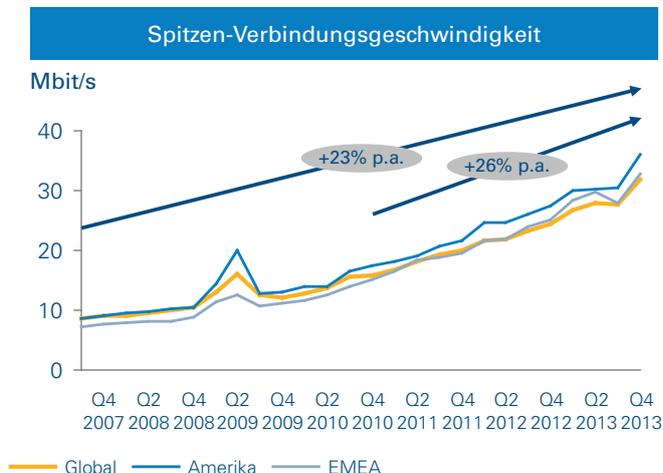


Quelle: Akamai, Messwerte von SpeedTest bei Netindex.com, Analyse von Arthur D. Little

Abbildung 45: Entwicklung der Geschwindigkeiten im Internet



Quelle: Bericht von Akamai zum Zustand des Internets, Analyse von Arthur D. Little



### Die Qualität des Internets ist schwer zu messen

Die obige Analyse zeigt, dass sich das Nutzungserlebnis im Internet als Funktion vieler Faktoren darstellt und deren Schwankungen abhängig sind von der Zahl der gleichzeitig verbundenen Endnutzer, die Zugang zu Online-Inhalten und -Anwendungen erhalten wollen.

Bei der IP-Zusammenschaltung der Netze auf Grundlage des Best-Effort-Prinzips werden die Daten nach Maßgabe der vorhandenen Ressourcen übermittelt, ohne Gewähr für die Zuverlässigkeit, Verzögerung oder Durchleitungsanforderungen. Im Ergebnis schwankt die Leistung, sie wird nie garantiert und liegt immer unterhalb der Nennkapazität.

Häufig erweist sich die Ermittlung der ursächlichen Engstelle als schwierig, wenn nicht sogar unmöglich. Entstehen kann sie durch Überlastung an einem IP-Zusammenschaltungs- oder Aggregationsknoten, in der Serverfarm des Inhalte- und Anwendungsanbieters oder sogar im Prozessor der Geräte des Endnutzers.

Mit dieser Studie wird zwar nicht das Ziel verfolgt, alle Faktoren mit Einfluss auf das Nutzungserlebnis im Internet in umfassender Weise zu behandeln; dennoch muss beachtet werden, dass weitere technische Parameter wie die Asymmetrie von Verbindungen, Protokolloptimierung, Front-End-Optimierung, Verarbeitungszeit beim Client und Richtlinienverwaltung für die zugrunde liegende Servicequalität der IP-Zusammenschaltungsleistungen ebenfalls eine Rolle spielen.

Die Überwachung und Deutung der Leistungsvarianz im Internet ist ein schwieriges Unterfangen. Es gab mehrere Versuche die Fortschritte beim Nutzungserlebnis im Internet zu verfolgen und aufzuzeichnen. In diesem Zusammenhang ist eine Reihe von Initiativen zu nennen:

- **Inhalte- und Anwendungsanbieter** wie Netflix (Netflix ISP Speed Index) und Google (Google Video Quality Report – „YouTube HD Verified“) beobachten die Leistung der Internetzugangsanbieter bei der Verbreitung (von Videos);
- **Regulierungsbehörden und Regierungen** halten die Endnutzer dazu an dazu überzugehen die Leistung der Fest- und Mobilfunknetze mit Geschwindigkeitstests zu messen;
- **Einige Ausrüstungsanbieter**, insbesondere Content-Delivery-Netzwerke, erfassen die Durchschnittsleistung bei der Verbindung zwischen Server und Client.

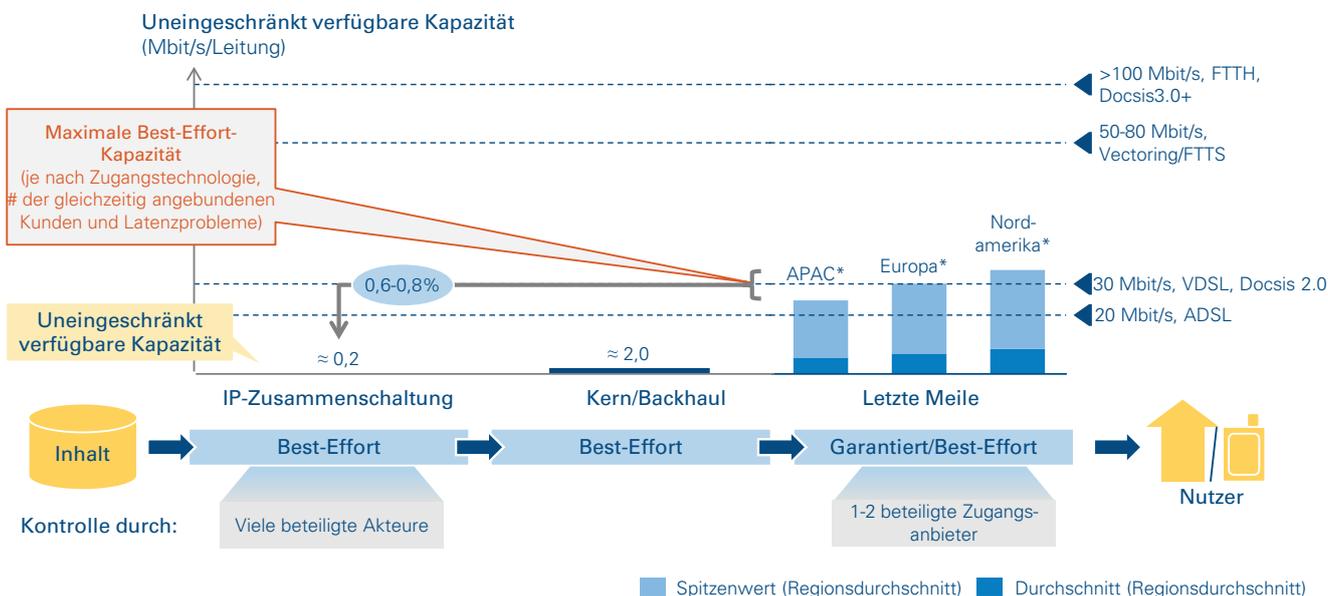
In den Messwerten von Akamai für die Spitzen- und Durchschnittsgeschwindigkeit spiegelt sich eine Reihe von Faktoren wider, darunter die unterschiedliche Bereitstellung und der Mix von Zugangstechnologien (xDSL, FTTX, Kabel, Mobil) sowie die verschiedenen Netzwerkverwaltungsrichtlinien und -ressourcen.

Daher muss der Leser bei Betrachten dieser Werte besondere Aufmerksamkeit walten lassen, da Unterschiede bei Messmethodik, Zielmessparametern und statistischen Techniken zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen führen. Deutlich wird dies anhand großer Ergebnisabweichungen, beispielsweise beim Vergleich der Angaben von Akamai für den Anwendungsdurchsatz mit den Messwerten von Speedtest für die Zugangsbitrate.

### Ist Kapazitätsausbau die Lösung für höhere Qualitätsanforderungen?

Dem System des Best-Effort-Internets ist es kontinuierlich gelungen die durchschnittliche Geschwindigkeit für die Endnutzer Jahr für Jahr zu erhöhen. Bislang war die Übertragungsqualität bei einer durchschnittlich großen Durchsatzmenge gut genug, dass sich das Internet stark ausbreiten konnte.

Abbildung 46: Die Diskrepanz zwischen der Kapazität auf der letzten Meile und in den anderen Segmenten (2013)



Da die Nachfrage nach Inhalten und Anwendungen im Internet weiter zunehmen wird, ist es wahrscheinlich, dass mehr Kapazität für die IP-Zusammenschaltung zur Verfügung gestellt wird, entweder durch den Ausbau von Ressourcen oder durch die Nutzung des technologischen Fortschritts.

Speziell durch die gesteigerte Nachfrage nach zeitgleich stattfindendem Konsum von Inhalten und Anwendungen wird man die statistische Überlastungsrate einer Überprüfung unterziehen und es werden Investitionen in die IP-Zusammenschaltungsschnittstellen fließen.

Aber auch bei einer erheblichen Erhöhung des Puffers angesichts der Überlastungen bleibt das Risiko weiter bestehen, dass die Gesamtzahl der Endnutzer und die Art ihrer Inhalte und Anwendungen zu einem beliebigen Zeitpunkt einen Datenverkehr hervorrufen, der über die Kapazität der IP-Zusammenschaltungsknoten hinausgeht und daher zu einer Verschlechterung des Nutzungserlebnisses führt.

Die Leistung von Anwendungen in global zusammengesetzten Netzen wird neben der Bandbreite von vielen weiteren Faktoren beeinflusst. Die Idee, dass Bandbreite allein alle oder zumindest die meisten Anwendungsprobleme lösen kann, ist schlicht und einfach ein Mythos. Auf Netzwerkebene wird die Anwendungsleistung durch hohe Latenz, Jitter, Paketverlust und Überlastung eingeschränkt.

So betont beispielsweise Google<sup>3</sup> die größere Relevanz der Latenz im Vergleich zur Durchsatzkapazität. Die Erhöhung der

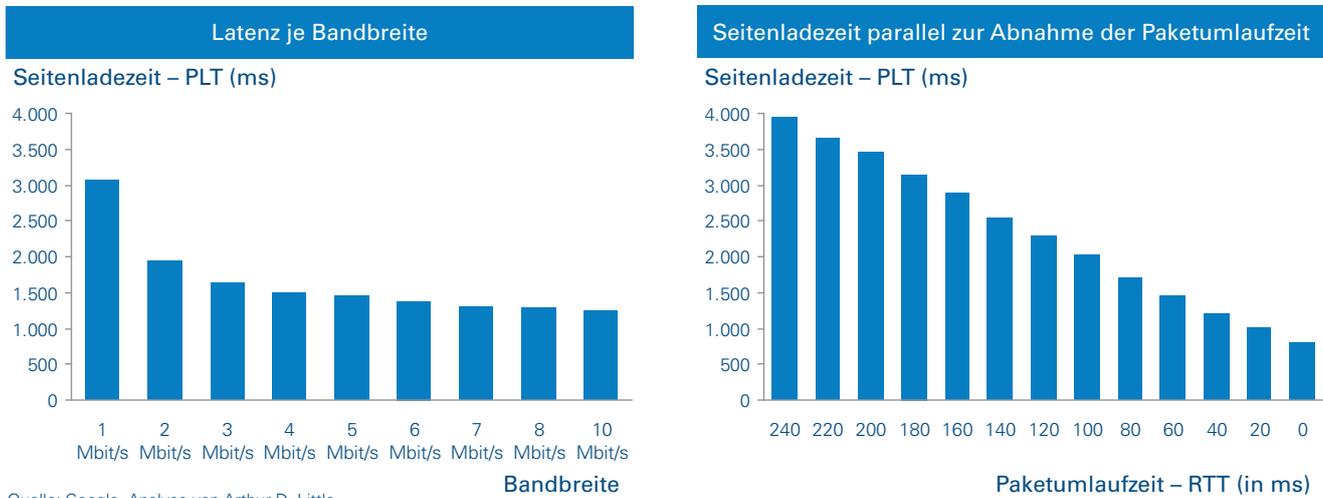
Konnektivität von 1 Mbit/s auf 2 Mbit/s führt zu einer Halbierung der Seitenladezeit (PLT, Page Load Time). Ein Ausbau von 5 Mbit/s auf 10 Mbit/s ist jedoch lediglich mit einer Verbesserung von fünf Prozent verbunden. Im Gegensatz dazu ist die Latenzkurve von ganz anderer Natur. Jede Verbesserung der Latenz um 20 ms mündet in eine proportionale Verbesserung der Seitenladezeiten.

Hierfür gibt es viele gute Gründe: Die durchschnittliche Seite setzt sich aus vielen kleinen Teilen zusammen, für die viele Verbindungen erforderlich sind und der Durchsatz steht in einem engen Zusammenhang mit der erforderlichen Zeit für die Kommunikation zwischen unseren Browsern und den Ursprungsservern für den Inhalt. Technisch dauert es drei Paketumlaufzeiten (RTT, Round-Trip-Times), bevor eine Verbindung hergestellt werden kann. Deshalb kann ein Endnutzer, der für einen Internetanschluss mit einer Nennbandbreite für den Download (z. B. 30 Mbit/s) bezahlt, mit dem er theoretisch hochauflösendes Videostreaming in Echtzeit nutzen kann, dennoch von Überlastungen an IP-Zusammenschaltungsknoten betroffen und praktisch nicht in der Lage sein, das gewünschte Video anzuschauen.

Hierbei ist zu erwähnen, dass es angesichts des diskriminierungsfreien Transports durch das Internetprotokoll sehr wahrscheinlich ist, dass ein erheblicher Anteil des Datenverkehrs auf Inhalten und Anwendungen beruht, für die nicht die gleichen Qualitätsanforderungen erforderlich sind (Latenz, Jitter, Sicherheit etc.) wie z.B. für das angeforderte Echtzeitvideo. Eine effizientere Priorisierung ohne Beeinträchtigung des Nutzungserlebnisses für den Endnutzer ist nicht möglich.

3 <http://www.igvita.com/2012/07/19/latency-the-new-web-performance-bottleneck/>

Abbildung 47: Latenz im Vergleich zur Bandbreite als Leistungstreiber



Angesichts der oben erwähnten Gründe überrascht es nicht, dass zukunftsweisende Anwendungen, wie Telepresence und Telemedicine aus dem Hause Cisco, bislang nur über dedizierte Netzwerke (d. h. statische virtuelle private Netzwerke, außerhalb des offenen Internets) bereitgestellt werden, deren hohe Kosten und operative Komplexität jedoch ein Hindernis für die massenhafte Verbreitung solcher Anwendungen darstellen.

Letztendlich stellt sich die Frage, inwieweit das im Internet verankerte Best-Effort-Prinzip die Verbreitung von Anwendungen der nächsten Generation einschränken wird und ob die Branche nicht auch nach alternativen Lösungen suchen sollte, mit denen bei Bedarf eine garantierte Kapazität bereitgestellt werden kann.

### 3.3. Neue Anforderungen jenseits der Bandbreite zeichnen sich ab

Die Anwendungen der nächsten Generation stellen viele neue Anforderungen, die weit über die bloße Bandbreite hinausgehen.

In den letzten Jahren konzentrierte man sich in der Branche und den Regulierungsbehörden stark auf die Entwicklung und Bereitstellung neuer Netzwerktechnologien, die in den Zugangsnetzen höhere Bandbreiten ermöglichten. Daher kam es in den Festnetzen zum allmählichen Einsatz von FTTx und DOCSIS 3.x und in den Mobilfunknetzen zur schrittweisen Einführung der Mobilfunkstandards 3G/4G.

