Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Nationaler IT Gipfel
Dresden 2010

IKT-Standort und innovative Anwendungen für die Wirtschaft

Digitale Infrastrukturen als Enabler für innovative Anwendungen

Innovative IT-Angebote des Staates

Vertrauen, Datenschutz und Sicherheit im Internet

Verantwortung und Schutz in der vernetzten Gesellschaft

Bildung und Forschung für die digitale Zukunft

Sonderthema: E-Health/Gesundheitstelematik

Regionalthema: Mikroelektronik und IT Cluster Sachsen

Fünfter Nationaler IT-Gipfel

Technische Aspekte Offener Zugangsnetze

AG 2 im Nationalen IT-Gipfel

www.bmwi.de

Redaktion
Arbeitsgruppe 2
„Digitale Infrastrukturen
als Enabler für innovative
Anwendungen“
Projektgruppe
„Technische Aspekte
Offener Zugangsnetze“

Gestaltung und Produktion
PRpetuum GmbH, München

Bildnachweis
itestro – Fotolia (Titel)
Bundesregierung und
beteiligte Unternehmen

Herausgeber
Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit/L2
10115 Berlin
www.bmwi.de

Stand
November 2010

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Fünfter Nationaler IT-Gipfel

Technische Aspekte Offener Zugangsnetze

AG 2 im Nationalen IT-Gipfel

Inhalt

Managementzusammenfassung und Empfehlung 8

1. Definition und Prinzip Offener Zugangsnetze 10
1.1 Fokus Offener Zugangsnetze und Zusammenschaltung von Netzen 10
1.2 Zu betrachtende Netze und Technologieneutralität 11
1.3 Definition von Open Access in Glasfasernetzen 12
1.4 Zentrale Bestandteile von Open Access 13
1.5 Generelle technische Aspekte von Open Access 13

2. Abdeckung von Applikationen in Offenen Zugangsnetzen 14

3. Architektur Offener Zugangsnetze 16
3.1 Referenzarchitekturen 18
3.1.1 Referenzarchitektur für ein passives Zugangsnetz 18
3.1.2 Referenzarchitektur des Breitband-Forums für ein aktives Zugangsnetz 18
3.2 Typische Strukturen und Grundanforderungen für Open-Access-Systeme 19
3.3 Technologieunabhängigkeit Offener Zugangsnetze 21
3.4 Beispiele für die Realisierung Offener Glasfaser-Anschlussnetze 23
3.5 Einbindung Offener Zugangsnetze in bestehende und zukünftige Netzstrukturen 24

4. Dienste und Applikationen im Offenen Zugangsnetz 26
4.1 Qualitätsanforderungen und Service Level Agreements 26
4.1.1 Qualitätsanforderungen 26
4.1.2 Service Level Agreement 27
4.1.3 Qualitätsanforderungen ausgewählter Dienste 28
4.2 Control und Policy von Diensten und Applikationen 28

5. Betriebliche Aspekte Offener Zugangsnetze 31
5.1 Netz- und Businessmanagement 31
5.2 Netzmanagement, Prozesse und Business-to-Business-Schnittstellen 32
5.3 Netz- und Prüftechnik 34
5.4 Zuverlässigkeit und Sicherheit Offener Zugangsnetze 35
5.4.1 Grundsätzliche Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit 35
5.4.2 Zugriffsmöglichkeiten auf Open-Access-Systeme 35
5.4.2.1 Benutzerverwaltung 35
5.4.2.2 Zugriffsverwaltung 35
5.4.2.3 Externe Nutzer 35
5.4.3 Erkennung von Angriffen auf das Open-Access-System 35
5.4.4 Datensicherheit im Betrieb 35
5.4.5 Sichere Kommunikation zwischen Netzkomponenten 36
5.4.6 Brauchbarkeitsdauer und Verfügbarkeit 36
5.5 Regulatorische Anforderungen 36
5.5.1 Legal (Lawful) Interception/G10-Anforderungen 36
5.5.2 Standortermittlung bei Notruf 36
5.5.3 Katastrophenberechtigung 37

6. Interoperabilität von Offenen Zugangsnetzen . . . 38
6.1 Allgemeine Ziel der Interoperabilität . . . 38
6.2 Mögliche Schnittstellen für Interoperabilität Offener Zugangsnetze . . . 39
6.3 Trennung von Transportfunktion und Steuerung von Verbindungen und Anwendungen . . . 40
6.3.1 Die Transportschnittstelle A10-NSP . . . 40
6.3.2 Interoperabilität über Bitstream-Zugang und IMS-Funktionalität . . . 42
6.3.3 Die Signalisierungs- und Steuerungsschnittstellen im IMS . . . 42
6.4 Die Signalisierungsbezugspunkte für die Interoperabilität . . . 44
6.4.1 Beschreibung der Bezugspunkte für Interoperabilität . . . 45
6.4.1.1 Bezugspunkt Rs . . . 45
6.4.1.2 Bezugspunkt Ri . . . 45
6.4.1.3 Bezugspunkt Rw . . . 46
6.4.1.4 Bezugspunkt Rc . . . 46
6.4.1.5 Bezugspunkt Rn . . . 46
6.4.1.6 Bezugspunkt Rh . . . 46
6.4.1.7 Bezugspunkt Rm . . . 46
6.4.1.8 Bezugspunkt Ru . . . 46
6.4.1.9 Bezugspunkt Rt . . . 46
6.4.1.10 Bezugspunkt Rp . . . 47
6.4.1.11 Bezugspunkt Rd . . . 47
6.4.1.12 Zusammenfassung . . . 47
6.5 Aufsetzen von netzweiten Applikationen . . . 48
6.5.1 Zusammenschaltung von IMS-Providern . . . 48
6.5.2 Zusammenschaltung von IMS-Providern mit PSTN/ISDN-Emulation-Providern . . . 48
6.5.3 Zusammenschaltung von IMS-Providern mit Internet-based VoIP-Providern . . . 49

7. Zukünftige technische Entwicklungen des Offenen Zugangs . . . 50
7.1 Service-Delivery-Plattform für den Offenen Zugang zu Applikationen . . . 50
7.2 Future Networks . . . 51
7.3 Weiterentwicklung von Ethernet-Punkt-zu-Punkt-Technologien . . . 53
7.4 Weiterentwicklung von PON-Architekturen . . . 54
7.5 Next Generation Open Access (NGOA) . . . 54
7.6 Das Offene Optische Zugangsnetz im Sinne von OLI . . . 56

8. Empfehlung aus technischer Sicht . . . 58

9. Referenzen . . . 59

10. Nützliche Links . . . 59

Anlage 1: Glossar . . . 60

Anlage 2: Übersicht der Beteiligten und der Unternehmen . . . 64

Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Abgrenzung zwischen Offenem Zugang und Zusammenschaltung von Netzen 10
Bild 2: Abgrenzung Offener Zugangsnetze und Begriffe 11
Bild 3: Zuordnung von Bandbreiten zu Applikationsanforderungen 14
Bild 4: Strukturelle Formen von Open Access 16
Bild 5: Aufbau Offener Zugangsnetze 17
Bild 6: Beispielhafte Darstellung einer passiven FTTH-Netzarchitektur 18
Bild 7: Beispielhafte Darstellung einer Breitband-Plattform für IP-Dienste 19
Bild 8: Unterschiedliche FTTH-Technologiekonzepte für die gleiche Versorgungsaufgabe 20
Bild 9: Rollen innerhalb von Open-Access-Geschäftsmodellen 21
Bild 10: Mögliche Geschäftsmodelle im Open Access 22
Bild 11: Offenes FTTX-Zugangsnetz mit Open-Access-Schnittstellen 23
Bild 12: Einbindung des NGA in die NGN-Netzarchitektur 24
Bild 13: Potenzielle Übergabepunkte 25
Bild 14: Referenzmodell für ein Multi-Service-Breitbandnetz 25
Bild 15: QoS und SLA 26
Bild 16: Beispielhafte QoS-Anforderungen an ausgewählte Dienstegruppen 28
Bild 17: RACS und NASS in der ETSI/TISPAN-Referenzarchitektur 29
Bild 18: NGN-Attribute eines erfolgreichen Netzes 30
Bild 19: Open Access Next Generation Operation Support System (Open Access NG-OSS) 31
Bild 20: Grundstruktur der Zusammenarbeit von OSS/BSS im Open Access 32
Bild 21: Ablaufschema des Bestellprozesses in Offenen Netzen 33
Bild 22: TMF-Plattform als Beispiel integrierter Prozesse 34
Bild 23: Beispiel für einen passiven optischen Demarkationspunkt (Reflektor) 34
Bild 24: Trennung von Transport und Steuerung als Basis für Interoperabilität 40
Bild 25: Schnittstelle für den L2- und L3-BSA 41
Bild 26: Interoperabilität über Bitstream-Zugang 42
Bild 27: IMS als einheitliche Open-Access-Plattform in der Signalisierungs- und Steuerungsebene 43
Bild 28: Bezugspunkte für Interoperabilität 44
Bild 29: Zusammenschaltung von Netzbetreibern 48
Bild 30: Service-Delivery-Plattform 50
Bild 31: Future Internet Vision 51
Bild 32: Prognose zum Energieverbrauch von Laser-Modulen 53
Bild 33: Erweiterungen zukünftiger Glasfasersysteme am Beispiel von PON-Architekturen 54
Bild 34: Aufteilung des Spektralbandes gemäß NGOA 55
Bild 35: Beispiel einer konvergierten Netzarchitektur für optische Basisdienste im Zugangsnetz 56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bandbreiten heutiger und zukünftiger Dienste im Open Access 15
Tabelle 2: Tabelle der Bezugspunkte nach ITU-T 47

Vorbemerkungen und Zielsetzung

Breitbandentscheidungen werden in der Regel im techno-ökonomischen Umfeld getroffen. Mit diesem Beitrag „Technische Aspekte Offener Zugangsnetze“ soll prinzipielles Verständnis technischer Notwendigkeiten und der Zusammenhänge von Netzfunktionen Offener Zugangsnetze im Gesamtverbund von Netzen der nächsten Generation (Open Access) geweckt werden, um so nachhaltigen Netzausbau möglich zu machen.