Abbildung 48: Traditionelle und neuartige Transportmerkmale von Internetdiensten

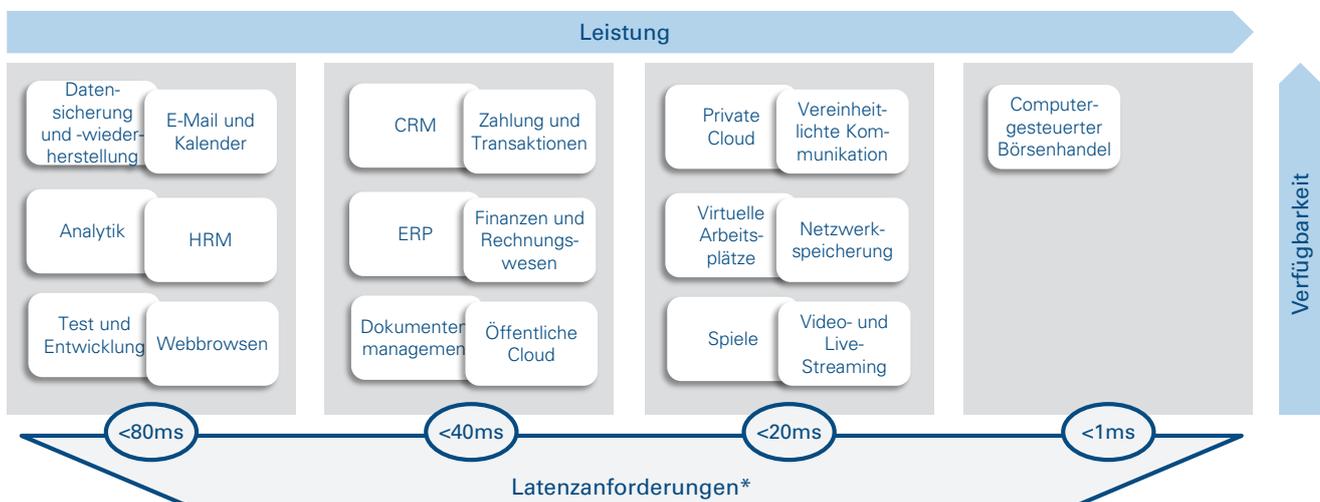
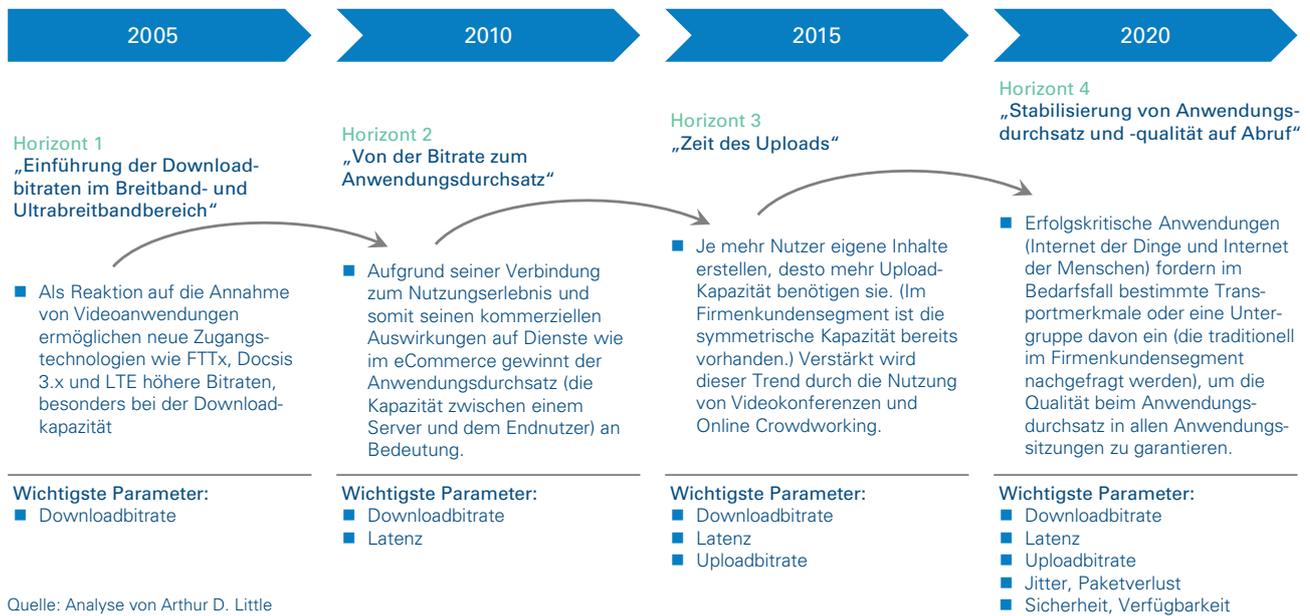


Abbildung 49: Evolution der Anforderungen an die IP Zusammenschaltung



Vorausblickend ist damit zu rechnen, dass die Anwendungen der nächsten Generation neue Anforderungen an die IP-Zusammenschaltung implizieren, die weit über zusätzliche Durchleitungskapazität hinausgehen und auch Bereitstellungsmerkmale wie eine Verringerung der Latenz, Verfügbarkeit, Jitterregelungen, die Beschränkung von Paketverlusten und Sicherheit mit umfassen.

*Tatsächlich existiert die Nachfrage nach Anforderungen, die über die bloße Bitrate hinausgehen, in einzelnen Firmenkundensegmenten schon seit mehr als einem Jahrzehnt.*

Sektoren wie die Finanzdienstleistungsbranche, der Sektor für den elektronischen Zahlungsverkehr, staatliche Stellen im Hochsicherheitsbereich (einschließlich Polizei, Militär, Notdienste etc.), die Fernsehbranche etc. haben allesamt bereits vielfach fortschrittlichere Dienste nachgefragt.

In der Tat beruhen wichtige Datenübertragungen im Firmenkundengeschäft auf dedizierten Netzwerken, für die ein individuelles Design entwickelt und erhebliche Anstrengungen unternommen werden müssen. Angesichts des hohen Preises für dedizierte Netzwerke bietet sich solch eine offene Internetplattform nicht gerade für die gesamthafte Verbreitung von Anwendungen der nächsten Generation an.

Von allen neuen Anforderungen erfordern Sicherheit und Datenschutz das größte Augenmerk, da ihnen bei der sicheren Nutzung von Anwendungen der nächsten Generation eine ent-

scheidende Rolle zukommt, insbesondere in Szenarien für das Internet der Dinge.

In diesen Szenarien wird mit einem exponentiellen Wachstum der vernetzten Geräte gerechnet (Ericsson und Cisco gehen von 50 Mrd. Geräten aus, die bis 2020 mit dem Internet verbunden sein werden). Enorm heterogene Systeme (z. B. Häuser und Bürozugangssysteme, Geräte und Fahrzeuge) werden zunehmend vernetzt und damit extrem anfällig für Cyberkriminalität sein, sodass die Sicherheit plötzlich zur wichtigsten Priorität wird.

Der Grund zur Besorgnis wird noch größer, wenn man bedenkt, dass sich gegenwärtig nur ein sehr kleiner Teil der Bevölkerung der Risiken bewusst ist, die sich in Szenarien mit äußerst hohem Vernetzungsgrad ergeben, in denen es keine völlige Garantie für Datenschutz und Sicherheit gibt.

Besondere Aufmerksamkeit gebührt den M2M-Anwendungen. Diese Anwendungen setzen voraus, dass viele Geräte ohne oder nur unter geringer menschlicher Kontrolle miteinander vernetzt sind und kommunizieren. Eine Umfrage von Beecham Research ergab, dass Datenverlust und -beschädigung, unbefugte Zugriffe und Distributed Denial of Service-Angriffe (DDoS) auf dem Vormarsch sind.

Denkbar wäre hier der Fall, in dem ein vernetztes Fahrzeug mit Fernstartfunktion von einer unbefugten Person angelassen wird oder in dem ein Dieb auf Informationen an einem Wohnraumsensor zugreift, um den besten Zeitpunkt für einen Einbruch herauszufinden.

Cisco erklärt, dass nicht nur der Schutz der Endpunkte und Netzwerkränder im Fokus zukünftiger Sicherheitstechniken stehen sollte, sondern dass das Netzwerk selbst einen zentralen Schwerpunkt zukünftiger Sicherheitsprogramme bilden wird. Andere Analysten gehen sogar so weit zu behaupten, es sei bei so vielen vernetzten Geräten unmöglich die Endpunkte zu sichern. Die Sicherheit muss daher beim einzigen Element implementiert werden, das diese Geräte gemeinsam haben: dem Netzwerk.

Einer Studie von Arbor Networks („Worldwide Infrastructure Security Report, Volume IX“) zufolge sind DDoS-Angriffe für Unternehmen heute einer der wichtigsten Gründe zur Besorgnis und können zusammen mit groß angelegter Schadsoftware schwerwiegende Beeinträchtigungen bei der Kernausrüstung, den Ressourcen und geschäftskritischen IP-Diensten von Internetanbietern hervorrufen. Im Verlauf der vergangenen Jahre führte Arbor Networks globale Befragungen der Serviceanbieter durch, um sich ein Bild über die Erfahrungen mit Sicherheitsbedrohungen zu verschaffen. Glaubt man den erhaltenen Daten, nahm der Umfang der größten DDoS-Angriffe zwischen den Jahren 2002 und 2012 allmählich zu, im Jahr 2013 meldeten die Teilnehmer Angriffe in einer Größenordnung von 100 Gbit/s bis hin zu alarmierenden 309 Gbit/s.

Eine der möglichen Lösungen, die von Cisco im Jahressicherheitsbericht des Unternehmens (2014) vorgeschlagen wurde, besteht darin, dass die Netzwerke die Daten unentwegt überwachen und analysieren, um so bösartiges Verhalten sobald es auftritt zu erkennen.

### Neue Lösungen und Technologien am Horizont

Gegenwärtig werden vielfache Technologien und Lösungen untersucht, um die Qualitätskontrolle bei der IP-Anbindung zu verbessern und neue Anforderungen an IP-Netze zu unterstützen. Die bekanntesten innovativen Lösungen und Technologien sollen auch hier erwähnt werden:

- **Transparente Zwischenspeicherung: Anwendung der Techniken für die Übertragung von Inhalten am gesamten Webinhalt.**

Während Content-Delivery-Netzwerke nur denjenigen Inhalte- und Anwendungsanbietern Webbeschleunigung für ihre Inhalte anbieten, die Managed Services angefordert und eine kommerzielle Vereinbarung unterzeichnet haben, schließt die Webbeschleunigung bei der transparenten Zwischenspeicherung sämtliche generischen Inhalte ein, die von den Endnutzern häufig anfordert werden. Diese beliebten Inhalte werden von den Zwischenspeichern innerhalb der Netze der Internetzugangsanbieter transparent und automatisch erfasst und dann zu einem Standort im Netzwerk in größerer Nähe zum Endnutzer übertragen. Ersten Schätzun-

gen zufolge könnte mit transparenter Zwischenspeicherung eine Webbeschleunigung für mindestens 50-60 Prozent des gesamten Datenverkehrs im Internet erreicht werden. Zusätzlich zu den Vorteilen für Endnutzer könnten auch die Internetzugangsanbieter am Zielort Einsparungen erzielen, da unnötige Datenübertragungen vermieden werden.

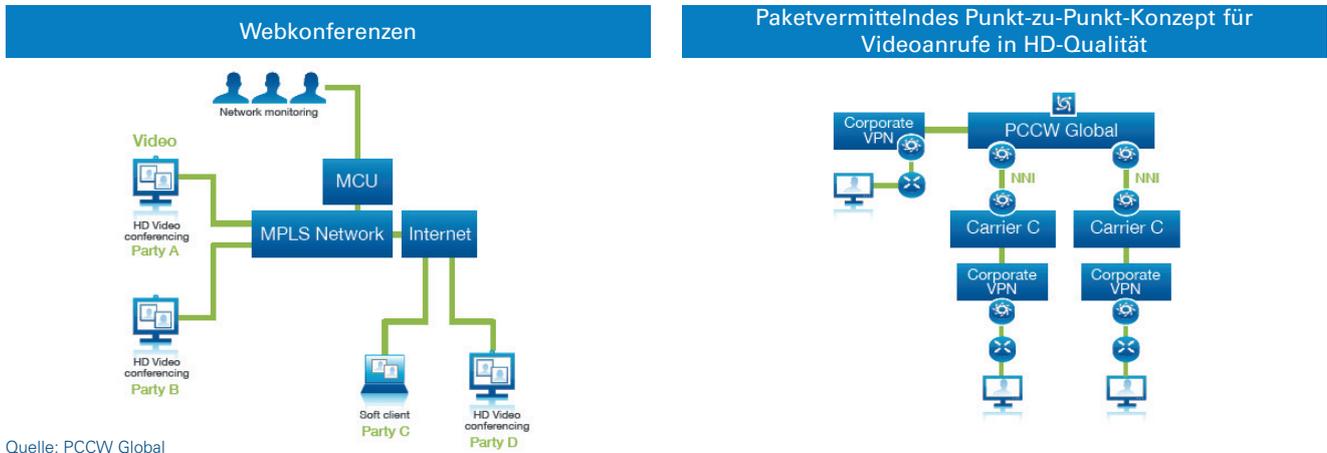
- **Schaltungen nach dem MPLS-Prinzip, die durch softwaredefinierte Paradigmen geregelt werden: dynamische Differenzierung von IP-Datenverkehrsströmen innerhalb des Netzwerks.**

Multi Packet Label Switching (MPLS) ist eine Technologie, die in der Lage ist IP-Datenverkehrsströme in einem Netzwerk mit bestimmten Etiketten zu versehen, um sie beispielsweise auf der Grundlage ihrer Prioritätsstufe weiterzuleiten. Die MPLS-Technologie wird seit langem in Kernnetzwerken verwendet, um unterschiedslose Datenverkehrsflüsse oder virtuelle private Netzwerke (VPN) zu verwalten, insbesondere für Firmenkunden. Bis heute beschränkte sich ihr Einsatz auf das Firmenkundengeschäft und Kernnetzwerke. Eine breitere Anwendung der MPLS-Technologie, d. h. bis zu den äußersten Randbereichen des Netzwerkes sowie zu Verbrauchernetzen, würde eine Reihe neuer garantierter Verbreitungsdienste ermöglichen. Diese Möglichkeit wird vermutlich im Zusammenhang mit einer erheblichen Weiterentwicklung der Netzwerktechnologien ergriffen werden, welche die Einführung programmierbarer und fernsteuerbarer Netzwerkelemente vorsieht. Solch innovativen Konzepte werden möglicherweise in Verbindung mit Technologien für softwaredefinierter Netzwerke (SDN) und/oder die Virtualisierung von Netzwerkfunktionen (NFV) realisiert werden.

- **IPX-Paradigmen jenseits mobiler Sprachtelefonie: Verwaltung der IP-Qualität beim Übergang von Netz zu Netz.**

Beim IP-Paketaustausch (IPX) handelt es sich um eine Technologie zur Zusammenschaltung IP-basierter Netze mittels Einführung eines standardisierten Mechanismus zur Kaskadierung, um die Servicequalität (QoS) an der IP-Zusammenschaltungsschnittstelle weiterzugeben und durchzusetzen. Das IPX-Konzept gibt es seit Jahren und viele glauben, IPX werde jetzt, da Mobilfunkbetreiber ihre LTE-Netze zum Einsatz bringen und zur vollständigen IP-Umstellung übergehen, endlich sein volles Potenzial entfalten. In der Vergangenheit konzentrierte man sich bei IPX auf Sprachanwendungen und bislang schlug man damit keine Brücke zum allgemeinen Problem der IP-Zusammenschaltung. Dennoch bewegt man sich damit allmählich zu einer Mehrfachdienstplattform und sucht nach Wegen, um die Funktionsweise von Sprachschaltungen in den Altnetzen bei allem nachzubilden, was letztendlich durch IP-Netze fließen wird.

Abbildung 50: Paketvermittelndes Punkt-zu-Punkt-Konzept von PCCW Global für Video in HD-Qualität



Quelle: PCCW Global

Insbesondere durch die Abdeckung neuer Merkmale wird sich die Qualität verbessern (z. B. Jitter, Latenz und Paketverlust), je nach erreichbarer Qualität an einer bestimmten Netzwerk-zu-Netzwerk-Schnittstelle, sowie die Sicherheit.

■ **Paketvermittelnde Punkt-zu-Punkt-Zusammenschaltung: eine spezielle Lösung für hochauflösende Videokonferenzen.**

Angesichts des Wachstums im Markt für Videokonferenzen und als Reaktion auf die verstärkte Verlagerung menschlicher Interaktionen ins Internet, ist die Industrie bemüht die Entwicklung von verbesserten und massenmarkttauglichen Lösungen zu beschleunigen. Viele haben erkannt, dass Videokonferenzen in HD-Qualität nicht mehr in abgeschlossenen unternehmensinternen Inselumgebungen stattfinden sollen und reagieren auf die steigende Nachfrage nach erhöhter Interoperabilität und Zusammenschaltbarkeit. Mit Blick auf diesen Trend plädiert PCCW Global für die Einführung standardisierter IP-Zusammenschaltungsschnittstellen, mit denen Videoanrufe über verschiedene Netze getätigt werden können, mithilfe eines Mechanismus ähnlich dem, der noch im früheren Telefonsystem zum Einsatz kam. Jeder Nutzer hätte eine Kennung, die angewählt werden kann und die standardisierten Netz-zu-Netz-Schnittstellen wären für die Weiterleitung des Anrufs und die Aufrechterhaltung der Qualität im Verlauf der gesamten Sitzung zuständig. Ähnlich wie in der traditionellen Telefonie wird der Anrufer über eine verwaltete Zusammenschaltung mit dem Empfänger verbunden, sobald der Anrufer einen Videoanruf tätigen will. Nach Aussage von PCCW Global würde sich dieser Dienst von vielen gegenwärtig verfügbaren Videokonferenzlösungen unterscheiden, bei denen die Endpunkte mit einem Zentralserver verbunden sind, der sie zusammenschaltet. Die zentralen Herausforderungen einer derartigen Lösung bestünden in

- der Erreichung der kritischen Masse an Zusammenschaltungen unter den globalen Betreibern (d. h. derartige verwaltete Zusammenschaltungen gibt es gegenwärtig nicht und die Inanspruchnahme ist von der globalen Abdeckung abhängig) und
- dem gegenwärtigen Fehlen einer Lösung zur Identifizierung der beiden Endpunkte für einen Videoanruf (z. B. durch Nummerierung, Domänendienste), wobei hierzu jedoch Untersuchungen im Gange sind.

Zahlreiche Branchengremien arbeiten an Rahmenwerken und Normen zur Anwendung von Videoanrufen in HD-Qualität. So wurde beispielsweise vom i3 Forum eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die sich mit Fragen der hochauflösenden Videokommunikation im Hinblick auf IPX befassen soll. Ein weiteres Beispiel ist der GSMA: Der globale Verband der GSM-Anbieter setzte Videoanrufe in HD-Qualität auf seine Tagesordnung und richtete zu diesem Zweck das Open Visual Communications Consortium (OVCC) ein, um eine Branchenumgebung mitzugestalten, die in der Lage ist diese Dienste bereitzustellen.

**3.4. Für die IP-Zusammenschaltung werden neue Geschäftsmodelle entwickelt**

Die Weiterentwicklung der Anwendungen, die auf den Prinzipien des Wettbewerbs beruhende Neupositionierung entlang der Wertschöpfungskette und die Fortschritte bei den Routingtechnologien, die bislang erläutert wurden, führen zu einer grundlegenden Neugestaltung des Systems der IP-Zusammenschaltung und ebnen den Weg für die Internetplattform der Zukunft.

Wirtschaftliche Anreize, Technologien und potenzielle Lösungen verdichten sich zu nachhaltigen Geschäftsmodellen. Darin werden die zugrunde liegenden Nutzenversprechen und Mechanismen präzisiert, die zur Aufteilung des Mehrwerts übernommen

wurden, der durch die Interaktion verschiedener Akteure in den Ökosystemen geschaffen wird.

Auf der Grundlage von Interviews und vergleichenden Analysen von Arthur D. Little kann die mögliche Entwicklung der Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung mit einem morphologischen Kasten beschrieben werden. Mit dieser Analyse wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Sie vermittelt jedoch einen Rahmen, anhand dessen Verständnis darüber gewonnen werden kann, wie mit neuen Geschäftsmodellen für die IP-Zusammenschaltung auf neue Kategorien von Anforderungen bei der IP-Zusammenschaltung reagiert werden kann.

Aus unserer Analyse geht auch hervor, dass die traditionellen Geschäftsmodelle bei der IP-Zusammenschaltung, d. h. Peering und Transitleistungen, in größerem Maße durch neue Geschäftsmodelle ergänzt werden, die wahrscheinlich die Grundlage für die Internetplattform der Zukunft bilden. Dieser Prozess wird automatisch durch die vorhandenen Marktkräfte vorangetrieben.

Zur Veranschaulichung: Vereinbarungen über die IP-Zusammenschaltung wurden durch sechs Dimensionen - ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben –gekennzeichnet:

1. **Offenheit:** Der Grad der Verfügbarkeit derartiger Vereinbarungen für Zugangssuchende (z. B. verfügbar für alle oder nur für ausgewählte Netze);
2. **Zusammenschaltungspunkt:** Ort der IP-Zusammenschaltungsschnittstelle (z. B. Zugangspunkt gegenüber tiefer liegender Punkte im Netzwerk);

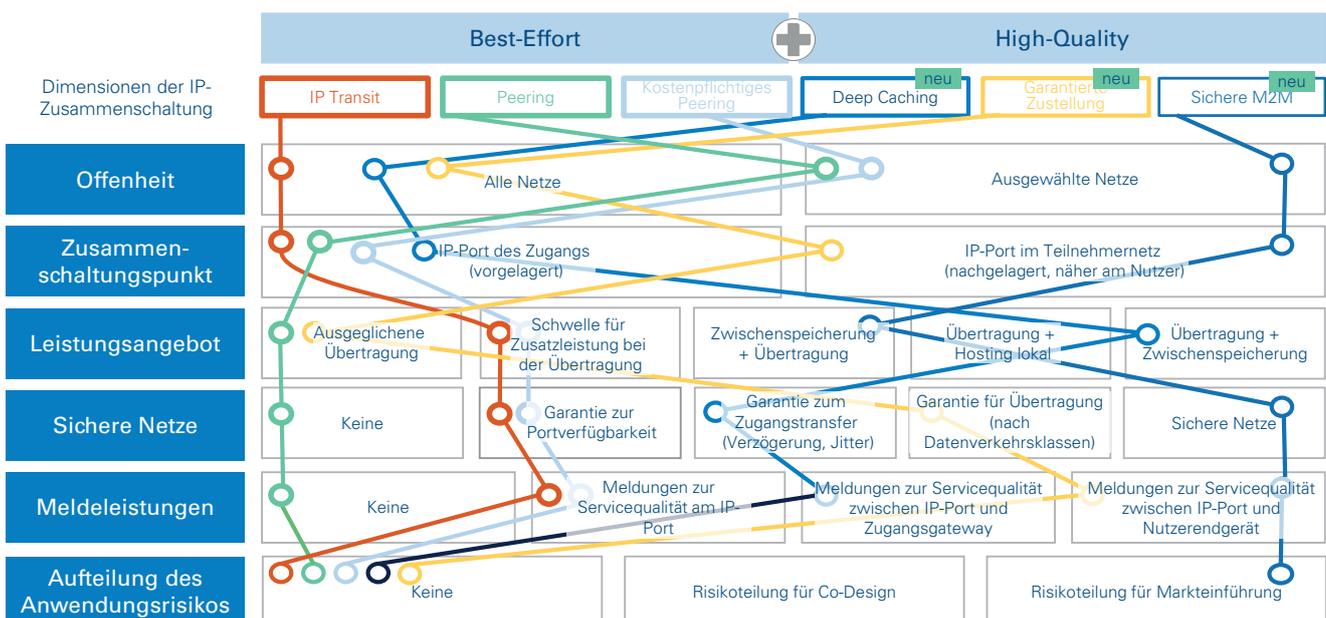
3. **Leistungsangebot:** Angebotenes Leistungsportfolio bei einer bestimmten Vereinbarung (z. B. ausgeglichene Datenverkehrsübertragung, Zuschlag für Datenverkehr oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes, Datenverkehrsübertragung plus Zwischenspeicherung, Datenverkehrsübertragung plus Hosting);
4. **Zugesicherte Qualität:** Art, Ort und Ausmaß der angebotenen Servicequalität (z. B. keine, Garantie für Portverfügbarkeit, Garantie für Datenverkehrsübertragung, sichere Netzwerke);
5. **Meldeleistungen:** Bestimmte Meldeleistungen als wesentliche Ergänzungen zu den Service-Level-Agreements (z. B. Meldung der Servicequalität am IP-Port, Meldung der Servicequalität zwischen IP-Port und Zugangsgateway);
6. **Aufteilung des Anwendungsrisikos:** Z. B. keines, Risikoteilung für Co-Design, Risikoteilung für Markteinführung.

Aus der Kombination der alternativen Optionen für jede Dimension ergeben sich mehr als 100 mögliche Ergebnisse.

*Nur drei Zusammenschaltungslösungen finden sich auch heute noch in der Mehrzahl der Vereinbarungen über die Zusammenschaltung wieder.*

Diese Hinweise legen die Annahme nahe, dass eine größere Zahl von Geschäftsmodellen für die IP-Zusammenschaltung vorstellbar ist und wahrscheinlich bereits den Gegenstand der

Abbildung 51: Geschäftsmodelle im Bereich der IP-Zusammenschaltung



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Diskussion zwischen den Akteuren der IP-Zusammenschaltung bildet.

Neben der Neuartigkeit des bereits beschriebenen Modells des kostenpflichtigen Peerings, bei dem zwischen einem Inhalte- und Anwendungsanbieter sowie einem Zugangsnetz eine direkte Zusammenschaltung mit unausgeglichenen Datenverkehrsströmen hergestellt wird, gibt es mindestens drei neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung, die erkennbar über das Potenzial verfügen eine Grundlage für eine ergänzende Internetplattform mit zugesicherter Servicequalität zwischen zwei Endpunkten zu bilden, die für den Einsatz im Massenmarkt geeignet ist:

1. Beim **Deep Caching** handelt es sich um eine Form der Content-Delivery-Netzwerke, die für eine bessere Qualität der Verbreitung sorgt, indem sie die physische Entfernung zwischen Inhalt und Endnutzern weiter verkürzt. Verwaltete oder transparente Zwischenspeicher, die tief in den Netzen der Internetzugangsanbieter am Zielort installiert sind, werden Akteuren angeboten, die Zusammenschaltung nachfragen. Sie bieten eine verringerte Latenz und ermöglichen infolge weitere Verbesserungen beim Durchsatz und Paketverlust. Streng gesprochen handelt es sich dabei nicht um eine innovative Verbreitungsmethode sondern vielmehr um eine effiziente und effektive Problemumgehung für Dienste wie Videoabruf im Premiumsegment.
2. Bei der **garantierten Zustellung** handelt es sich um eine fortschrittlichere Netzwerkoption, bei der für bestimmte Anwendungen die dynamische Einrichtung eines dedizierten Routings vorgesehen ist. Hierfür kommen innovative Konzepte wie softwaredefinierte Netzwerke (SDN), die Virtualisierung von Netzwerkfunktionen (NFV) und der massive Einsatz der MPLS-Technologie zur Anwendung. Die zum jeweiligen Zeitpunkt vorhandene Netzwerkkapazität wird dynamisch und auf Anfrage freigegeben. Die Partei, die eine Zusammenschaltung in Anspruch nehmen will, fordert – dauerhaft oder auf Abruf – die Einrichtung einer verwalteten Kapazität zwischen zwei Punkten (Zusammenschaltungsschnittstelle und Schnittstelle am Zielort, bei der es sich entweder um einen Endnutzer oder ein weiteres Netz handelt), mit einem definierten Service-Level-Agreement (z. B. Kapazität gegenüber Latenz gegenüber Jitter) an.
3. **Sichere M2M**: Diese Netzwerkoption weist Gemeinsamkeiten mit der garantierten Zustellung auf, wird aber durch Sicherheitsfunktionen an den Netzwerkrändern ergänzt und einige Parameter (z. B. Latenz oder Verfügbarkeit) werden bei erfolgskritischen Anwendungen (z. B. mikroelektronischen Zahlungen) betont.

Abbildung 52: Unternehmensinterne Lösungen von Google und Netflix für die Übertragung von Inhalten



Quelle: Google, Netflix, AWS, Analyse von Arthur D. Little; \* Nach Angaben von Netflix wurde dieses Angebot von weltweit mehr als 11 Zugangsnetzen angenommen

## Die neuen Geschäftsmodelle werden bereits diskutiert oder sogar schon kommerziell angeboten

Spezielle Vereinbarungen für dedizierte Dienste oder sogar Netze hat es im Firmenkundensegment seit jeher gegeben, wobei jedoch von SDN-/NFV-Technologien erwartet wird, dass sie Netzwerkmöglichkeiten mittelfristig auf eine neue Stufe befördern werden. Andererseits können diese dedizierten Dienste von vielen Anwendungen für den Massenmarkt nicht in Anspruch genommen werden, weil sie nicht über das öffentliche Internet zugänglich sind. Da die Nachfrage nach strengeren Netzwerkanforderungen jedoch zunimmt, kann mit neuen Diensten gerechnet werden.

Den Beweis für die tatsächliche Nachfrage nach neuen Diensten liefern die Bestrebungen der größten Inhalte- und Anwendungsanbieter „über den Rand hinaus zu gehen“ – d. h. jenseits der IP-Zusammenschaltungsschnittstellen – und näher an die Endnutzer heranzukommen.

Beispielsweise brachten Netflix und Google jeweils ihre eigenen Content-Delivery-Netzwerke heraus mit dem Angebot an Internetanbieter ihre unternehmenseigenen Lösungen innerhalb der Netze der Internetzugangsanbieter am Zielort zu installieren (anstatt einer bloßen Zusammenschaltung an den traditionellen Zusammenschaltungsschnittstellen).

Dies zeigt, dass sich Geschäftsmodelle auf der Grundlage von Deep Caching bereits kurzfristig großer Beliebtheit erfreuen werden, während fortschrittliche Netzwerkoptionen wie die garantierte oder gesicherte Zustellung wohl noch auf die vollständige Entwicklung und Verbreitung von SDN-/NFV-Technologien warten müssen. Amazon Web Services Direct Connect gilt jedoch laut der Webseite schon jetzt als gutes Beispiel für die latente Nachfrage nach einer beständigeren Übertragung im Netzwerk als bei internetbasierten Verbindungen.

## Zentrale Aussagen

- Innovationen bei der IP-Zusammenschaltung können die Weiterentwicklung des Internets und die Verbreitung von Anwendungen der nächsten Generation, für die eine kompromisslos hohe Qualität erforderlich ist, beschleunigen.
- Das heutige Internet steht für das Best-Effort-Prinzip und ist eine endliche (jedoch keine knappe) Ressource.
- Das der IP-Technologie zugrunde liegende Best-Effort-Prinzip geht nicht notwendigerweise mit einer geringen Leistung einher; die Durchschnitts- und Spitzenverbindungsgeschwindigkeiten sind seit 2007 um 12-14 Prozent angestiegen, mit einer Beschleunigung auf 19-21 Prozent seit 2011.
- Das Internet steht unter dem Einfluss von Latenz und Paketverlust. Für Anwendungen der nächsten Generation, die das Internet der Dinge und ein Internet der Menschen Wirklichkeit werden lassen könnten, sind fortschrittlichere Internetplattformen erforderlich, die über das Best-Effort-Prinzip hinausgehen.
- Hinsichtlich der Servicequalität bei der IP-Zusammenschaltung müssen zusätzlich neue Parameter berücksichtigt werden (z. B. Latenz, Jitter, Paketverlust, Sicherheit und Datenschutz).
- Varianten des kostenpflichtigen Peerings, des Deep Caching, der garantierten Zustellung und des gesicherten Informationsaustausches zwischen Endgeräten finden sich unter den innovativen Geschäftsmodellen für die IP-Zusammenschaltung. Sie könnten die Grundlage für eine Internetplattform der Zukunft legen, basierend auf einer Internetplattform mit durchgängig abgesicherter Servicequalität – als Ergänzung zum Best-Effort-Internet.

## 4. Neue Geschäftsmodelle als Treiber für Innovation und Wertschöpfung

Wie in Kapitel 3 beschrieben, ist die Entwicklung der Anwendungslandschaft im Internet schwer vorhersehbar. Es gibt jedoch einige Zukunftsszenarien für die Anwendungslandschaft, die durch neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung unterstützt oder beschleunigt werden könnten.

Die potenzielle Wertschöpfung durch Anwendungen der nächsten Generation könnte ein erhebliches Ausmaß erreichen. Es müssen jedoch die Grundlagen und Bedingungen geschaffen werden – d. h. die technologische Plattform für das Internet – diesen Anwendungen der nächsten Generationen einen Erfolg zu ermöglichen.

### 4.1. Die zukünftigen Anwendungslandschaften könnten erhebliche wirtschaftliche Wertschöpfung generieren

Prognosen für die potentielle Wertschöpfung von Anwendungslandschaften der nächsten Generation sind ein ehrgeiziges Vorhaben, das auf zahlreichen Annahmen und hochqualifizierten Hochrechnungen beruht. Obwohl die Prognosen für den Wert, um den es hier geht, je nach Analyst um den Faktor 10 schwanken, geht man in den meisten Analysen von einem wirtschaftlichen Beitrag in einer Größenordnung von mehreren Billionen Dollar aus.