Trotz regional und lokal entstehender moderner und gegebenenfalls recht diverser Breitbandinfrastrukturen müssen flächendeckend Open-Access-Anwendungen möglich sein.

Dazu werden technische Schnittstellen und Spielregeln prinzipiell vom Verständnis her beschrieben, aber keine Standardisierung durchgeführt. Vielmehr werden technische Kriterien definiert und auf bereits vorhandene Standards und Referenzarchitekturen[1] hingewiesen, um so Interoperabilität durch gemeinsame Schnittstellen sicherzustellen und die Weiterentwicklung anzuregen.

Marktrelevante, wirtschaftliche, finanzielle, regulatorische, rechtliche und politische Aspekte und Regelungen zwischen den Mitspielern von Offenen Zugangsnetzen sind nicht Thema dieser Ausarbeitung, sondern werden in einem separaten Beitrag „Open Access“ behandelt. Beide Dokumente sind eng aufeinander abgestimmt.

Die Tiefe und allgemeine Verständlichkeit des Dokuments ist am Adressatenkreis von Politikern, Einrichtungen und Unternehmen der Kommunen, Entscheidungsträgern, Projektinvolvierten des Breitbandausbaus und der Telekommunikationsbranche ausgerichtet.

1 Es gibt in diesem Bereich unterschiedliche und unabhängige Standardisierungsgremien wie z. B.ETSI/TISPAN, 3GPP, ITU-T, IETF, FTTH-Council, Broadband-Forum, MEF etc., die nur lose gekoppelt sind, aber Absprachen über Verantwortlichkeiten haben. Oft referenzieren sie sich gegenseitig, um Doppelarbeit zu vermeiden. Es gibt aber auch Themen, die durch gleiche oder ähnliche Standards in den verschiedenen Gremien bearbeitet werden.

Managementzusammenfassung und Empfehlung

Entwicklungen in anderen Ländern zeigen, dass der Aufbau paralleler Infrastrukturen im Festnetz zur Breitbandversorgung wirtschaftlich nicht zu vertreten ist. Um dennoch Wettbewerb zu gewährleisten, muss man auf das Konzept und die Geschäftsmodelle Offener Zugangsnetze (Open Access) zurückgreifen, die es dem Endkunden erlauben, Dienste und Applikationen unterschiedlichster Diensteanbieter über das gleiche Breitbandnetz in Anspruch nehmen zu können, und alternative Netzbetreiber zulässt.

Die Anforderungen an Offene Zugangsnetze werden dabei von sehr unterschiedlichen Anwendungen getrieben, deren Bandbreite sich von mehreren kbit/s bis in den 10-Gbit/s-Bereich erstrecken kann und deren Qualitätsanforderungen applikationsabhängig sind. Dies hat sehr starke Auswirkungen auf die Architektur Offener Zugangsnetze. Im folgenden technischen Konzept werden glasfaserbasierte Festnetze betrachtet, die aktuell bei vielen Netzbetreibern und Infrastrukturanbietern in Planung bzw. bereits im Aufbau sind. Andere Netze und Technologien, basierend auf Funk und Kupferkabeln (Doppeladern, Koaxialkabel, Powerline) und deren Kombinationen, sind nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung.

Zugangsnetze sind die Transportwege zwischen Nutzern und den Diensten. Nutzern ermöglichen sie den Zugang zu den unterschiedlichen Diensten, während sie Anbietern damit erst die Vermarktung ihrer Produkte erlauben. Moderne Zugangsnetze werden üblicherweise diensteneutral ausgerichtet, d.h., die Zugangsnetze stellen nur die Übertragungskanäle entsprechend der für den jeweiligen Dienst geforderten Eigenschaften bereit. Die Realisierung der Dienste geschieht erst in den Endgeräten und den dazwischen liegenden notwendigen Netzfunktionen für die Telekommunikation oder im Zugang zu den unterschiedlichen Applikationsservern.

Die übliche Architektur Offener Zugangsnetze unterscheidet die passive und aktive Infrastruktur, die Netzebene, die Diensteebene und die Technik im Endkundenbereich. Die passive Infrastruktur umfasst Kabelgräben, Kabelkanäle und Glasfaserkabel. Das aktive Netz setzt auf diese Infrastruktur auf und besteht aus Netzgeräten und -systemen sowie Geschäfts- und Betriebsunterstützungssystemen, die im Verbund mit Diensteanbietern dem Endkunden unterschiedlichste Anwendungen erlauben. Glasfaserbasierte Zugangsnetzarchitekturen sind vom Typ FTTx, wobei das „x“ die jeweilige Realisierungsvariante beschreibt. In diesem Zusammenhang unterscheidet man im Wesentlichen zwischen Fiber to the Curb (FTTC), Fiber to the Building (FTTB) und Fiber to the Home (FTTH). Da mit jeder Stufe die Glasfaser näher an den Kundenstandort kommt und damit auch die für den Kunden verfügbare mögliche Bandbreite ansteigt, wird hiermit auch eine mögliche Migrationsstrategie beschrieben. Um aber die Breitbandanforderungen von heutigen und zukünftigen Anwendungen abdecken zu können, werden hier speziell die Glasfasernetze mit FTTB/FTTH-Technologien näher betrachtet.

Offene Zugangsnetze können heute mit unterschiedlichen Technologien realisiert werden. Abhängig von den Anforderungen aus Kundensicht und wirtschaftlichen Randbedingungen können Offene Zugangsnetze als aktive (Active Optical Network, AON) oder passive (Passive Optical Network, PON) Zugangsnetze mit Glasfasertechnologien aufgebaut werden. Die Entscheidung für den Einsatz der optimalen Netztechnologie trifft der Betreiber der Zugangsnetze. Der Offene Zugang kann dabei als Leerrohr, als entbündelte Glasfaser, als die darauf transportierte Wellenlänge oder als Bit Stream Access (BSA) auf Layer 2 (z. B.Ethernet) oder Layer 3 (IP) angeboten werden. Ein BSA mit besonderen Eigenschaften wird in diesem Zusammenhang auch als virtueller Teilnehmeranschluss bezeichnet. Als Ausblick kann man sich auch einen Offenen Zugang von Diensteanbietern zu Applikationsvorprodukten im Layer 4 und folgenden vorstellen.

In Offenen Zugangsnetzen muss unterschiedlichen Leistungsmerkmalen und Qualitätsanforderungen von Diensten und Applikationen Rechnung getragen werden, da diese vertraglich relevant in Service Level Agreements (SLAs) ihren Niederschlag finden. Die SLAs liefern einerseits kundenspezifische Zugangskriterien zu bestimmten Diensten und andererseits die Vertragsgrundlage zwischen Kunden und Anbietern. Diese SLAs müssen nachprüfbar und nachvollziehbar sein und sollten standardisiert für definierte Dienste bzw. Zugangsprodukte in Offenen Zugangsnetzen ausgearbeitet werden.

Um Offene Zugangsnetze mit den dazugehörenden Diensten wirtschaftlich betreiben zu können, müssen unterschiedliche Aufgaben und Prozesse auf automatisierte Abläufe bei allen Beteiligten (Infrastrukturanbieter, Netzbetreiber, Diensteanbieter) abgebildet werden. Nur dies ermöglicht ein reibungsloses und zeitnahes Ineinandergreifen der Mitspieler in Offenen Zugangsnetzen und die zeitnahe Bereitstellung unterschiedlicher Dienste und Anwendungen beim Endkunden.

In Offenen Zugangsnetzen arbeiten Netzbetreiber mit unterschiedlichen Diensteanbietern zusammen. Um die Anschlüsse, beliebige Verbindungen und Applikationen der verschiedenen Anbieter nutzen zu können, sind einheitliche und standardisierte Schnittstellen und Referenzarchitekturen auf verschiedenen Betrachtungsebenen – Topologie, Physik, Transport, Dienstegüte (Quality of Service, QoS) und SLA, Signalisierung und Steuerung, DRM, Netzmanagement und Prozesse – und die Definition wesentlicher technischer Parameter für die Access-Produkte erforderlich. Die wichtigsten Fundstellen für einzuhaltende Standards und Referenzarchitekturen sind das Broadband-Forum, FTTH Council, MEF, ITU-T, ETSI/TISPAN, 3GPP und das Telemanagement Forum.

Für die Realisierung von Anschlüssen und Diensten über Offene Zugangsnetze müssen bereits heute geltende gesetzliche Vorschriften zur Ermöglichung einer richterlichen Überwachung in der Telekommunikation, der Standortermittlung bei Notruf und die Katastrophenberechtigung eingehalten werden.