Gartner, ein Forschungsunternehmen in der IKT-Branche, gab an, dass sich der Mehrumsatz, der durch Anbieter im Bereich des Internets der Dinge (z. B. Hardware, eingebettete Software, Konnektivitätsdienste, Informationsdienste) erzielt wird, bis zum Jahr 2020 Hochrechnungen zufolge auf knapp 300 Milliarden USD pro Jahr belaufen wird und das, obwohl der gesamte IT- und Telekommunikationsmarkt im Jahr 2015 annähernd eine Höhe von vier Billionen USD erreichen wird. Gartner sagt voraus, dass das Internet der Dinge einen größeren wirtschaftlichen Nutzen für alle Organisationen schaffen werde und dass der wirtschaftliche Gesamtnutzen des Internets der Dinge im Jahr 2020 in etwa eine Höhe von 1,9 Billionen USD erreiche – wobei hier das verarbeitende Gewerbe (15 Prozent), das Gesundheitswesen (15 Prozent) und das Versicherungswesen (11 Prozent) zu den größten Profiteuren zählen.

Im Vergleich zu den verschiedenen Studien, die sich mit der wirtschaftlichen Wertschöpfung in der hypervernetzten Welt beschäftigen, legt Cisco eine detaillierte Untersuchung vor, in der dem sogenannten „Internet of Everything“ bis zum Jahr

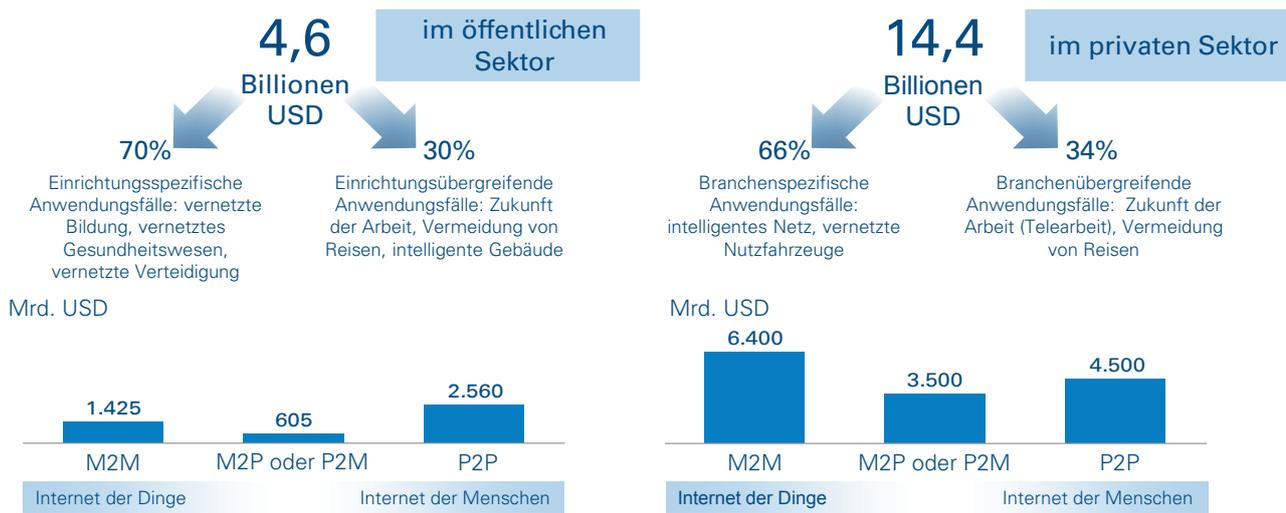
2022 eine erhebliche Wertschöpfung prophezeit wird. Nach Aussage von Cisco sei das Aufkommen des Internet of Everything mit Werten in Höhe von etwa 19 Billionen USD beziffert, wenn man die Auswirkungen sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor berücksichtige.

■ Im öffentlichen Sektor könnte sich der betroffene wirtschaftliche Wert im Verlauf des nächsten Jahrzehnts auf etwa 4,6 Billionen USD belaufen. In diesem Bereich definiert Cisco den fraglichen Wert als potenziellen Wert, der von Organisationen im öffentlichen Sektor durch geringere Kosten und den gesellschaftlichen Nutzen aufgrund einer größeren Effizienz geschaffen werden kann. Nutzenvorteile durch Programme für die Vernetzung im Verkehr, für intelligente Straßen, für vernetzte Sozialarbeit und Bildung ergeben sich aus einer Reduktion der Gesamtkosten, vor allem erreicht durch eine gezieltere Ausrichtung und Kontrolle der Mittelverwendung. Andere Programme bieten indirekte Vorteile für staatliche Stellen – wirtschaftliche, soziale oder ökologische – und außerdem einen unmittelbaren Nutzen für Bürger und Unternehmen im Hinblick auf geringere Transaktionskosten und Zeitersparnis oder auch externe Vorteile wie eine bessere Lebensqualität. Treiber der Wertschöpfung wären hauptsächlich:

- eine Verbesserung der Arbeitseffektivität bei neuen und bestehenden Diensten;
- eine Verbesserung der Effektivität der Polizeikräfte durch eine bessere Einschätzung der Lage und vernetzte Kommandozentralen, Fahrzeuge und Betriebsmittel;
- eine Verbesserung der Produktivität und Kapital-/Ausgabenverwendung mit dem Ergebnis geringerer Betriebskosten;
- eine Verkürzung von „Suchzeiten“, was zu einer Verbesserung der Umwelt und zur Erzielung besserer gesundheitlicher Ergebnisse führt;
- eine Verbesserung der Fähigkeit zum Abgleich von Angebot und Nachfrage, bei gleichzeitiger Verbesserung von Überwachung und Compliance.

Als wichtige Beispiele sind hier u. a. das intelligente Parken, die Wasserwirtschaft, die Gasüberwachung, der Umgang mit chronischen Erkrankungen, die Straßenmaut, Telearbeit, vernetztes Lernen und die vernetzte militärische Verteidigung zu nennen.

Abbildung 53: Potentielle Wertschöpfung im Szenario für das Internet of Everything bis 2022, laut Cisco



Quelle: CISCO, Analyse von Arthur D. Little

- Parallel dazu wird dem Internet of Everything im privaten Sektor ein Nutzen von 14,4 Billionen USD, (höhere Umsätze und geringere Kosten) vorausgesagt. Gründe hierfür sind
  - eine Senkung der Vertriebsgemeinkosten sowie der Umsatzaufwendungen durch eine Optimierung der Geschäftsprozesse und der Kapitaleffizienz;
  - eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität, die zu weniger Arbeitsstunden mit höherer Produktivität führt;
  - die Beseitigung von Abfall und die Verbesserung der Prozesseffizienz;
  - die Erhöhung des Wertes von Kundenbeziehungen und der Ausbau des Marktanteils durch die Gewinnung einer größeren Zahl von Kunden;
  - die Erhöhung der Rendite von FuE-Investitionen, die Verkürzung von Markteinführungszeiten und die Generierung zusätzlicher Einnahmenquellen aus neuen Geschäftsmodellen und -gelegenheiten.

Zu bedeutenden Anwendungsbeispielen gehören intelligente Fabriken, vernetztes Marketing und vernetzte Werbung, das intelligente Netz, vernetzte Spiele und Unterhaltung, intelligente Gebäude, vernetzte Nutzfahrzeuge, das vernetzte Gesundheitswesen und die vernetzte Patientenüberwachung sowie die vernetzte Bildung an Privatschulen.

Ausgehend von der detaillierteren Analyse von Cisco können die einzelnen Anwendungslandschaften die folgenden Werte generieren:

- Internet der Menschen (d. h. Kommunikation zwischen Personen zum Zweck der Zusammenarbeit): etwa 7 Bio. USD;
- Internet der Dinge (Kommunikation zwischen Maschinen zum Zweck der Automatisierung): etwa 8 Bio. USD;
- Die verbleibenden 4 Bio. USD werden durch Mischformen der Kommunikation zwischen Maschine und Mensch bzw. Mensch und Maschine generiert, die in der Regel zu Analyse Zwecken genutzt werden – z. B. vernetztes Gesundheitswesen.

#### 4.2. Die Beschleunigung der zukünftigen Anwendungslandschaften verlangt nach einer garantierten Verbindung mit der optimal geeigneten Variante der Internetplattform

Die eindrucksvollen Prognosen von Cisco für die mögliche Wertschöpfung, die im Zusammenhang mit dem Internet of Everything steht, basieren jedoch auf der Erfüllung von mindestens drei Voraussetzungen:

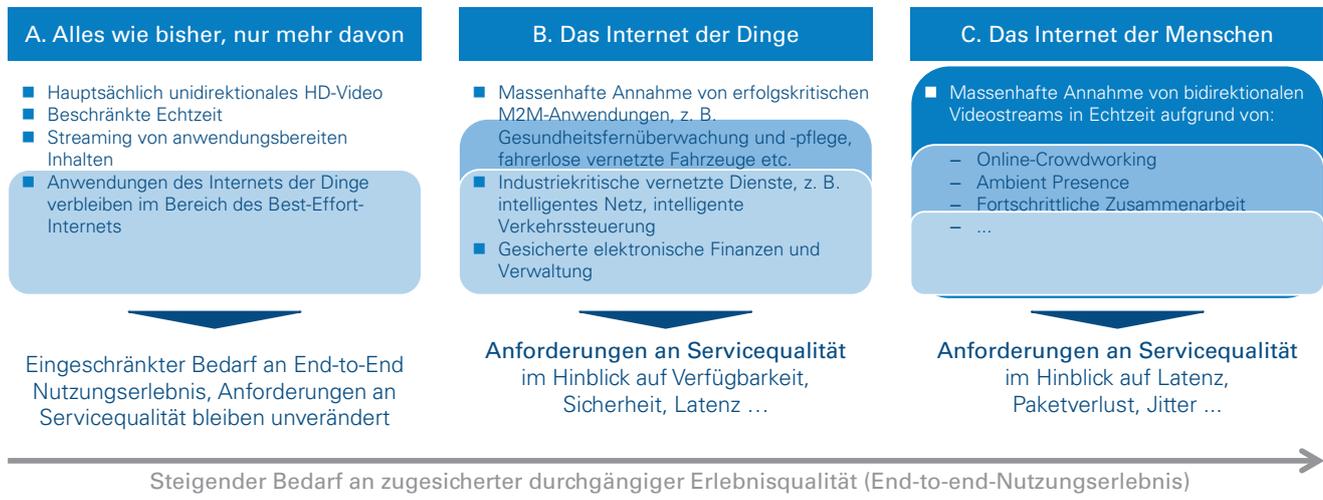
1. Pläne von politischen Entscheidungsträgern, Regierungen und Unternehmen zur Ausrichtung auf bestimmte Anwendungslandschaften;
2. Bekenntnis zum zentralen Paradigma der Hypervernetzung, das durch die Anwendungslandschaft vorausgesetzt wird und die resultierende Verpflichtung der öffentlichen Verwaltungen und Unternehmen zur Anpassung ihrer Prozesse und Betriebsmodelle;
3. Beitrag zur Entwicklung einer robusten und sicheren Technologieplattform für das Internet, die in der Lage ist, die erforderlichen Zusammenschaltungsdienste zu unterstützen und bereitzustellen.

Folglich ist die Internetplattform der Zukunft, obwohl es sich dabei um ein zentrales Element für die Verwirklichung der verschiedenen Szenarien für die Anwendungslandschaft der Zukunft handelt, eine Folge (und kein Treiber) des Strebens und Einsatzes für die Verwirklichung einer bestimmten Anwendungslandschaft.

Die Präzisierung der bevorzugten Anwendungslandschaft ist daher entscheidend wichtig, wenn man planen will, welche konkreten Funktionalitäten innerhalb der unterstützenden Technologieplattform für das Internet angelegt werden müssen (und nicht umgekehrt).

Je mehr die Bestrebungen zu den am weitesten entwickelten Anwendungsszenarien gehen, desto mehr muss die Qualitätskontrolle im Netzwerk sichergestellt werden.

Abbildung 54: Szenarien für die Anwendungslandschaft im Internet



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Im Szenario für das Internet der Menschen beispielsweise müsste die zugrunde liegende Plattform in der Lage sein Videodienste für die Gesprächsübertragung, d. h. bidirektionale Videostreamingdienste, zum Zweck der Zusammenarbeit zwischen Menschen in großem Umfang unterbrechungsfrei bereitzustellen. Derartige Dienste reagieren nachweislich äußerst empfindlich auf die Upload-Bandbreite und kompliziertere Netzwerkparameter wie Latenz, Jitter und Paketverlust.

Im gegenwärtigen Best-Effort-Internet sind diese Qualitätsanforderungen schwer zu kontrollieren und nur bei spezialisierten IP-VPN-Diensten, wie sie im Firmenkundensegment weitverbreitet sind, kann eine Garantie für die Erfüllung dieser strengeren Anforderungen für die IP-Zusammenschaltung gegeben werden.

In einem Szenario mit einer äußerst fortschrittlichen Anwendungslandschaft könnte für Dienste zur Gesprächsübertragung

sogar die auf Abruf erfolgende Einrichtung von logischen Schaltungen erforderlich sein, die gegenwärtig nicht über offene IP-Netze bereitgestellt werden kann. So sind die gegenwärtigen auf dem Best-Effort-Prinzip beruhenden IP-Netze durch die tief verankerte Paketvermittlung und das Fehlen von Normen zur Garantie der Übertragungsqualität an den IP-Zusammenschaltungsknoten in der Tat eingeschränkt.

Im umgekehrten Fall sind die Anforderungen für die IP-Zusammenschaltung in Szenarien für die Anwendungslandschaft, wie bei „Alles wie bisher, nur mehr davon“, definitiv weniger restriktiv, wobei hier die vorherrschenden Anwendungen hauptsächlich in einem Zusammenhang mit dem unidirektionalen Videostreaming oder Herunterladen von generischen Inhalten (z. B. Audio-/Videostreaming, Videodownload auf Abruf) und/oder grundle-

Abbildung 55: Servicequalität gegenüber Nutzungserlebnis

	Servicequalität (QoS)	Nutzungserlebnis (QoE)
<b>Definition</b>	Garantie für die <b>technischen Parameter</b> zur Messung der Netzwerkleistung (z. B. Verfügbarkeit, Mindestbandbreite, durchschnittliche Bandbreite, Spitzenbandbreite, Latenz etc.)	<b>Holistische Erfahrung</b> aus Sicht der Endnutzer bei der Nutzung der Kombination von Anwendungen, Geräten, Software und Netzen (z. B. mit dem gesamten Internetstapel)
<b>Perspektive</b>	Von <b>innen nach außen</b> , vom Netzwerk zum Endnutzer (ausgehend von den technischen Bedingungen)	Von <b>außen nach innen</b> , vom Endnutzer zum Netzwerk (ausgehend vom kommerziellen Wert)
<b>Relevanz</b>	Vertraglich als Mindestschwelle für eine Reihe technischer Parameter (Auswahl in Abhängigkeit vom Bedarf des Endnutzers) und Determinante für den Endpreis	Zur <b>Steigerung der allgemeinen Nutzerzufriedenheit</b> und letztendlich zur Annahme bestimmter oder innovativer Anwendungen sowie für die Zahlungsbereitschaft der Nutzer
<b>Beschränkungen</b>	Teilweiser Überblick über die <b>Gesamtqualität</b> beim Endnutzer, weil lediglich eine Untergruppe von Parametern untersucht wird und/oder die Fähigkeit für eine End-to-end-Kontrolle des Dienstes fehlt	<b>Kompliziert in der Überwachung</b> , da hierfür die Fähigkeit zur End-to-end-Kontrolle der Qualität, d. h. vom Inhalts- oder Anwendungsserver bis zum Gerät des Endnutzers oder von einem Endnutzegerät zu einem anderen Endnutzegerät erforderlich ist

Quelle: Analyse von Arthur D. Little

genden interaktiven Diensten (z. B. Websuche und Peer-to-Peer-Datenübertragung) stehen.

Aus Hochschuluntersuchungen geht hervor, dass die Verbreitung zukünftiger IKT-Anwendungen neben der Bereitschaft der Endnutzer zur Bezahlung der Dienste zusätzlich die Erreichung eines Niveaus an Servicequalität voraussetzt, welches über das hinausgeht, was Psychologen als Schwelle für die kognitive Absorption bezeichnen. Mit dieser Schwelle wird die Qualitätsstufe bezeichnet, die erforderlich ist, damit sich die IKT-Plattform in der Wahrnehmung der Endnutzer transparent oder nahtlos darstellt – d. h. ohne wahrnehmbare Störung oder Verschlechterung des Dienstes.