Generell müssen auch in Offenen Zugangsnetzen die allgemeinen Schutzziele Vertraulichkeit, Integrität, Zurechenbarkeit, Manipulationssicherheit und Denial-of-Service-Immunität durch vernünftige und wirtschaftlich vertretbare Schutzfunktionen sichergestellt werden. Eine Manipulation durch Signalisierungen auf den Leitungsschnittstellen zum Kunden und Backbone muss technisch ausgeschlossen sein.

Zukünftige technische Entwicklungen werden auch Offenen Zugang zu Applikationsvorprodukten ermöglichen. Offene Zugangsnetze werden mit Sicherheit die Vorteile von IPv6 sowohl bei den Applikationen als auch bei den Netzfunktionen ausnutzen, um dem Stand der IP-Technologie Rechnung zu tragen. Neue Applikationen beziehen das Internet der Dinge auf eine semantische Art und Weise mit ein. AON- und PON-Architekturen werden in Bezug auf Reichweite, Verteilung und Anzahl der ausnutzbaren Wellenlängen weiterentwickelt. Es besteht sogar die Möglichkeit, dass jeder Endteilnehmer seinen eigenen Satz an Wellenlängen bekommt, mit einer – aus heutiger Sicht – unausschöpfbaren Bandbreite.

Für den weiteren Ausbau breitbandiger Zugangsnetze wird empfohlen, Investitionen schwerpunktmäßig für Infrastruktur und Technik zum Ausbau hochleistungsfähiger optischer Zugangsnetze einzusetzen. Die technischen und betrieblichen Konzepte dieser Netze sollten von Anfang an auf den offenen Zugang für andere Netzbetreiber ausgerichtet werden. Die dabei großenteils vorhandenen notwendigen Standardisierungen und Referenzarchitekturen der Standardisierungsgremien sind entsprechend anzupassen und weiterzuentwickeln.

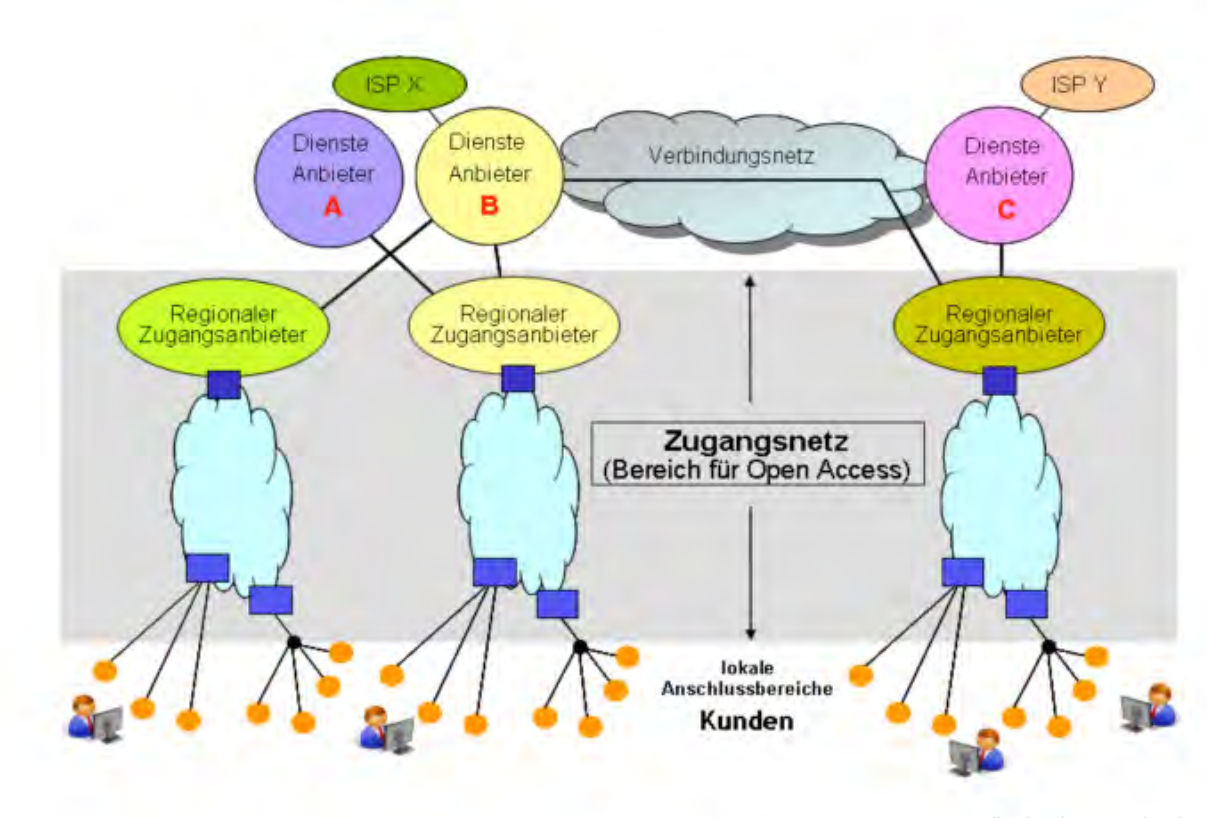
1. Definition und Prinzip Offener Zugangsnetze

Offene Zugangsnetze sollen Wettbewerb bei der Breitbandversorgung gewährleisten. Diese Netze stehen Diensteanbietern, Netzbetreibern und Infrastruktureigentümern zur Verfügung. Sie sind technologieunabhängig und offen für alle (Telekommunikations-)Unternehmen. Open Access berührt eine Vielzahl von Geschäftsmodellen. Dabei spielen vertragliche und technische Regelwerke für den offenen Zugang zu neuen Netzen die entscheidende Rolle. Die Offenen Zugangsnetze sind stark geprägt durch die zugrunde liegenden Geschäftsmodelle und die Dienste und Applikationen, die ermöglicht werden sollen. Im Folgenden werden die Begriffe „Open Access“ und „Offener Zugang“ synonym verwendet. Offener Zugang bezieht sich somit auch auf Netzfunktionen (z. B. Multicast, Mandantenfähigkeit, Signalisierung), die die Realisierung von Diensten und Applikationen erst erlauben. Zum Schutz des Open-Access-Anbieternetzes muss der Zugang über APIs oder geeignete Protokolle kontrolliert sein.

1.1 Fokus Offener Zugangsnetze und Zusammenschaltung von Netzen

Offene Zugangsnetze haben per se keine anwendungsbezogene Kommunikationsfunktionalität und sind in diesem Sinne untereinander auch nicht verbunden. Erst durch Netzfunktionen in höheren Netzebenen ist Kommunikation innerhalb eines Zugangsnetzes und zwischen ihnen möglich. Wesentliche Komponenten in diesen Netzebenen sind der Daten- und der Steuerungsebene zugeordnet und ermöglichen so durch Zusammenschaltung einen allumfassenden Austausch an Nutz- und Signalisierungsdaten. Hierdurch können netzübergreifende Dienste (z. B.VoIP, PWE3 etc.) realisiert werden.

Bild 1: Abgrenzung zwischen Offenem Zugang und Zusammenschaltung von Netzen



Quelle: Alcatel-Lucent und T-Labs

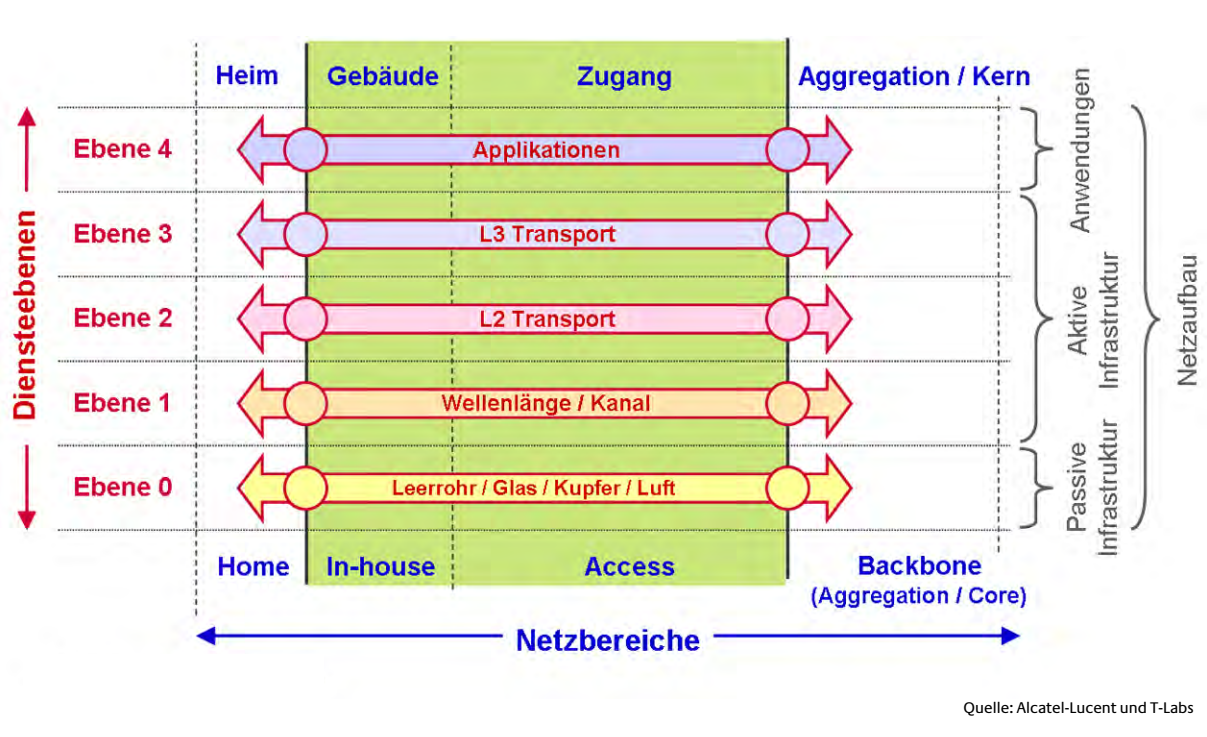
1.2 Zu betrachtende Netze und Technologieneutralität

Open Access ist grundsätzlich ein technologieneutrales Konzept und kann prinzipiell in verschiedenen Netzebenen angesiedelt werden. Der Offene Zugang bezieht sich somit auf die Möglichkeit der Inanspruchnahme von Vorleistungsprodukten durch alternative Anbieter in den verschiedenen Ebenen, wobei das Wertschöpfungspotenzial mit der Höhe der Einstiegsebene sinkt.

Zur Abgrenzung werden im Weiteren die Dienstebenen 0 bis 4 angesprochen, unabhängig von der zugrunde liegenden Infrastruktur (Glas, Kupfer, Koaxialkabel, Funk), wobei die Ebene 4 zukünftig speziell auch den Zugang zu Applikationen umfassen kann. Im vorliegenden Dokument werden vorerst nur FTTB- und FTTH-Netze betrachtet, da diese Netze den Schwerpunkt im zukünftigen Ausbau der Glasfaserzugangsnetze bilden werden.

Während FTTB/H sicher die langfristige Ziellösung darstellt, muss davon ausgegangen werden, dass die FTTC-Variante noch längere Zeit eine wichtige Rolle in den Zugangsnetzen der nächsten Generation spielen wird, da sie eine erheblich schnellere Flächendeckung durch Ausnutzung des bestehenden Kupfernetzes zwischen Kabelverzweigern und den angeschlossenen Haushalten mittels VDSL ermöglicht.

Bild 2: Abgrenzung Offener Zugangsnetze und Begriffe



Quelle: Alcatel-Lucent und T-Labs

1.3 Definition von Open Access in Glasfasernetzen

Open Access beschreibt Zugangsmodelle zur Forcierung des Glasfaserausbaus unter diskriminierungsfreier Bereitstellung des Zugangs für Dritte.

In Glasfasernetzen meint Open Access den diskriminierungsfreien Zugang auf aktiver und passiver Infrastrukturebene[2], der es anderen Netzbetreibern und Diensteanbietern ermöglicht, bundesweite Angebote an Verbraucher und Geschäftskunden zu richten. Dieser Zugang ist zeitnah und unter Verwendung standardisierter Prozesse, Schnittstellen und Vorleistungen sowie unter Einhaltung von Qualitätsstandards zu angemessenen Preisen zu gewährleisten. Bei der Gestaltung der Zugangspreise können die Nachfrager adäquat am Risiko des FTTH/FTTB-Ausbaus beteiligt werden.[3] Dies kann diskriminierungsfrei z. B. auch in Form von Kontingentabnahmen, längeren Vertragslaufzeiten oder auch Co-Investitionen geschehen und differenzierte Zugangspreise gegenüber einem risikolosen Zugang rechtfertigen. Bei Einhaltung der Open-Access-Regeln sollen Unternehmen und Investoren die Sicherheit haben, dass selbst für den Fall, dass Marktbeherrschung festgestellt werden sollte, auf konkrete Regulierungseingriffe verzichtet wird.

Damit schafft Open Access auf Grundlage marktwirtschaftlicher Mechanismen für alle Marktakteure und Investoren bestmögliche Investitionsbedingungen, eine optimierte Netzauslastung sowie faire Zugangsbedingungen. Privat- und Geschäftskunden profitieren von einem zügigen Infrastrukturausbau unter Beibehaltung wettbewerblicher Strukturen.

1.4 Zentrale Bestandteile von Open Access

Open-Access-Modelle sind gekennzeichnet durch folgende Elemente:

- Es sollen Zugang und Beteiligung auf verschiedenen Wertschöpfungsebenen gewährt werden. Dies bedeutet insbesondere ein Angebot von aktiven und passiven Zugangsprodukten. Bei den aktiven Zugangsprodukten muss nach Zugang auf verschiedene Ebenen unterschieden werden.

- Zugangsprodukte müssen für das Privat- und Geschäftskundengeschäft verfügbar sein. Hierbei sind die besonderen Anforderungen an Produkt- und Qualitätsmerkmale von Geschäftskunden zu berücksichtigen.

- Es müssen die technischen, prozessualen und kommerziellen Voraussetzungen dafür geschaffen werden, auch bundesweite Angebote möglich zu machen.

- Das Zugangsangebot muss zeitnah mit der Einführung des Endkundenangebots erfolgen, um Wettbewerb von Anfang an zu ermöglichen.

2 Zukünftig wird auf allen zugrunde liegenden Technologien auch die Anwendungsebene mit einbezogen werden müssen, die mittels offener APIs Zugang zu Applikationsprimitiven liefert.

3 Dies sieht auch der Europäische Gemeinschaftsgesetzgeber so und hat die Vorteilhaftigkeit von Risikoteilungsmodellen in Bezug auf die Förderung von Investition, Innovation und Wettbewerb in den novellierten Richtlinien verankert.

1.5 Generelle technische Aspekte von Open Access

Die kommerzielle Umsetzung von Open Access setzt die Klärung wichtiger technischer Fragestellungen voraus. Es ist festzulegen, wie der Zugang unter Berücksichtigung der Netzarchitektur und Wirtschaftlichkeit grundsätzlich zu bewerkstelligen ist. Leistungsdefinitionen, Schnittstellen und Prozesse müssen dabei interoperabel durch Einigung auf bestehende oder noch zu definierende Standards ausgestaltet sein. Damit wird der Zugang unterschiedlicher Diensteanbieter und Netzbetreiber zu den einzelnen Zugangsebenen ermöglicht.

Diese Betrachtungen sind nicht nur für im Aufbau befindliche FTTB/H-Netze anzustellen, sondern auch auf zukünftige FTTB/H-Netze auszudehnen, die sich bestehender oder neuer Technologien (z. B. WDM-PON, NG-Open-Access[4], D-PON[5]) bedienen werden.

Die Frage der Optimalität von Open Access bestimmt sich hierbei durch den Zielerreichungsgrad bei den einzelnen Open-Access-Kriterien (siehe Abschnitt 1.4). Ein passives FTTH-Point-to-Point-Glasfasernetz liefert bei Einsatz zielgerichteter Netzkomponenten (Glasfaserverteiler, Splitter, WDM, Switch, Router) beispielsweise die höchste Zahl von aktiven und passiven Zugangsprodukten (entbündelte Glasfaser oder Wellenlänge, BSA-L2, BSA-L3, Applikationen).

4 Mit einer derzeit theoretisch ausnutzbaren Bandbreite einer Glasfaser von ca. 60 THz können aus heutiger Sicht 1.000 Lambdas (Wellenlängen, Farben) pro Glasfaser mit je 1 Gbit/s dediziert sowohl downstream als auch upstream gemäß der Open Lambda Initiative (OLI) von Nokia Siemens Networks zur Verfügung gestellt werden.

5 D-PON, auch RFoG ist die Bezeichnung für DOCSIS über Glasfaser. Diese Variante wird immer dann verwendet, wenn bei bestehendem HFC-Netz Netzabschnitte mit Glasfaser bis zum Kunden ausgebaut werden, um zusätzliche Koaxialkabelverlegung zu vermeiden. Es sind auch kombinierte GPON/RFoG-Netze möglich. RFoG kann leicht in GPON migriert werden.