### Von der Servicequalität zur Qualität des Nutzungserlebnisses

Somit wird die strenge Einhaltung der Qualitätsanforderungen zum entscheidenden Faktor, wenn es darum geht eine hohe Verbreitung von Anwendungen der nächsten Generation sicherzustellen.

In den letzten Jahren hat sich die Nachfrage bezüglich der Servicequalität auf Netzwerkebene beständig und zunehmend auf weitere Parameter konzentriert, mit denen die Qualität aus Sicht der Endnutzer (d. h. die Qualität des Nutzungserlebnisses) erfasst werden kann. GEREK definiert die Qualität des Nutzungserlebnisses als Verhältnis zwischen der erwarteten Leistung bei einem bestimmten Dienst und dem subjektiv gewonnenen Eindruck nach der Nutzung des Dienstes, der in weiten Teilen von Parametern im Zusammenhang mit der Servicequalität abhängig ist.

Bei den zukünftigen Anwendungslandschaften (Internet der Dinge und Internet der Menschen) wird zum Zweck eines verbesserten Nutzungserlebnisses erwartungsgemäß eine effektive und effiziente Verwaltung einer größeren Zahl von Parametern der Servicequalität (einschließlich Latenz, Jitter und/oder Paketverlust) erforderlich sein. Zudem sollte die Qualitätskontrolle, ungeachtet der Netze am Ursprungs- und am Zielort, durchgängig verfügbar sein.

Die ambitionierte Anwendungslandschaft der Zukunft bestimmt daher in entscheidendem Maße die Anforderungen für die Internetplattform der Zukunft. Branchenakteure, Regulierungsstellen und politische Entscheidungsträger sollten ihre Vision von der Internet- und Anwendungslandschaft der Zukunft präzisieren, bevor sie im Hinblick auf die Organisation und Verwaltung des Internets Stellung beziehen.

Wie zuvor erwähnt, sind die End-to-end-Servicequalität und die End-to-end-Qualität des Nutzungserlebnisses bereits seit geraumer Zeit ein bestimmender Faktor bei der Formulierung der Spezifikationen für Zusammenschaltungsdienste im Firmenkun-

densegment. Ausgehend von der Annahme, dass die Paradigmen der Offenheit des Internets und der Anwendungsagnostizität erhalten bleiben, könnte sich die Ausdehnung derartiger Charakteristika auf die offene Internetplattform (im Gegensatz zu den spezialisierten IP-Virtual Private Networks) als Hebel für die Demokratisierung und massenhafte Nutzung der Anwendungen der nächsten Generation erweisen.

### Zentrale Aussagen

- Mit Anwendungslandschaften im Internet der Dinge und im Internet der Menschen kann bis zum Jahr 2020 ein ökonomisches Wertschöpfungspotenzial in einer Größenordnung von mehreren Billionen Euro erschlossen werden.
- Die Internetplattform der Zukunft leitet sich aus dem Streben nach und dem Einsatz für die Ausgestaltung einer bestimmten Anwendungslandschaft ab (und treibt diese nicht voran).
- Die strenge Einhaltung von Qualitätsanforderungen wird zum entscheidenden Faktor, wenn es darum geht eine hohe Verbreitung von Anwendungen der nächsten Generation sicherzustellen.
- Bei den zukünftigen Anwendungslandschaften (Internet der Dinge und Internet der Menschen) wird zum Zweck eines verbesserten Nutzungserlebnisses erwartungsgemäß eine effektive und effiziente Verwaltung einer größeren Zahl von Parametern der Servicequalität (einschließlich Latenz, Jitter und/oder Paketverlust) erforderlich sein.
- Zudem sollte die Qualitätskontrolle, ungeachtet der Netze am Ursprungs- und am Zielort, durchgängig verfügbar sein.
- Die End-to-end-Servicequalität und die End-to-end-Qualität des Nutzungserlebnisses sind bereits seit geraumer Zeit ein bestimmender Faktor bei der Formulierung der Spezifikationen für Zusammenschaltungsdienste im Firmenkundensegment.
- Ausgehend von der Annahme, dass die Paradigmen der Offenheit des Internets und der Anwendungsagnostizität erhalten bleiben, könnte sich die Ausdehnung derartiger Charakteristika auf die offene Internetplattform (im Gegensatz zu den spezialisierten IP-Virtual Private Networks) als Hebel für die Demokratisierung und massenhafte Nutzung der Anwendungen der nächsten Generation erweisen.

# 5. Drei Prämissen leiten die Entwicklung der Internetplattform der Zukunft

## 5.1 Die Internetplattform der Zukunft wird seit jeher durch organisches Wachstum auf Grundlage unterschiedlicher Interessen der verschiedenen Akteure geprägt sein

Die teilweise komplementären und teilweise einander widersprechenden Interessen von zentralen Interessensträgern ebneten den Weg für das Wachstum des Internets

Die Evolution der Internetplattform geht mit vielfältigsten Interessen und einer großen Zahl von Interessensträgern einher. Die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses zwischen den beteiligten Akteuren ist daher von entscheidender Bedeutung, wenn ein konstruktiver Beitrag in der laufenden Debatte zur Weiterentwicklung der Internetplattform sichergestellt werden soll.

Nach unserem Klassifikationsverständnis gibt es sechs Gruppen von Akteuren: die Endnutzer, Internetzugangsanbieter, Inhalte- und Anwendungsanbieter, internationale Netzbetreiber, Anbieter von Content-Delivery-Netzwerken, Regulierungsstellen und Institutionen.

Die unterschiedlichen oder teils auch divergenten Interessen sind innerhalb jeder Gruppe vorzufinden – z. B. bei großen

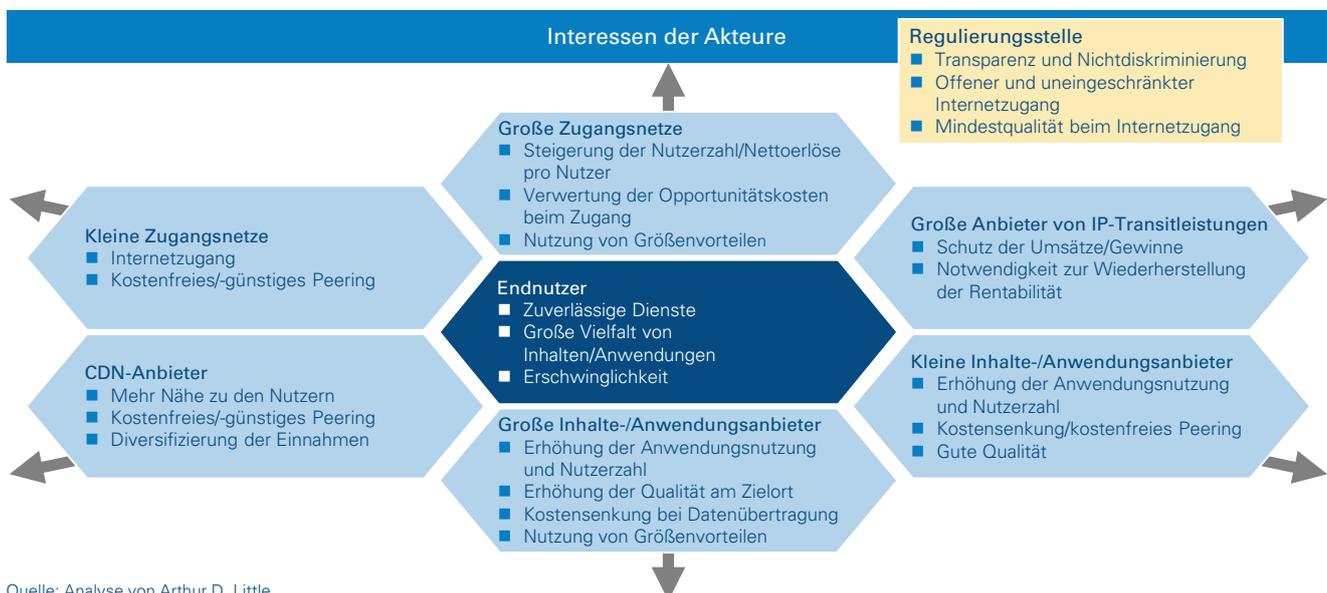
gegenüber kleinen Internetzugangsanbietern oder großen gegenüber kleinen Inhalte- und Anwendungsanbietern.

Darin spiegeln sich Wettbewerbsthemen innerhalb des Sektors wider. Aus diesem Grund lassen sich Internetzugangsanbieter und Inhalte- und Anwendungsanbieter in der Regel in zwei Gruppen, – größere und kleinere Akteure – einteilen, damit ihre divergierenden Interessen besser abgebildet werden können. Augenscheinlich gehen die Interessen auch zwischen den verschiedenen Akteursgruppen auseinander und verdeutlichen die Belange des Wettbewerbs entlang der Wertschöpfungskette bei der IP-Zusammenschaltung.

Die Interessen der Akteure richten sich nach den Endnutzern, die mittels ihrer Bereitschaft zur Bezahlung der vorgegebenen Preise für bestimmte Leistungen letztendlich über den Erfolg von Anwendungen und Abonnementsdiensten bestimmen.

Die divergierenden Kräfte können einen positiven Beitrag zur Entstehung neuer Angebote und Dienste sowie zur Erhöhung der Wertschöpfung leisten und damit letztlich zu einem Mehrwert für die Konsumenten führen. Hierfür ist es jedoch erforderlich, dass die Akteure polarisierende Positionen aufgeben und dass ihre Geschäftsbeziehungen untereinander nicht unter dem Einfluss unpassender (regulatorischer) Regeln stehen.

Abbildung 56: Auflistung der Interessen der Akteure im Internet



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

Um ein optimales Gleichgewicht zu finden, müssen Universalität, Erschwinglichkeit und Offenheit des Zugangs zum Internet einerseits und Sicherstellung der operativen Effizienz der Branche andererseits abgewogen werden. Darüber hinaus muss der innovative Prozess freier Erfindungen und der Entwicklung neuer Wertversprechen auf Grundlage neuer Leistungen und/oder Geschäftsbeziehungen in der IP-Zusammenschaltung unterstützt werden.

Während die verschiedenen Positionen die Debatte anheizen, entwickelt sich das Internet durch die Entstehung neuer Geschäftsbeziehungen kontinuierlich weiter, wie die kürzlich in der Öffentlichkeit diskutierten Schritte erkennen lassen:

**a) Internetanbieter am Zielort schließen Partnerschaften mit CDN-Anbietern**

- Ende des Jahres 2012 gründeten Orange und Akamai eine Allianz für die globale Übertragung von Inhalten;
- Ende des Jahres 2014 gründeten Telefonica und Akamai eine Allianz für die globale Übertragung von Inhalten;

**b) Große Inhalteanbieter schließen Partnerschaften mit Internetzugangsanbietern am Zielort**

- Im Februar 2013 unterzeichneten Google und Orange in Frankreich eine Vereinbarung über besondere Transitleistungen;
- Anfang Februar 2014 unterzeichneten Comcast und Netflix eine Vereinbarung über die IP-Zusammenschaltung;
- Orange willigte ein, Netflix in Vorbereitung auf die Einführung des Dienstes von Netflix in Frankreich Ende 2014 im eigenen Netzwerk unterzubringen und abrufen zu lassen;
- Ende Februar 2014 unterzeichneten Verizon und Netflix eine Vereinbarung über die IP-Zusammenschaltung;

## 5.2. Drei Grundannahmen haben das Potenzial die Internetplattform der Zukunft zu prägen

Aufgrund ihrer Komplexität entzieht sich die Debatte um die Weiterentwicklung des Internets fast schon einer kurzgefassten Darstellung. In unserer Analyse konnten wir unter den wiederkehrenden Themen jedoch einige wenige Grundannahmen ermitteln, die das Potenzial besitzen die Internetplattform der Zukunft zu prägen – sollten sie sich nicht als falsch erweisen, führen sie zu verschiedenen Szenarien.

Wir konnten zumindest drei Grundannahmen mit diesem Potenzial ermitteln:

1. **Annahme #1** – Das Best-Effort-Internet greift zu kurz, wenn es um die Unterstützung von Anwendungen der nächsten Generation geht;
2. **Annahme #2** – Das Best-Effort-Internet kann parallel zu Internetdiensten mit Qualitätsgarantie existieren;
3. **Annahme #3** – Zur Beschleunigung der Innovation sind neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung erforderlich.

### Annahme #1 – Das Best-Effort-Internet greift zu kurz, wenn es um die Unterstützung von Anwendungen der nächsten Generation geht

Wie am Ende des Kapitels 3 gezeigt wurde, hat das Best-Effort-Prinzip beim Internet und den IP-Zusammenschaltungsschnittstellen fundamentale Folgen:

Einerseits gibt das Best-Effort-Internet zwar eine zufriedenstellende Antwort auf die heutigen Anforderungen an das Internet. Andererseits wirft es jedoch Fragen auf bezüglich seiner Eignung zur Unterstützung einer im großen Stil erfolgenden Verbreitung

Abbildung 57: Grundannahmen mit dem Potenzial die Internetplattform der Zukunft zu prägen

Annahmen	
<b>Annahme 1</b>	→ Die Qualität des Best-Effort-Internets reicht für Anwendungen der nächste Generation nicht aus (z. B. die Verfügbarkeit von neuen Merkmalen bei der Zusammenschaltung wie beispielsweise Latenz, Jitter, Paketverlust, Verfügbarkeit für Anwendungen der nächsten Generation wie das Internet der Menschen – Ambient Presence, Online-Crowdworking, zukünftige Zusammenarbeit etc. – das Internet der Dinge)
<b>Annahme 2</b>	→ Best-Effort- und High-Quality-Internet können ohne Kannibalisierung koexistieren (z. B. die Verfügbarkeit komplementärer anwendungsagnostischer Zusammenschaltungsleistung und die Zusicherung, dass sich die Qualität des Internets in der heute bekannten Form nicht verschlechtert)
<b>Annahme 3</b>	→ Zur Beschleunigung der Innovation sind neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung erforderlich (z. B. die Verfügbarkeit von neuen Leistungen im Bereich der Zusammenschaltung wie Deep Caching, garantierte Zustellung, sichere M2M als Ergänzung zu gegenwärtig verfügbaren IP-Transitleistungen, Peering oder kostenpflichtigem Peering)

Quelle: Analyse von Arthur D. Little

von Anwendungen der nächsten Generation, für die strengere Anforderungen gelten, wie beispielsweise geringere Latenz, eingeschränkte Schwankungsbreite bei der Latenz (eingeschränkter Jitter) und geringerer Paketverlust:

- Zukünftige Anwendungslandschaften werden für eine verstärkte Ausrichtung auf das End-to-End-Nutzungserlebnis und für mehr Aufmerksamkeit für eine größere Zahl von Servicequalitätsparametern in der offenen Internetplattform sorgen;
- Durch den erheblichen und vergleichsweise günstigen Ausbau der Kapazität bei der IP-Zusammenschaltung wird man die Risiken im Hinblick auf die Servicequalität bei diesen neuen Parametern statistisch senken. Aber werden diese Gütestufen auch ausreichen, um Anwendungen der nächsten Generation den Weg zu ebnen?
- Die schnelle Entstehung von Technologien wie Zwischenspeicherung, Deep Caching, adaptives Streaming und Videokompression zeigt tendenziell, dass die Erweiterung durch unverwaltete Kapazität an den IP-Zusammenschaltungsknoten für sich allein nicht ausreicht, um ein End-to-end Nutzungserlebnis garantieren zu können.

Andererseits war es das Best-Effort-Prinzip des Internets mit seiner einfachen Einrichtung von IP-Zusammenschaltungen, seiner Skalierbarkeit und seiner Anwendungsagnostizität, welches das schnelle Wachstum des Internets in seiner heutigen Form ermöglichte.

Ein bislang unverändert großer Anteil von Interessensträgern im Bereich der IP-Zusammenschaltung zögert, wenn es darum geht, derartige innovative Verfahren in Erwägung zu ziehen. Es wird befürchtet, dass die gegenwärtige Konfiguration der Internetstandards keine ausreichende Gewährleistung der Nichtdiskriminierung auf Netzwerkebene bietet, gegenüber unsicherem Umsatzsteigerungspotential.

Diese Auffassungen finden sich auch in gut verdichteter Form beim GEREK wieder:

- Das Best-Effort-Internet führt in den meisten Fällen zu einem hohen Nutzungserlebnis für die Endnutzer, selbst bei verzögerungsempfindlichen Anwendungen wie VoIP oder Video-streaming, was sich auch an der Beliebtheit von Anwendungen wie Skype, Viber, YouTube, BBC iPlayer, iTunes Video, Netflix etc. erkennen lässt. Daher geht das Best-Effort-Internet trotz fehlender Garantie für die Datenübertragung nicht notwendigerweise mit einer geringen Leistung (z. B. geringe Geschwindigkeit, Latenz oder hoher Jitter) einher.

- Die Erzielung eines garantierten End-to-end-Nutzungserlebnisses über das Internet ist sowohl unter kommerziellem als auch technischem Blickwinkel ein unrealistisches Unterfangen:
  - Die Servicequalität ist ein End-to-end-Konzept, dessen Unterstützung in den IP-Netzen grundsätzlich nicht verankert ist. Es müsste eine neue Standardsprache für sämtliche zusammengeschalteten Netze entwickelt werden;
  - Der Datenaustausch an den Zusammenschaltungsschnittstellen erfolgt in sehr aggregierter Form und ist daher statistisch stabil, d. h. beim Datenverkehr gibt es keine bedeutsame Schwankung der Spitzenlast im Verlauf der Zeit; folglich besteht keine Notwendigkeit zur Einführung von Mechanismen zur Verwaltung des Datenverkehrs an den Zusammenschaltungspunkten;
  - Es dauert, bis ein Netz eine kritische Größe erreicht (gemessen als Anzahl der angeschlossenen Zielorte); innovative Verfahren würden daher Zeit benötigen, bis sie relevanten Wert generieren;
  - Die Aushandlung von individuellen Service-Level-Agreements zwischen allen beteiligten Parteien wäre mühselig (z. B. Vereinbarungen über die Zusammenschaltung für das Roaming im Mobilfunk);
  - Das Nutzungserlebnis wird auch von Geräten und Betriebssystemen der Endnutzer sowie der eigentlichen Qualität der Inhalte oder Anwendungen beeinflusst und wird vom (dafür bezahlenden) Endnutzer daher wahrscheinlich nicht wahrgenommen;
- Für die Optimierung der End-to-end-Leistung stehen alternative Mechanismen zur Verfügung:
  - z. B. endpunktbasierte Überlastungsregelung zur Verringerung der Datenverkehrslast;
  - An den Internetknoten und beim Peering wird die Anzahl der alternativen Routen erhöht und die Überlastung somit reduziert;
  - Content-Delivery-Netzwerke stehen zur Verfügung, um die Qualität von Anwendungen aus Sicht der Nutzer zu optimieren.
- Die Antwort auf die Frage nach der wirtschaftlichen Tragfähigkeit und Zukunftssicherheit der Einführung einer End-to-end-Servicequalität in allen IP-Netzen ist zu einem großen Teil abhängig von den Kosten, die durch den Ausbau der Bandbreite bei der IP-Zusammenschaltung entstehen. Ein erheblicher Abwärtstrend bei den Kosten für Kern- und Backhaul-IP-Netze gäbe den Ausschlag für Strategien, die auf einer großen Menge an IP-Kapazität beruhen.

Interessensträger, die der Meinung sind, das Best-Effort-Prinzip sei nicht ausreichend, betonen eher die Chancen im Zusammenhang mit den Szenarien der zukünftigen Anwendungslandschaften und müssen sich mit der Frage nach neuen Verfahren beschäftigen. Im Gegensatz dazu verfolgt die Gegenseite einen reaktiven und pragmatischen Ansatz: „So weit so gut, wozu noch Veränderungen?“

**Annahme #2 – Das Best-Effort-Internet kann parallel zu Internetdiensten mit Qualitätsgarantie existieren**

Managed Services mit Garantien für Servicequalität und Nutzungserlebnis werden im Firmenkundensegment schon seit langer Zeit angeboten. In der Regel beruhen sie auf einer Zuweisung von dedizierter Kapazität und greifen für die Herstellung der erforderlichen Servicemerkmale auf Techniken der Datenverkehrsverwaltung zurück. Dienste mit Qualitätsgarantie sind innerhalb von dedizierten IP-Netzen angesiedelt, die über ein Gateway mit Zugangskontrolle, das häufig für bestimmte Anwendungen optimiert ist, arbeiten (und gegebenenfalls auch den Austausch mit dem offenen Internet zulassen).

Es besteht die Sorge, dass eine massenhafte Ausweitung von Diensten mit Qualitätsgarantie bei der IP-Zusammenschaltung vom Firmenkundensegment auf die Zugangsnetze der Privatkunden in Form von besonderen Zusatzleistungen möglicherweise zu Lasten der Internetzugangsdienste nach dem Best-Effort-Prinzip ginge. Die Priorisierung des Datenverkehrs würde zukünftige Anwendungen ermöglichen und Investitionen anziehen. Hierdurch schwänden die Anreize für die Akteure im Bereich der IP-Zusammenschaltung für weitere Investitionen in

die Verbesserung der Leistung des Best-Effort-Internets. Daher wird eine nachhaltige Koexistenz beider Dienste (d. h. des Best-Effort-Internets und von Diensten mit Qualitätsgarantie) in Frage gestellt.

Dienste mit Qualitätsgarantie wurden im Firmenkundensegment traditionell als IP Managed Services angeboten, wobei hierauf etwa 20 Prozent des globalen IP-Datenverkehrs entfallen und an Verbrauchersegmente über vertikal integrierte IPTV-Plattformen (auf welche ein noch größerer Anteil des Datenverkehrs in den Zugangsnetzen entfällt).

Aus den historischen Daten von Akamai zum Zustand des Internets geht hervor, dass sich sowohl die Durchschnitts- als auch die Spitzenbandbreite, die je Nutzer verfügbar ist, im Verlauf der Jahre verbessert hat. Dies liefert die Schlussfolgerung, dass Dienste mit Qualitätsgarantie eine Verbesserung der Leistung von Diensten im Best-Effort-Internet nicht verhindert haben. Dies gibt Grund zur Annahme, dass Dienste mit Qualitätsgarantie weiterhin ergänzend und diskriminierungsfrei zusätzlich zum Best-Effort-Internet ausgebaut werden können.

Grundsätzlich ist die Sorge, für Internetzugangsanbieter bestünde der Anreiz sich auf IP Managed Services zu konzentrieren und infolge Investitionen in die Kapazität der IP-Zusammenschaltung für das Best-Effort-Internet zu reduzieren, nachvollziehbar. Deshalb macht es Sinn in einem Szenario des beidseitigen Wachstums sowohl von Best-Effort-Internet als auch von Diensten mit Qualitätsgarantie ein Rahmenwerk sowie Instrumente einzuführen, um die fortwährende Entwicklung der Leistung im Best-Effort-Internet zu überwachen und zu lenken.

**Abbildung 58: Szenario für die Weiterentwicklung: Zugangsdienste zum Best-Effort-Internet und Dienste mit Qualitätsgarantie**

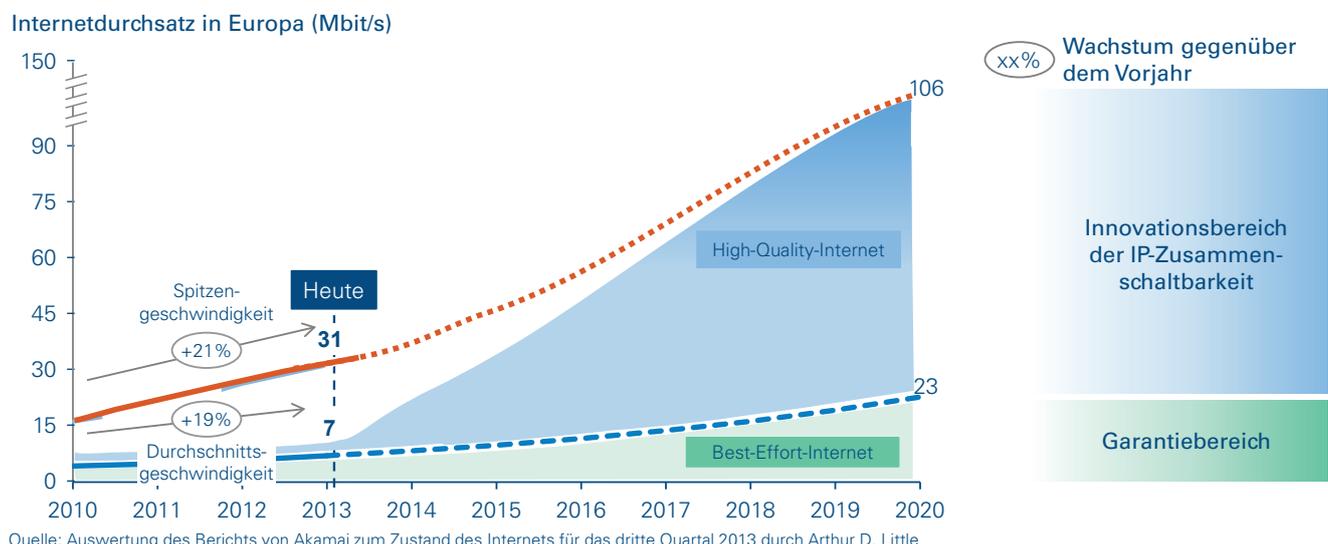


Abbildung 59: Die drei ermittelten Grundannahmen im Zentrum der Debatte

Debatte	Zustimmung	Widerspruch
<b>Annahme 1</b> → Die Qualität des Best-Effort-Internets reicht für Anwendungen der nächsten Generation nicht aus	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Best-Effort ist eine endliche Ressource</li> <li>■ Zukünftige Anwendungen brauchen mehr als unverwaltete Kapazität</li> <li>■ Best-Effort kann keine Garantie für neue, auf Abruf verfügbare Merkmale geben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Best-Effort ist netzneutral und erlaubt eine effiziente Skalierung</li> <li>■ IP-Kapazität ist in großer Menge vorhanden</li> <li>■ Wenn schon der Ausbau der Bandbreite billig ist, ist Best-Effort das Mittel der Wahl</li> </ul>
<b>Annahme 2</b> → High-Quality- und Best-Effort-Internet können ohne Kannibalisierung koexistieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Das High-Quality-Internet kann zusätzlich aufgebaut werden</li> <li>■ Best-Effort kann von der Annahme neuer technischer Verfahren profitieren</li> <li>■ Beide können gemeinsam wachsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Best-Effort steht nicht gleich für geringe Qualität</li> <li>■ Priorisierung schafft einen Anreiz für Verschlechterungen im Best-Effort-Internet</li> <li>■ Es gibt keine Instrumente zur Messung der Qualität und zum Schutz</li> </ul>
<b>Annahme 3</b> → Zur Beschleunigung der Innovation sind neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung notwendig	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Neue Geschäftsmodelle bereichern die Gestaltungsräume für Inhalte- und Anwendungsanbieter</li> <li>■ Neue Geschäftsmodelle zeichnen sich bereits ab</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Damit würde man Anreize für Abschottung und Fehlverhalten am Markt setzen</li> <li>■ Innovationen sind bereits in konstantem Tempo vorhanden</li> </ul>

Quelle: Analyse von Arthur D. Little

In diesem Szenario bleiben die Dienste für den Zugang zum öffentlichen Internet in einem zugesicherten Bereich und sollten sowohl im Hinblick auf die Spitzen- als auch die Durchschnittsbandbreite weiter wachsen, während sich Dienste mit Qualitätsgarantie möglicherweise als Innovations- und Investitionsbereiche erweisen, in denen die auf der letzten Meile verfügbare Kapazität (je nach verfügbarer Technologie im Zugangsnetz) in vollem Umfang ausgeschöpft werden kann.

Falls man Dienste mit Qualitätsgarantie ergänzend und offen zusätzlich zu den Best-Effort-Diensten einführen würde, wäre das Ergebnis eine Internetplattform mit einem vielfältigeren Leistungsportfolio.

### Annahme #3 – Zur Beschleunigung der Innovation sind neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung erforderlich

Bislang hat das Internet ein stetiges Voranschreiten der Innovation ermöglicht und regelmäßig sind dabei neue Anwendungen entstanden (siehe Kapitel 1).

In den vorherigen Abschnitten wurde jedoch ausführlich dargelegt, dass sich sowohl Art des Datenverkehrs im Internet als auch Art der zugrunde liegenden Qualitätsmerkmale ändern (z. B. von Download-/Uploadgeschwindigkeit zur Qualität des Nutzererlebnisses). Verdeutlicht wird dies durch die heutige Nachfrage nach innovativen Vereinbarungen über die Zusammenschaltung, wobei in den nächsten Jahren mit einem Anstieg zu rechnen ist.

Schon in kurzer Zeit wird für Dienste zur (ultra-) hochauflösenden Gesprächsübertragung ein garantiertes End-to-end-Nutzererlebnis erforderlich sein. Mittelfristig wird in der Anwendungslandschaft eine Nachfrage nach Merkmalen für sichere Netz-

werke entstehen, um die Verbreitung von hoch entwickelten Anwendungen im Bereich der Kommunikation zwischen Endgeräten sowie des Internets der Dinge, wie beispielsweise das elektronische Gesundheitswesen, elektronische Pflege, Haussicherheit oder Fahrzeugtelematik zu unterstützen.

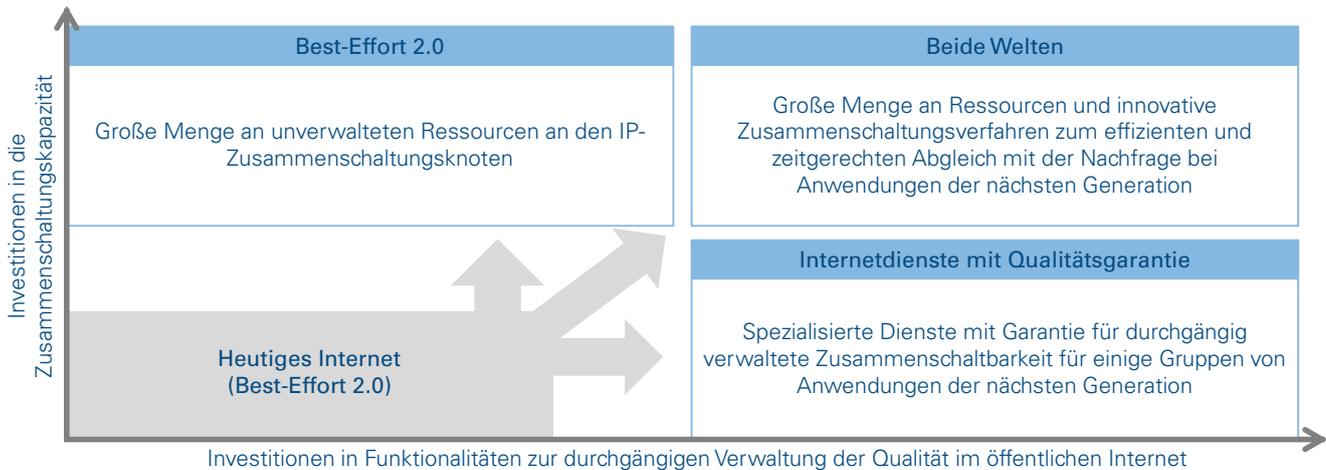
Im Kapitel 3 wurde deutlich, dass gegenwärtig eine Reihe neuer Geschäftsmodelle von den Akteuren der IP-Zusammenschaltung untersucht wird. Traditionelle IP-Transitleistungen und Modalitäten im Bereich des Peering werden mittlerweile, wenn bislang auch in beschränktem Maße, durch kostenpflichtiges Peering ergänzt. Ebenso nimmt die Innovation im Bereich der IP-Zusammenschaltung mit steter Geschwindigkeit konkrete Züge an. Internetzugangsanbieter investieren in innovative Übermittlungslösungen in ihren Kernnetzen. Inhalte- und Anwendungsanbieter setzen auf neue Streamingtechniken und unterbreiten Vorschläge für Schritte jenseits der Ränder der Netze, während Plattformen für die Übertragung von Inhalten durch neue Sicherheitsdienste ergänzt werden.

### 5.3. Es sind drei Optionen absehbar: Best-Effort 2.0, Dienste mit Qualitätsgarantie oder beide Welten

Es gibt jeweils gute Gründe, die für oder gegen jede der drei Grundannahmen sprechen. Wenn man die vorhandenen Optionen für Interessensträger der IP-Zusammenschaltung grob umreißt, kann dies für die Entwicklung einer ganzheitlicheren und ausgewogeneren Sicht auf die Plattform der Zukunft für die IP-Zusammenschaltung hilfreich sein.