2. Abdeckung von Applikationen in Offenen Zugangsnetzen

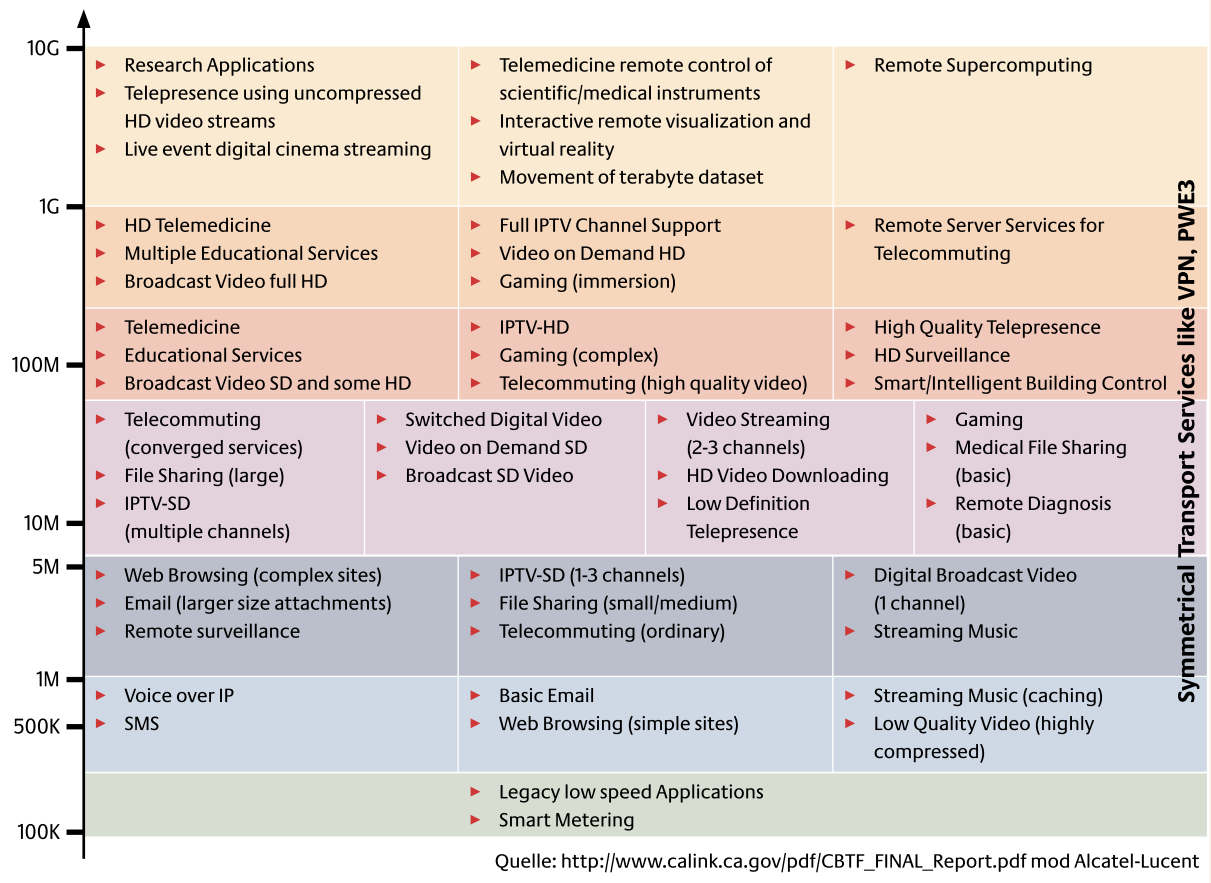
Eine umfassende und möglichst hochbitratige Breitbandversorgung[6] soll geschäftlichen und privaten Nutzern bedarfsgerechte netzweite und netzübergreifende Anwendungen erlauben. Die oft zitierte Aussage, dass sich mit höheren Bandbreiten keine absolut höheren Umsätze generieren lassen, ist nur die halbe Wahrheit, da im Wettbewerb bei gleichen Tarifen in der Regel der Anbieter mit höherer Bandbreite bevorzugt wird und somit im Vergleich höhere Umsätze hat.

Die hochbitratige Breitbandversorgung unterliegt dabei technologieunabhängig gewissen verkehrstheoretischen Gesetzmäßigkeiten. Demnach spielt neben der vertraglich zugestandenen Anschlussbandbreite auch die zur Verfügung gestellte Zubringerbandbreite für die Gesamtheit der Kunden im Versorgungsbereich unabhängig von der Technologie eine entscheidende Rolle.

Auch in Offenen Zugangsnetzen werden Anwendungen auf bestimmte Kundengruppen zugeschnitten sein. Daher wird man solche Diensteangebote nur realisieren, wenn das Breitbandangebot ausreichend ist. Potenzielle Applikationen liefern somit entscheidende Hinweise über die notwendige zukünftige Breitbandigkeit und deren Qualitätsanforderungen (Details siehe auch 4.1.1) unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens.

Die Übersicht der Applikationen mit den zugehörigen notwendigen Bandbreiten lässt erkennen, dass das Offene Zugangsnetz sowohl die Basis für derzeit relativ niedrigbitratige Dienste liefern soll, als

Bild 3: Zuordnung von Bandbreiten zu Applikationsanforderungen



Quelle: http://www.calink.ca.gov/pdf/CBTF_FINAL_Report.pdf mod Alcatel-Lucent

6 Die verkehrstheoretischen Aspekte der Verteilung und Aggregation des Kundenverkehrs für einen Versorgungsbereich kann unter [4] Abschnitt 2.4 nachgelesen werden.

Tabelle 1: Bandbreiten heutiger und zukünftiger Dienste im Open Access[7]

Service	Vorzugsrichtung	Bitrate
VoIP (komprimierter Codec)	up + down	12 kBit/s
VoIP (Standard Codec G. 711)	up + down	80 kBit/s
Internetradio, Standardqualität	down	200 kBit/s
Videotelefonie, Standardqualität	up + down	200 kBit/s
Internetradio, HQ	down	800 kBit/s
Videotelefonie, HQ	up + down	1 MBit/s
IPTV, Standardauflösung	down	3 MBit/s
IPTV, HDTV	down	10 MBit/s
IPTV, „4K HD“	down	35 MBit/s

Quelle: Funkschau NGN 2010

auch zukünftig für extrem hochbitratige Dienste im Gigabit-Bereich gewappnet sein muss. Daher ergibt sich für die zugrunde zu legende Technologie und Infrastruktur zwingend ein hohes Maß an Flexibilität und Migrationsfähigkeit für die langfristige Ausrichtung.

Neben den heute bereits weit verbreiteten Anwendungen wie Internetzugang, Sprachübertragung und IPTV wird das Offene Zugangsnetz in Zukunft viele Anwendungen transportieren, die für bestimmte Benutzergruppen wie z. B. Krankenhäuser (Gesundheitsdienste wie „Smart Senior“), Energieversorger (Smart Grid, Smart Metering) oder Firmenangehörige (Heimarbeitsplatz) zu konfigurieren sind. Diese Dienste erfordern spezielle Service Level Agreements in Bezug auf Zuverlässigkeit und Qualität der Übertragung sowie auch immer mehr Upstream- oder sogar symmetrische Bandbreite. Besteht beispielsweise bei der Videoüberwachung von Gebäuden die Anforderung von hohen Datenraten nur in die Richtung eines zentralen Servers, so erfordern klassische Transportdienste[8] für alternative Netzbetreiber und Geschäftskunden Symmetrie der Bandbreite.

Das Offene Zugangsnetz benötigt daher eine eindeutige Spezifikation in Bezug auf Quality of Service (Jitter, Latency, Paketloss), Zuverlässigkeit und verfügbarer Bandbreite für die verschiedenen Dienstegruppen, wie z. B. Sprache, Fernsehen (IPTV), Internetzugang, Videoübertragung und Premiumdienste mit hoher Verfügbarkeit.

Mit einem Glasfasernetz der neuen Generation lassen sich alle diese Anforderungen erfüllen, wenn die Architektur adäquat gewählt wird und die Komponenten von Anfang an mit der entsprechenden Flexibilität ausgestattet sind.

7 Stefan Höltken, Mehr Bandbreite fürs Entertainment, Funkschau NGN 2010.
8 VPN, PWE3-Festverbindungen.

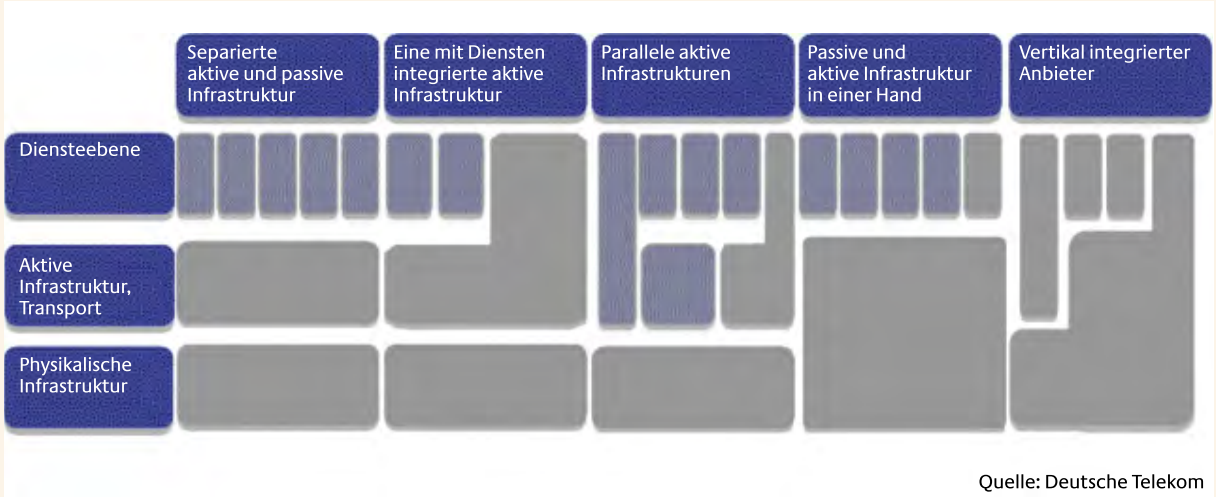
3. Architektur Offener Zugangsnetze

Zukunftssichere Breitbandzugangsnetze verwenden die Glasfaser als Übertragungsmedium. Offene Zugangsnetze bedeuten hier, dass an geeigneten Zugangspunkten des Breitbandzugangsnetzes standardisierte Schnittstellen verwendet werden, die den Einstieg in das Netz bzw. den Übergang zwischen unterschiedlichen Netzen ermöglichen können. Offene Zugangsnetze stehen Diensteanbietern, Netzbetreibern und Infrastruktureigentümern zur Verfügung. Sie sind technologieunabhängig und offen für alle (Telekommunikations-)Unternehmen. Open Access berührt eine Vielzahl von Geschäftsmodellen:

- Beim Modell 4 ist nur die Diensteebene von der Infrastruktur getrennt. Wie auch bei Modell 1 unterhält der Infrastrukturbetreiber keine direkte Endkundenbeziehung.