Neben der Entwicklung einer neuen revolutionären Technologie oder Technik, mit der man die IP-Zusammenschaltbarkeit verbessern und damit alle gegenwärtig bekannten Probleme

Abbildung 60: Mögliche Optionen für die Internetplattform der Zukunft



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

lösen würde, handelt es sich bei den folgenden um die zentralen Treiber für die Verbesserung der IP-Zusammenschaltung:

- Investitionen in den Kapazitätsausbau an den IP-Zusammenschaltungsknoten, d. h. Bereitstellung einer großen Menge von Ressourcen für die IP-Zusammenschaltung;
- Ausweitung der Funktionalitäten für die Verwaltung eines qualitativ hochwertigen End-to-end-Nutzungserlebnisses auf das offene Internet.

Dementsprechend können drei Optionen ermittelt werden, welche die Entwicklung der Internetplattform in unmittelbarer Zukunft durch eine Kombination dieser beiden Treiber voranbringen werden:

1. „Best-Effort 2.0“, bei dem man sich auf einen Ausbau der unverwalteten Kapazität bei der IP-Zusammenschaltung stützt;
2. „Internetdienste mit Qualitätsgarantie“ mit dedizierten Ressourcen und Techniken zur Verwaltung des Datenverkehrs in der öffentlichen Plattform zur Verbesserung des Nutzungserlebnisses bei Over-the-Top-Inhalten und -Anwendungen;
3. „Beide Welten“, bei denen parallel Investitionen in beide Treiber fließen.

Der vorliegende Analyserahmen versteht sich als Hilfsmittel zur Unterstützung der laufenden Debatte und als Beitrag für eine konstruktive Zusammenarbeit zwischen den Interessensträgern. Im Anschluss werden die möglichen Folgen im Hinblick auf strategische Schritte, neue Geschäftsmodelle und Innovationen für die IP-Zusammenschaltung für jede Option vorgestellt.

### Option 1: Best-Effort 2.0

Die Option mit dem Titel „Best-Effort 2.0“ impliziert, dass die Probleme mit Servicequalität und Nutzungserlebnis gelöst werden, indem die Kapazität an den IP-Zusammenschaltungsschnittstellen ausgebaut wird. Deshalb könnte diese Option zur Entstehung eines dualen Internets mit einem offenen Best-Effort-Internet und großen Inhalte- und Anwendungsanbietern im Zentrum von sich parallel entwickelnden unternehmenseigenen End-to-End-Netzwerken führen.

Die größten Inhalte- und Anwendungsanbieter, für die sich das Nutzungserlebnis kurzfristig als entscheidender Faktor erweisen wird, werden wahrscheinlich weiterhin in ihre eigenen Infrastrukturen für die IP-Zusammenschaltung investieren, möglicherweise bis hin zu den lokalen Zugangsnetzen (z. B. unternehmenseigenes Deep Caching). In der Praxis würden sie ihre eigenen (Beinahe-)End-to-End-IP-Netze für die Übertragung ihrer Inhalte und Anwendungen zu den Internetzugangsanbietern am Zielort bereitstellen. Anbieter von IP-Transitleistungen und Content-Delivery-Netzwerken würden stark unter Druck geraten, da sie für die größten Inhalte- und Anwendungsanbieter hauptsächlich eine Lösung für den Notfall darstellen würden. Deshalb liefen sie Gefahr, bei der Erhaltung bzw. Erreichung einer kritischen Masse und von Größenvorteilen in Schwierigkeiten zu geraten.

Andererseits würden Internetzugangsanbieter am Zielort nur mit Zurückhaltung in Plattformen für die Servicequalität investieren. Das vorherrschende Best-Effort-Prinzip bei der IP-Zusammenschaltung würde in der Tat Geschäftsmodelle mit Investitionen in neue Lösungen verhindern, bei denen Endnutzer im Gegenzug für ein besseres Nutzungserlebnis zusätzliche Zahlungen leisten müssten. Dennoch würden die Ressourcen an den IP-Zusam-

menschaltungsschnittstellen parallel zur Evolution der Zugangsnetze weiterwachsen.

Kleinere Inhalte- und Anwendungsanbieter würden bei der Gestaltung und Umsetzung tragfähiger Bereitstellungsstrategien von sinkenden Kosten bei den IP-Transitleistungen und beim Peering profitieren. Die Anzahl der beteiligten Akteure und das Best-Effort-Prinzip würden sie jedoch bezüglich der für sie erreichbaren End-to-end-Servicequalität einschränken und daher ihr Innovationspotenzial im Zusammenhang mit dem Internet der Dinge und dem Internet der Menschen limitieren.

Beim Best-Effort 2.0 wäre nicht mit einem neuen bedeutenden Geschäftsmodell für die IP-Zusammenschaltung zu rechnen, da sich die Grundannahmen im Vergleich zur gegenwärtigen Situation nicht verändert haben. Folglich würde es bei der Entstehung von Anwendungen der nächsten Generation wahrscheinlich zu Verzögerung kommen, da ein qualitativ hochwertiges Nutzungserlebnis nicht weithin und zu erschwinglichen Preisen durchgängig garantiert werden kann.

Dennoch könnten einige Anwendungen der nächsten Generation konkrete Züge annehmen, wenn sie von den größten Inhalte- und Anwendungsanbietern entwickelt oder unterstützt werden, die dank ihrer unternehmenseigenen Infrastruktur in der Lage wären, bis zum Zugangsnetz die höchste Servicequalität anzubieten.

### Option 2: Internetdienste mit Qualitätsgarantie

Die Option „Internetdienste mit Qualitätsgarantie“ beruht auf der Annahme, dass die steigende Nachfrage nach einer erweiterten End-to-end-Servicequalität die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle fördern wird, die auf einer Form der aktiven Differenzierung bei der Verwaltung des Datenverkehrs beruhen. Im Zentrum dieser Variante könnten neuere Dienste für den Firmenkunden- oder Privatkundenbereich stehen (z. B. Home

Delivery). Hauptsächlich würden sie jedoch eine Ergänzung zu den Best-Effort-Zusammenschaltungen darstellen.

In einem derartigen Fall würden für bestimmte Anwendungsgruppen neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung entstehen, mit größter Wahrscheinlichkeit in den Bereichen Premiumvideo, Sicherheit und bei Zuverlässigkeitsmerkmalen, die für Anwendungen im Internet der Dinge erforderlich sind (auf die schätzungsweise etwa weitere 10-20 Prozent des globalen IP-Datenverkehrs entfallen werden).

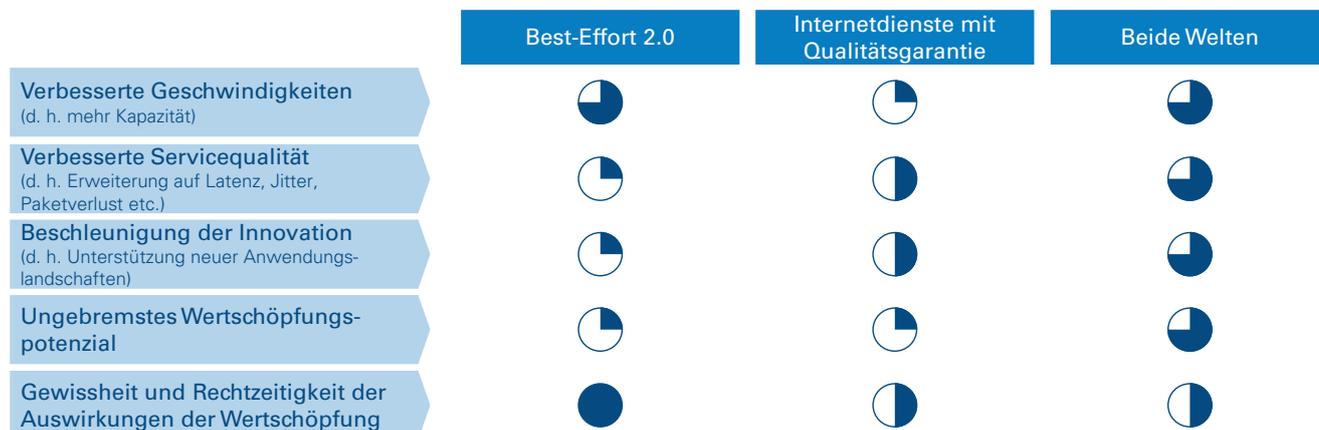
Ohne einen erheblichen Ausbau der Kapazitäten für die IP-Zusammenschaltung werden bislang noch nicht vorhandene Anwendungen für die Gesprächsübertragung, die einen erheblichen Datenverkehr hervorrufen würden und auf ein hohes End-to-end-Nutzungserlebnis angewiesen wären, wahrscheinlich nicht im öffentlichen Internet entstehen, insbesondere nicht im Verbrauchersegment. Die größten Inhalte- und Anwendungsanbieter werden folglich weiterhin in ihre unternehmenseigenen Infrastrukturen investieren.

Für alternative Geschäftsmodelle, die an ausgewählte Anwendungen gekoppelt sind, bestünde die Gefahr, dass die kritische Masse nicht erreicht wird und die Preise für ein hochwertiges Nutzungserlebnis könnten auf einem hohen Niveau verharren (was bei IP-VPN-Diensten häufig der Fall ist). Zusätzlich werden die Anbieter von IP-Transitleistungen und Content-Delivery-Netzwerken stark unter Druck stehen und wahrscheinlich Nischenpositionen einnehmen.

Mittelfristig werden Internetdienste mit Qualitätsgarantie für neue Anwendungsgruppen dank ihrer unternehmenseigenen Infrastrukturen zumindest für die größten Inhalte- und Anwendungsanbieter erschwinglich werden.

Das Aufkommen neuer Anwendungen wird erwartungsgemäß hauptsächlich im Zusammenhang mit Premiumvideo und dem Internet der Dinge stehen. Ihre höheren Kosten werden einer

Abbildung 61: Zentrale Merkmale der Optionen für die Internetplattform



Quelle: Analyse von Arthur D. Little

schnellen massenhaften Verbreitung und folglich auch einer bedeutsamen makroökonomischen Auswirkung im Wege stehen. Die zukünftigen Anwendungen, für die über das öffentliche Internet kein Zugang zu Diensten mit einer garantierten End-to-end-Servicequalität hergestellt werden kann, werden nur dann entstehen können, wenn sie von den größten Inhalte- und Anwendungsanbietern entwickelt und unterstützt werden (die bis zum Zugangsnetz die größte Servicequalität anbieten können).

### Option 3: Beide Welten

Die Option „Beide Welten“ birgt das Potenzial die Nachfrage nach Diensten der nächsten Generation im größten Umfang zu erschließen, z. B. die Kombination des Internets der Dinge mit dem Internet der Menschen, gestützt durch vermehrtes Datenverkehrsaufkommen..

Zunächst stünden verschiedenen Internetakteuren viele neue Geschäftsmodelle (für die IP-Zusammenschaltung) zu erschwinglichen Preisen und diskriminierungsfrei zur Verfügung. Hierdurch würde sich die Notwendigkeit zur Bereitstellung eigener End-to-end-Infrastrukturen zur Umgehung der Beschränkungen der gegenwärtigen Internetplattform erübrigen. Folglich entstünden verschiedene Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung ohne eine Form der Diskriminierung nach Maßgabe der Bedürfnisse sämtlicher bestehender und neuer Akteure im Internetmarkt (und nicht nur jener der größten Inhalte- und Anwendungsanbieter). Weiterhin würde der vor dem Hintergrund der Vielzahl an Möglichkeiten für die IP-Zusammenschaltung sowie der zugehörigen Geschäftsmodelle resultierende Wettbewerb eine Lösung für möglicherweise bestehende Ineffizienzen darstellen.

Einerseits könnten sich die größten Inhalte- und Anwendungsanbieter auf Innovationen und Investitionen in die Entwicklung von Inhalten und Anwendungen konzentrieren. Andererseits könnten die Internetzugangsanbieter am Zielort ihre Investitionen in effizientester Weise ausrichten, d. h. Ausbau der Ressourcen, möglicherweise in Abhängigkeit vom allgemeinen Nutzungserlebnis (ohne weitere bloße Beschränkung auf die erzielte Download- und Uploadgeschwindigkeit), das sie ihren Endnutzern anbieten wollen, mit Auswirkungen für ihre Einzelhandelsumsätze je Endkunde.

Diese Option ginge mit einer erheblichen Verkürzung der Markteinführungszeit für Anwendungen der nächsten Generation einher und böte die Möglichkeit zur Erschließung des Potenzials für ein beschleunigtes makroökonomisches Wachstum.

Die Verbreitung von Anwendungen der nächsten Generation wird aller Voraussicht nach auch einen Beitrag zur allgemeinen Ausweitung der Internetnutzung und der Verbreitung des Internets in sämtlichen sozialen Schichten und Altersgruppen leisten.

### Zentrale Aussagen

- Die Internetplattform der Zukunft wird wie seit jeher durch organisches Wachstum auf Grundlage unterschiedlicher Interessen der verschiedenen Akteure im Internetmarkt geprägt sein.
- Drei Grundannahmen haben das Potenzial die Internetplattform der Zukunft zu prägen:
  1. Die Qualität des Best-Effort-Internets reicht für Anwendungen der nächsten Generation nicht aus;
  2. Das Best-Effort-Internet kann parallel zu Internetdiensten mit Qualitätsgarantie existieren;
  3. Zur Beschleunigung der Innovation sind neue Geschäftsmodelle für die IP-Zusammenschaltung erforderlich.
- Das Best-Effort-Internet ist und wird zweifellos auch in Zukunft unverzichtbar sein. Weiterhin gibt es erste Belege dafür, dass es parallel zu komplementären Plattformen mit durchgängiger Servicequalität bestehen kann, wenn eine sachgemäße Überwachung vorhanden ist.
- Private Investitionen in die IP-Zusammenschaltung haben zu strukturell verbesserten Bedingungen für die zukünftige Entwicklung des öffentlichen Internets geführt. Inhalte kommen näher zu den Endnutzern (durch direkte Zusammenschaltung und lokale Inhaltszwischenlagerung). Die Internetleistung wird durch die Übernahme neuer Anwendungstechnologien (z. B. adaptives Streaming) verbessert und IP-Netzressourcen gibt es in großer Menge (z. B. höhere Kapazität auf der letzten Meile).
- Das öffentliche Internet wird den größten Nutzen aus privaten Investitionen in die Architektur für die IP-Zusammenschaltung ziehen, die darauf abzielen die Entfernung zu verkürzen, die der Internetverkehr zurücklegen muss.

# Glossar

---

<b>Adaptives Streaming</b>	Eine Technologie, die eine Anpassung der Videoauflösung und der Bitrate der Anwendung an die Verbindungsbedingungen des Nutzers ermöglicht.
<b>Aggregation</b>	Ein Punkt in Netzwerken, an dem mehrere Datenverkehrsströme von mehreren vorgelagerten Quellen für die anschließende Übertragung zu einem nachgelagerten Punkt gebündelt werden.
<b>Anwendungsbeschleuniger</b>	Eine technische Lösung, die den Zugang zu einer bestimmten Internetanwendung (oder Gruppe von Internetanwendungen) vereinfacht und ihre Leistung steigert.
<b>Anwendungslandschaft</b>	In diesem Bericht die Bezeichnung für die ganze Palette von Anwendungen, die reibungslos über das Internet betrieben werden können.
<b>AS, autonomes System</b>	Ein Netzwerk, das durch eine Reihe von IP-Adressen (IP-Routing-Präfixe) unter der Kontrolle von einer oder mehreren Organisation(en) gekennzeichnet ist. Auf physischer Ebene setzen sich die meisten autonomen Systeme aus unternehmenseigener und gemieteter Infrastruktur zusammen.
<b>Bandbreite</b>	In diesem Bericht ein Synonym für die Kapazität einer bestimmten Verbindung, da die Übertragungskapazität von jedem Medium im Hinblick auf den für dieses bestimmte Medium verfügbaren Frequenzbereich angegeben werden kann.
<b>Bitrate</b>	In diesem Bericht ein Maß für die Datenübertragungsgeschwindigkeit als Anzahl der Bits, die pro Sekunde übermittelt werden können.
<b>CAGR</b>	Kumulierte jährliche Wachstumsrate (Compound Annual Growth Rate).
<b>CAP</b>	Inhalte- und Anwendungsanbieter (Content and Application Provider): Akteure, die Inhalte und Anwendungen über das Internet bereitstellen.
<b>CDN</b>	Netzwerk für die Übertragung von Inhalten (Content Delivery Network): Akteure, die Zwischenspeicherlösungen anbieten.
<b>CPU</b>	Zentraleinheit (Central Processing Unit), eine Komponente von elektronischen Geräten (z. B. Computern), die Abarbeitung von Rechenbefehlen übernimmt.
<b>Deep Caching</b>	Eine Variante bei Content-Delivery-Netzwerken, bei der Zwischenspeicher für die Inhalte innerhalb der Netze (nicht an ihren Grenzen oder Rändern) und damit näher beim Endnutzer installiert werden. Hierdurch verkürzt sich der Weg zwischen Inhaltsserver und Endnutzer.
<b>DNS</b>	Domänennamenserver (Domain Name Server), System der Zuordnung von strukturierten Namen (z. B. www.wikipedia.com) zu IP-Nummern (die weitaus weniger einprägsam sind).
<b>DOCSIS</b>	Datenübertragungsstandard (Data Over Cable Service Interface Specification), eine Technologie, welche die Übertragung von Breitbanddaten über Hybridsysteme mit Glasfaser/Koaxialkabeln (zur Übertragung des Fernsehsignals) ermöglicht. Die aktuellste Version dieser Technologie ist DOCSIS 3.1
<b>Datenverkehrsmanagement</b>	Eine Technik zur Maximierung der Nutzung eines Kommunikationskanals bei gleichzeitig vorliegenden Anfragen.
<b>Datenverkehrsmuster</b>	In diesem Bericht ein Begriff für die Regeln, denen die Nutzung des Internets im Alltag folgt – Angabe als Volumen oder Kapazität, das bzw. die pro Stunde verbraucht wird.
<b>Durchsatz</b>	In diesem Bericht ein Begriff für die erfolgreiche Datenübertragung über einen Kommunikationskanal, die in Bits pro Sekunde gemessen wird.
<b>E2E</b>	End-to-end, durchgängig, z. B. von einem Anwendungsserver zum Endnutzer.
<b>EB</b>	Exabyte
<b>Eingangs-/Ausgangsverkehr</b>	Der Austausch von Datenverkehr im Internet kann grundsätzlich in zwei Richtungen erfolgen. Der Eingangsverkehr ist der Datenverkehr, der beim Host ankommt, und der Ausgangsverkehr ist der Datenverkehr, der beim Host abgeht. Diese Unterscheidung wird auch bei sämtlichen Netzwerkschnittstellen vorgenommen.

<b>FTP</b>	Dateiübertragungsprotokoll (File Transfer Protocol), eine bestehende Anwendung zur Übertragung von Daten über das Internet.
<b>FTTx</b>	Glasfaseranschlusstechnik (Fiber to the X), bei der das X als Variable verschiedene Werte annehmen kann, wie H für zu Hause (FTTH), B (Building) für Gebäude (FTTB), C (Cabinet) für Schaltverteiler (FTTC), S für Straße (FTTS) etc.
<b>GB, Gbit/s</b>	Gigabyte, Gigabit pro Sekunde.
<b>GE</b>	Gigabit-Ethernet, eine vorrangig in Gebäuden vorkommende Netzwerklösung.
<b>GEREK</b>	Gremium Europäischer Regulierungsstellen für elektronische Kommunikation.
<b>Geschwindigkeit</b>	In diesem Bericht ein Synonym für die Bitrate.
<b>Gleichzeitigkeit</b>	In diesem Bericht ein Maß für die Nutzung einer bestimmten Ressource (Verbindung oder Anwendung) durch eine Vielzahl von Dienstnehmern.
<b>Host</b>	Ein Computer/Server mit Verbindung zum Internet.
<b>Hosting</b>	Ein Dienst zum Betrieb einer Anwendung auf Servern einer dritten Partei.
<b>IAP</b>	Internetzugangsanbieter (Internet Access Provider), häufig als Synonym für ISP.
<b>IEX</b>	Internetknoten (Internet Exchange), Synonym für IX.
<b>IKT</b>	Informations- und Kommunikationstechnologie.
<b>Internetplattform</b>	Die gesamte Reihe von Hardware, Anwendungen und Protokollen, die die Bereitstellung über das Internet ermöglichen.
<b>IoE</b>	Internet of Everything, geprägt von Cisco.
<b>IoH</b>	Internet der Menschen (Internet of Humans).
<b>IOT</b>	Internet der Dinge (Internet of Things).
<b>IP</b>	Internetprotokoll.
<b>IP-Transit</b>	Eine Regelung für die IP-Zusammenschaltung.
<b>IP-VPN</b>	IP Virtual Private Network, ein logischer Kanal für die Datenübertragung, die durch eine bestimmte Dienstgütereinbarung (hinsichtlich Geschwindigkeit, Verfügbarkeit, Sicherheit etc.) geregelt wird.
<b>IPTV</b>	Eine Technologie, die die Bereitstellung von TV-Angeboten über IP-Netze ermöglicht, häufig durch den Einsatz dedizierter Ressourcen oder Netzwerke.
<b>IPX</b>	Internet-Paketaustausch (IP Exchange), eine Reihe von Technologien und Protokollen – an denen noch geforscht wird – die Zusammenschaltungsschnittstellen mit qualitätsbezogenen Funktionalitäten unterstützen würden.
<b>ISP</b>	Internetanbieter (Internet Service Provider).
<b>IX</b>	Internetknoten (Internet Exchange).
<b>Jitter</b>	In diesem Bericht die zeitliche Schwankung beim Eingang der Datenpakete.
<b>Kapazität</b>	In diesem Bericht ein Maß für die Fähigkeit eines bestimmten Bindeglieds oder einer Verbindung zur Übertragung von Daten.
<b>Latenz</b>	Die Zeit, die ein Datenpaket benötigt, um die Strecke vom Ursprung zum Ziel zurückzulegen.
<b>Letzte Meile</b>	Bezeichnung für den letzten Teil der Strecke in Festnetzen, der Wohn- und Büroeinheiten mit dem Abnehmernetz verbindet.
<b>M2M</b>	Informationsaustausch zwischen Endgeräten (Machine-to-Machine), Anwendung bei der zwei Geräte miteinander kommunizieren
<b>M2P</b>	Informationsaustausch zwischen einem Endgerät und einer Person (Machine-to-Person), Anwendung bei der ein Gerät mit einer Person kommuniziert.
<b>MB, Mbit/s</b>	Megabyte (als Maß für die Kapazität), Megabit (als Maß für die Geschwindigkeit) pro Sekunde.
<b>MPLS</b>	Vermittlungsverfahren (Multi-Protocol Label Switching), eine Netzwerktechnologie.
<b>Nachfrage im Internet</b>	In diesem Bericht der von Nutzern erzeugte Datenverkehr, die einen Zugang zu Internetanwendungen benötigen.
<b>Netzwerkrand</b>	Aus Sicht eines Inhalte- und Anwendungsanbieters der Punkt der Zusammenschaltung mit einem Zugangsnetz.
<b>NFV</b>	Virtualisierung von Netzwerkfunktionen (Network Function Virtualization), fortschrittliche Technologie für die Einrichtung und den Betrieb von Netzwerken.
<b>OTT</b>	Over-the-Top, Bezeichnung für Anwendungen, die für IP-Netze entwickelt und darüber betrieben werden.

<b>P2M</b>	Informationsaustausch zwischen einem Endgerät und einer Person (Person-to-Machine), Anwendung bei der eine Person mit einem Gerät kommuniziert.
<b>Paketverlust</b>	Der Verlust von Datenpaketen bei der Übertragung zum Nachteil der Erlebnisqualität.
<b>PB</b>	Petabyte
<b>Peering</b>	Regelung für die IP-Zusammenschaltung, bei sich zwei Parteien direkt zusammenschalten und Datenverkehr austauschen.
<b>Peer-to-Peer</b>	Eine Technologie, mit der zwei Internethosts wechselseitig in beide Richtungen Daten austauschen können.
<b>PP</b>	Prozentpunkt.
<b>QoE</b>	Nutzungserlebnis (Quality of Experience), qualitativer Begriff zur Beschreibung des Interneterlebnisses aus Endnutzersicht.
<b>QoS</b>	Servicequalität (Quality of Service), technischer Begriff.
<b>Routingtechnologien</b>	Die Technologie, die zur Vermittlung der Datenpakete zum Einsatz kommt.
<b>RTT</b>	Paketumlaufzeit (Round Trip Time), Zeit, die ein Paket vom Ursprung zum Ziel und wieder zurück benötigt.
<b>SDN</b>	Softwaredefinierte Netzwerke (Software-Defined Network).
<b>Schnittstelle</b>	In diesem Bericht der Punkt der Zusammenschaltung von zwei Netzen oder sich hieran anschließenden Netzsegmenten.
<b>Spitzendatenverkehr</b>	Höchstvolumen des Datenverkehrs pro Sekunde, das in einem bestimmten Zeitraum (Tag, Monat etc.) in einer bestimmten Richtung (Abwärts- oder Aufwärtstrecke) erreicht wird.
<b>Streaming (Anwendung)</b>	Eine Anwendung, bei der zur Anzeige der Inhalte kein vollständiger Download einer Videodatei erforderlich ist.
<b>TB</b>	Terabyte.
<b>TCP</b>	Transportsteuerungsprotokoll (Transfer Control Protocol), ein Protokoll aus der Internetprotokollfamilie, das zum Fundament des Internets gezählt werden kann. Es kann die Geschwindigkeit der Übertragung von Datenpaketen und deren erneute Übertragung im Fall einer Überlastung in den IP-Netzen steuern.
<b>Teilstrecke</b>	Eine End-to-end-Verbindung, die sich aus verschiedenen Zwischensegmenten zusammensetzen kann, bei denen es sich ebenfalls um Teilstrecken handelt.
<b>Tier-1-,Tier-2-,Tier-3-Internetaanbieter</b>	In diesem Bericht ein Begriff für den Rang eines internationalen Betreibers auf der Grundlage seiner Größe und globalen Abdeckung von IP-Adressen. Tier-1-Betreiber sind so groß, dass sie für eine vollständige Anbindung an das Web niemals Transitleistungen von anderen Betreibern in Anspruch nehmen müssen und stattdessen höchstens im Rahmen von Peering-Beziehungen eine Zusammenschaltung vornehmen.
<b>Transitanbieter</b>	Internationale Betreiber, die IT-Transitleistungen anbieten.
<b>Uneingeschränkt verfügbare Kapazität</b>	Die Menge an Verbindungskapazität, die für einen bestimmten Nutzer vorgehalten wird (Synonym für die garantierte Mindestkapazität).
<b>Verbreitung über das Internet</b>	Der Dienst zur Übertragung von Daten von einem Anwendungsserver zum Endnutzer.
<b>Verfügbarkeit</b>	In diesem Bericht das Ausmaß, in dem eine bestimmte Verbindung oder Ressourcen zur Nutzung verfügbar sind. Angegeben wird sie in Form eines Prozentualen Anteils (das heißt als Verhältnis zwischen der Gesamtzeit, die eine Verbindung oder Ressource innerhalb eines bestimmten Intervalls genutzt werden kann, und der Länge dieses Intervalls).
<b>Webbeschleunigung</b>	Eine technische Lösung, die den Zugang zu Internetanwendungen vereinfacht und ihre Leistung steigert
<b>WebM/VP9</b>	Eine Kompressionstechnologie für Videodateien.
<b>xDSL</b>	Digitale Teilnehmeranschlussleitung, eine Technologie, die die Übertragung von Breitbanddaten über Kupferkabel (die für Telefonleitungen verwendet werden) ermöglicht. Das X steht für die Hauptvarianten, z. B. ADSL (bis zu 20 Mbit/s Download) oder VDSL (bis zu 70 Mbit/s Download).
<b>Zusammenschaltung</b>	Die Zusammenlegung von zwei verschiedenen Netzen.
<b>Zwischenspeicherung</b>	In diesem Bericht die Speicherung von Inhalten in größerer Nähe zu den Internetnutzern, die darauf zugreifen.

# Verfasser

---

Wenn Sie weitere Informationen erhalten oder zu den hier aufgeworfenen Fragen und deren Bedeutung für Ihr Unternehmen ein Gespräch in informellen Rahmen vereinbaren wollen, wenden Sie sich bitte an:



**Gregory Pankert**

Partner

Telecommunication, Information Technology,  
Media and Electronics practice

Arthur D. Little, Brüssel

Mobil +32.473.99.72.27

pankert.gregory@adlittle.com



**Andrea Faggiano**

Principal

Head of Strategic Advisory Services for  
Competition and Regulation -TIME

Arthur D. Little, Rom

Mobil +39.335.784.4995

faggiano.andrea@adlittle.com



**Karim Taga**

Global Practice Head

Telecommunication, Information Technology,  
Media and Electronics practice

Arthur D. Little, Wien

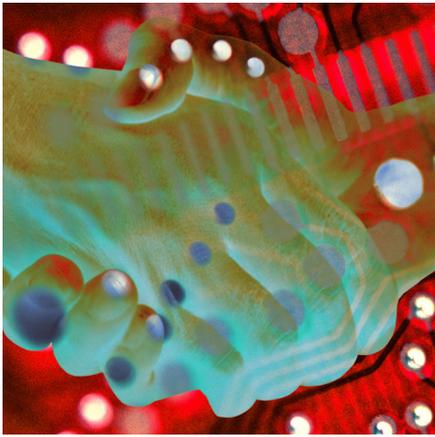
Mobil +43.664.230.7189

taga.karim@adlittle.com

## Danksagungen

An dieser Stelle möchten wir allen Führungskräften aus der Branche und politischen Entscheidungsträgern unseren Dank für ihre konstruktiven Beiträge zu unserer Studie aussprechen und besonders auch Giulia Strusi und Francesco Sabatini aus dem Team von Arthur D. Little, die mit Entschlossenheit und Leidenschaft an ihrer Fertigstellung gearbeitet haben.

Liberty Global erteilte Arthur D. Little den Auftrag, eine Studie über Innovation und Investitionen bei der IP-Zusammenschaltung auszuarbeiten. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, mit einer objektiven Analyse der zentralen Trends sowie der empirischen Belege und einer ganzheitlichen Betrachtungsweise einen konstruktiven Beitrag zur Debatte zu leisten, welcher gegenwärtig innerhalb der Branche, Politik und Regulierung eine hohe Priorität beigemessen wird. Die Studie enthält die Einschätzungen von Arthur D. Little zum Thema der IP-Zusammenschaltung, die sich ausgehend von öffentlich verfügbaren Informationen auf eine Analyse der Branche, Fallstudien und Unternehmensbeispiele stützen. Im Rahmen der Erstellung der Studie wurden mehr als 30 internationale Führungskräfte der Branche und politische Entscheidungsträger in Interviews befragt. Ihre Expertise floss in die vorliegende Arbeit ein. Die Studie liefert den zentralen Interessenträgern im öffentlichen und privaten Sektor eine Diskussionsgrundlage zu einer Vielzahl von Fragen im Zusammenhang mit der Entwicklung der IP-Zusammenschaltung sowie künftigen strategischen, politischen und regulatorischen Prioritäten.



## Arthur D. Little

Als erste Unternehmensberatung der Welt ist Arthur D. Little seit mehr als 125 Jahren am Markt erfolgreich. Wir verbinden Strategie, Innovation und Technologie mit profunder Industrieexpertise. Wir unterstützen unsere Klienten mit nachhaltigen Lösungen für Probleme komplexer Geschäfte und Prozesse. Arthur D. Little hat einen kooperativen Arbeitsstil, außergewöhnliche Mitarbeiter und eine firmenweite Verpflichtung an Qualität und Integrität.

Als globales Unternehmen ist Arthur D. Little mit Büros in den wichtigen Geschäftszentren weltweit vertreten. Arthur D. Little ist stolz, viele der Fortune 500 Unternehmen weltweit zu beraten wie auch andere führende Firmen und Körperschaften des privaten und öffentlichen Sektors.

Für weitere Informationen besuchen Sie bitte **[www.adl.com](http://www.adl.com)**

Copyright © Arthur D. Little und Liberty Global 2014.  
Alle Rechte vorbehalten.

[www.adl.com/ZukunftInternet](http://www.adl.com/ZukunftInternet)