- Bei Modell 5 ist ein vertikal integriertes Unternehmen an Open Access beteiligt, unterhält direkte Endkundenbeziehungen und steht auf Ebene der passiven und aktiven Ebene im Wettbewerb mit anderen Unternehmen. Dieser Fall ist in der Realität häufig zu beobachten.

Bild 4: Strukturelle Formen von Open Access



Quelle: Deutsche Telekom

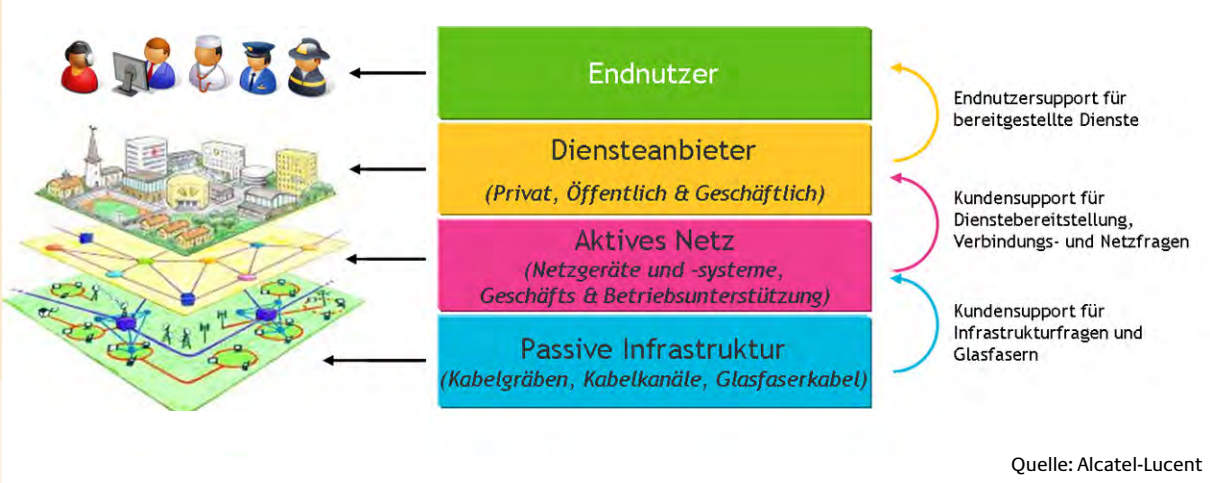
Die Grafik unterscheidet fünf Modelle:

- Modell 1 beschreibt eine zweifache Separierung; es ist mithin das „klassische“ 3-Ebenen-Modell. Hier findet sich ein Geschäftsmodell, bei dem ein Betreiber der aktiven Infrastruktur Zugang zur physikalischen Infrastruktur wie z. B. Leerrohre eines anderen Anbieters nachfragt. Auf der Diensteebene wird wiederum mehreren Diensteanbietern der Zugang ermöglicht.

- Modelle 2 und 3 stellen hingegen Mischformen dar, wobei der Betreiber der aktiven Infrastruktur zugleich integrierter Anbieter und auch auf Retailebene aktiv ist bzw. bereits auf Ebene der aktiven Infrastruktur im Wettbewerb mit anderen Betreibern steht. Beiden Modellen ist gemein, dass nur die passive Infrastruktur separiert ist.

Offene Festnetze für stationäre und nomadische Nutzung sind für die langfristige Zukunft vorbereitet, da die zugrunde liegende Infrastruktur eine langfristige Investition ist. Das aktive Netz ist hochflexibel und kann zielgerichtet aufgerüstet werden. Dies gilt auch für die Technik und das Spektrum von Angeboten der Diensteanbieter. Offene Festnetze können auch als Backhaul-Komponenten für Mobilfunknetzbetreiber dienen.

Bild 5: Aufbau Offener Zugangsnetze



Quelle: Alcatel-Lucent

Die einzelnen Spieler im Konzept der Offenen Netze[9] bauen aufeinander auf. Sie bieten einander Rechte, Leistungen und Support an, um im Verbund funktionierende Netz- und Geschäftsmodelle zu ermöglichen.

Den **Diensteanbietern** gehören die Dienst- und Applikationsserver; sie betreiben die Dienste.

Der **Netzbetreiber**

- besitzt die Netzausrüstung (Edge/Core/Access) bis hin zum Kunden (ggf. CPE/Netzabschluss),
- mietet ggf. Dark Fiber vom Infrastruktur-Eigentümer,
- betreibt das Netz,
- stellt die logischen Übertragungswege für die Dienste der Diensteanbieter bereit,
- sichert ggf. die Bereitstellung der Dienste im Namen der Diensteanbieter,
- stellt die Verbindung zum Endnutzer und zum Diensteanbieter bereit,
- stellt ggf. Endnutzerportale für Selbstanmeldung (Selbstregistrierung sowie automatische Bereitstellung) zur Verfügung,
- verbindet das Netz mit dem Backbone und anderen Telekommunikationsnetzen (z. B. Internet).

Der Infrastrukturbetreiber besitzt die Wegerechte und die passiven Vorleistungsprodukte wie Kanal- und Rohranlagen, das Glasfasernetz usw. Er koordiniert Grundstück- und Straßenbauarbeiten für Kabel, Kabelkanäle etc. und sichert ggf. definierte Netzabschlüsse beim Netzbetreiber und Endkunden.

9 Prinzipiell lässt sich die passive Infrastruktur noch weiter auf Rohre, Kanäle etc. und Glasfaserinfrastruktur sowie auf Wellenlängen aufteilen, um an internationale Diskussionen anzuknüpfen. Im aktiven Netz darüber hinaus noch auf Bitstream-Dienste (L2, L3).

3.1 Referenzarchitekturen

3.1.1 Referenzarchitektur für ein passives Zugangsnetz

Open Access auf Ebene 0 ist die gemeinsame Nutzung passiver Infrastruktur. Neben dedizierten Baumaßnahmen zum Aufbau von Breitbandinfrastruktur werden oft bei allgemeinen Infrastrukturmaßnahmen wie z. B. Straßenbau bzw. -sanierung, Gas-, Wasser- oder Elektrizitätsversorgung die notwendigen Baumaßnahmen erweitert, um Infrastrukturkomponenten für Breitbandnetze zu schaffen. Ein konkretes Beispiel ist die Mitverlegung von Leerrohren bei der Sanierung von Abwasserleitungen. Dabei ist zu beachten, dass für Breitbandinfrastruktur ggf. andere technische Randbedingungen gelten bzw. zu wirtschaftlichen Strukturen führen, als für andere Infrastrukturen. Als Referenzarchitektur für den Aufbau eines passiven FTTH-Netzes sei hier auf die Referenzarchitektur des FTTH Councils verwiesen (siehe S. 26 zu [6]).

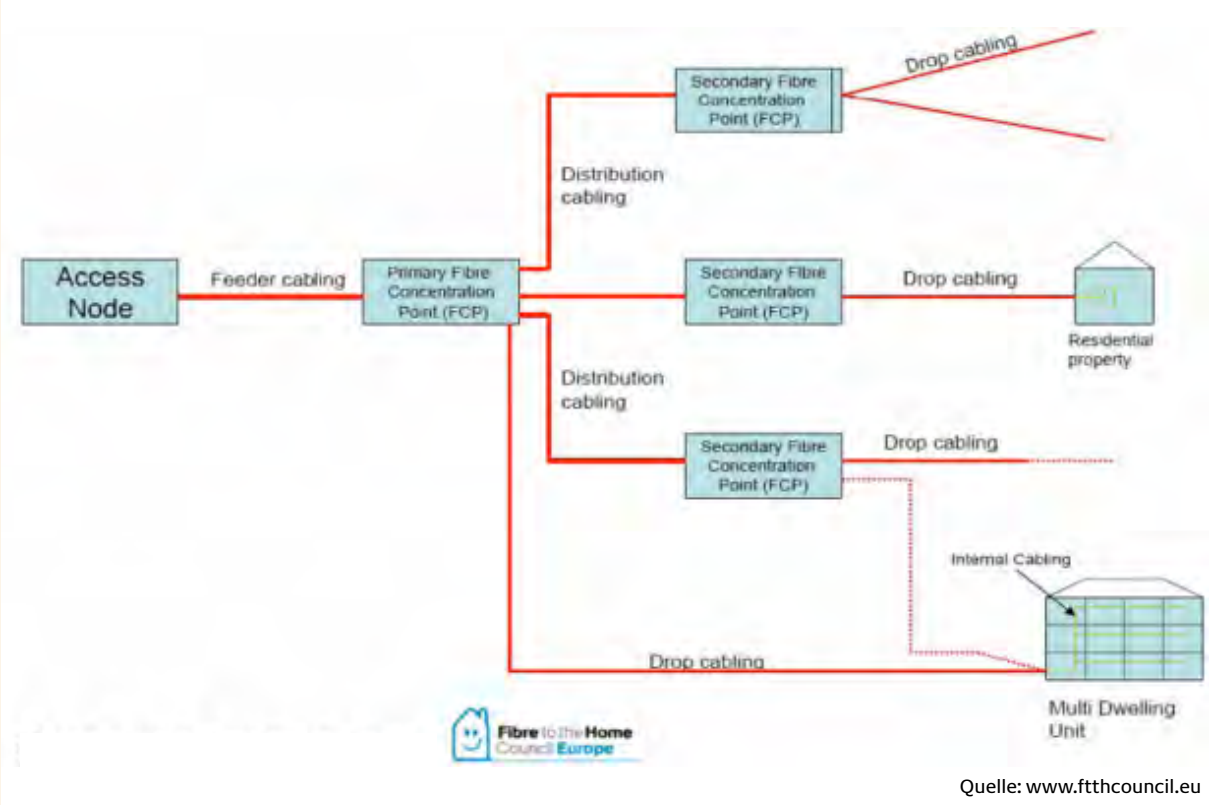
Im deutschen Sprachgebrauch wird in Anlehnung an den Aufbau des auf Kupfer basierenden Telefonnetzes der Deutschen Telekom oftmals der Primary Fiber Concentration Point (FCP) als Glasfaser-Hauptverteiler (GF-HVt) und der Secondary Fiber Concentration Point (FCP) als Glafaser-Kabelverzweiger (GF-KVz) bezeichnet.

Open Access auf Basis passiver Infrastruktur setzt voraus, dass für die Nutzer der Infrastruktur einfacher Zugang zum zentralen Konzentrationspunkt (Primary Fiber Concentration Point) besteht bzw. möglich ist.

3.1.2 Referenzarchitektur des Breitband-Forums für ein aktives Zugangsnetz

Aktive Zugangsnetze verbinden das Home-Netz des Nutzers mit den Diensteplattformen der Anbieter oder dem Dienstepaket eines exklusiven Diensteanbieters. Die Funktion der Zugangsnetze ist es, „Konnektivität“ zu liefern und den Nutzern den Zugang

Bild 6: Beispielhafte Darstellung einer passiven FTTH-Netzarchitektur



Quelle: www.ftthcouncil.eu

zu den von Ihnen gewünschten Diensten mit der gewünschten Qualität zu ermöglichen. Breitband-Zugangsnetze der nächsten Generation (Next Generation Access, NGA) werden diensteneutral ausgerichtet.

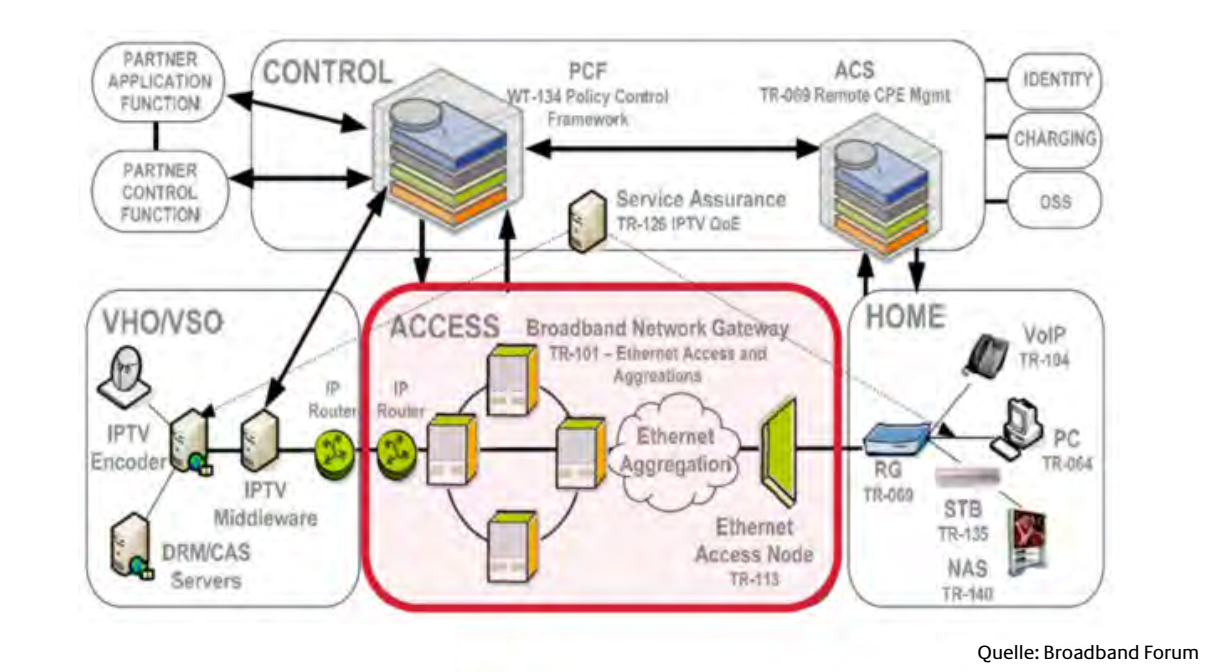
Die Plattform muss neben den mehr zugangsorientierten Diensten wie Sprache, Video, TV und Internet möglicherweise auch Transportdienste[11] wie VPN und (PWE3-)Festverbindungen ermöglichen, die hauptsächlich durch Geschäftskunden nachgefragt werden.

3.2 Typische Strukturen und Grundanforderungen für Open-Access-Systeme

Offene Zugangsnetze bedeuten, dass an geeigneten Punkten des Breitbandzugangsnetzes standardisierte Schnittstellen verwendet werden, die den Einstieg in das Netz bzw. den Übergang zwischen unterschiedlichen Netzen ermöglichen können. Es ist aber auch zu erwarten, dass sich je nach Situation unterschiedliche Technologievarianten entwickeln werden.

Das grundsätzliche Problem beim Ausbau der Open-Access-Zugangsnetze mit FTTB/FTTH-Technologien besteht darin, dass – abgesehen von der Versorgung von Einzelobjekten wie z. B. Bürogebäuden – wegen der hohen Verlegekosten aus ökonomischen Gründen immer ganze Stadtgebiete ausgebaut werden müssen.

Bild 7: Beispielhafte Darstellung einer Breitband-Plattform[10] für IP-Dienste

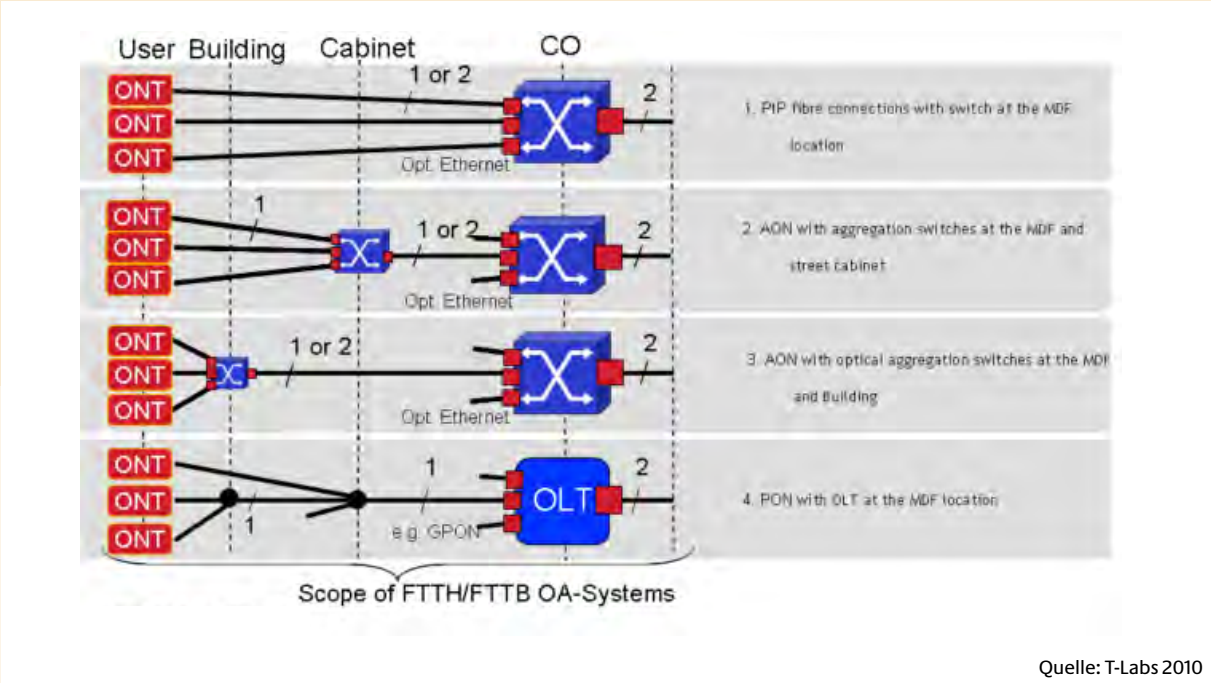


Quelle: Broadband Forum

10 Begriffe siehe Broadband-Forum, Technical Reports (TR).

11 Diese Dienste können in den Ebenen 0–3 des Gastgebernetzes realisiert werden, aber auch in den Gastnetzen durch Emulation. Wichtige Transportdienste in diesem Zusammenhang sind beispielsweise VPN (L2, L3), VPLS, Etherchannel, Fibrechannel (über IP) und PWE3 (Pseudowire Emulation Edge-to-Edge), der ATM-, FR-, EN-, PDH- und SDH-Emulation der unteren Ebenen nachbildet. Kritisch sind hierbei die Qualitätsanforderungen an das Gastgebernetz.

Bild 8: Unterschiedliche FTTH-Technologiekonzepte für die gleiche Versorgungsaufgabe



Quelle: T-Labs 2010

Von vornherein ist klar, dass die neuen Anschlüsse möglicherweise erst im Laufe der Zeit nachgefragt und aktiviert werden, wobei die übliche Nutzungsdauer von Kabeln und Kabelkanalanlagen – und damit ihre Abschreibung – bei mehr als 20 Jahren liegt; die Kosten pro Jahr wären für die Kalkulation der Preise von Vorprodukten und Dienstleistungen ansonsten zu hoch.

Aus den langjährigen Erfahrungen der Netzbetreiber lassen sich einige Best-Practice-Regeln für einen zukunftssicheren Netzausbau mit Open-Access-Systemen definieren:

- Langfristperspektive: Die neue Infrastruktur muss geeignet sein, auch den im längerfristigen Zeitraum zu erwartenden Anforderungen zu genügen.

- Stabil, aber flexibel: Bedarfsgerechte Erweiterungen um neue Anschlüsse oder ein Upgrade einzelner Anschlüsse müssen im Netz jederzeit möglich sein.

- Migration: Die Migration zu einer Nachfolgetechnologie auf der bestehenden Infrastruktur muss ohne Betriebsunterbrechung möglich sein.

Aus Sicht des Netzbetreibers gibt es einige weitere fundamentale Anforderungen an das Design eines FTTH/FTTB-Netzes mit Open-Access-Systemen:

- **Zero touch**[12]: Die Aktivierung und Änderung von Diensten sollte ohne Außeneinsätze des Technikpersonals möglich sein.

- **Keep it simple**: Heterogene und parallel betriebene Lösungen und Plattformen sind möglichst zu vermeiden.

- **All IP bevorzugt**: Endkundendienste werden in Zukunft vorzugsweise über das Internetprotokoll (IP) über übliche L2-Protokollstacks bereitgestellt. Daneben werden allerdings auch CaTV-Overlay bei HFC- oder RF-Overlay bei Glasanschlüssen und Speziallösungen wie RFoG (D-PON) koexistieren.

12 Zur Realisierung der entbündelten Glasfaser ist allerdings auch der Einsatz von optischen Schaltverteilern notwendig.

Seitdem FTTx-Anschlüssen installiert werden, gibt es die Diskussion „PON oder AON?“, d. h., Fachleute streiten darüber, ob aktive oder passive optische Zugangsnetzkonzepte die bessere Wahl für den Ausbau des Breitbandzugangs sind. Die Argumente sind vielfältig, die Diskussion zuweilen emotional.

Der aktuelle Stand der Diskussion lässt sich ganz grob so beschreiben: Im AON-Umfeld werden die Zukunftssicherheit und die einfache Bedienung der Systemtechnik herausgestellt, die PON-Befürworter betonen die Kosteneffizienz ihres Ansatzes bei gleicher Leistungsfähigkeit, wobei in den einzelnen Ebenen die Technologie nicht mit der physikalischen Struktur übereinstimmen muss.

Gemäß dem Postulat der Technikneutralität wird es jedem Netzbetreiber zukünftig freigestellt sein, das für ihn beste technische und wirtschaftliche Konzept für den Netzausbau mit Open-Access-Systemen zu wählen.

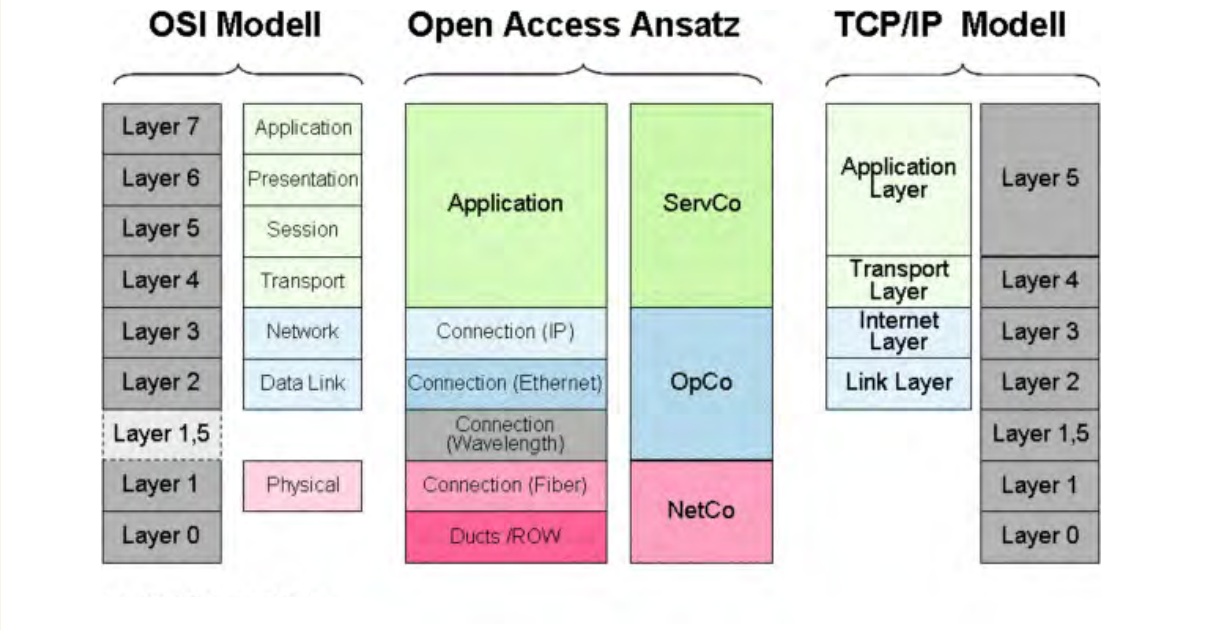
3.3 Technologieunabhängigkeit Offener Zugangsnetze

Üblicherweise wird für eine technologieunabhängige Beschreibung der Funktionen und Abläufe in Kommunikationsnetzen das generische ISO-Referenzmodell für die Kommunikation verwendet, das jedoch eher theoretischer Natur ist. Implementierungen hingegen werden im TCP/IP-Ebenenmodell durchgeführt. Um Missverständnisse zu vermeiden, ist im nachfolgenden Schaubild die Beziehung zu Bild 2 „Abgrenzung Offener Zugangsnetze und Begriffe“ dargestellt.

Bei einer Vermarktung von Rohranlagen, Wegerechten und unbeleuchteten Glasfasern (OSI-Layer 0-1) tritt der Eigentümer als Infrastrukturbetreiber „NetCo“ auf.

Bei einer Vermarktung von Zugangsprodukten auf den OSI-Layern 1,5-3, d. h. Aggregations- und Transportsystemen, tritt der Eigentümer als Netzbetreiber „OpCo“ auf. Die Eigentumsverhältnisse können sich auch komplett über die passive Infrastruktur erstrecken. Der Zugang zu den Kunden erfolgt in der Regel als übergabefähiger Bitstream-Access für andere

Bild 9: Rollen innerhalb von Open-Access-Geschäftsmodellen



Quelle: Alcatel-Lucent

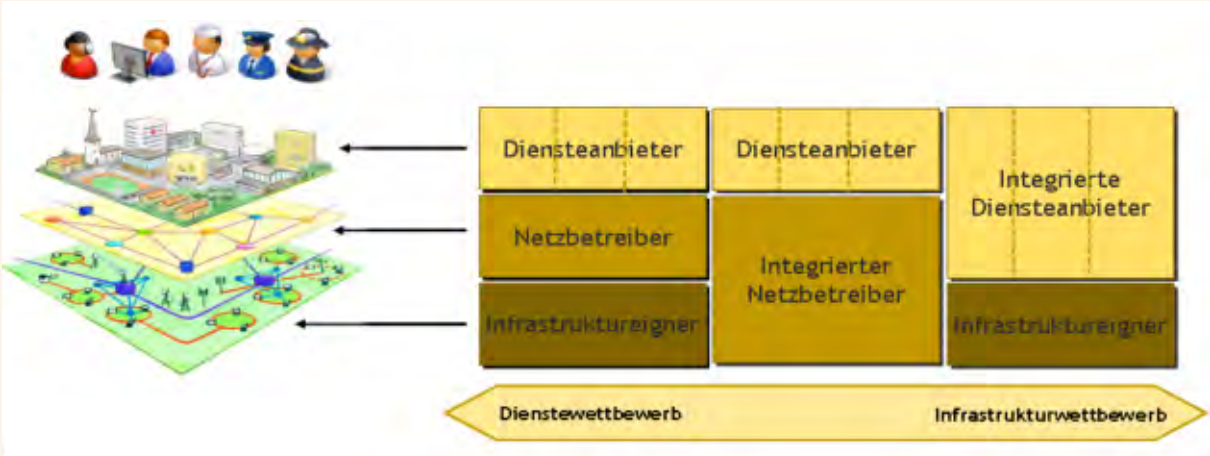
Netzbetreiber. Allerdings wird auch die Übergabe von Wellenlängen beispielsweise am Splitter von PONs diskutiert. Dies bedeutet, dass die Glasfaser auch bei PON zukünftig entbündelt werden kann und beliebige Netzbetreiber oder Serviceanbieter auf die Glasfaser Zugriff haben.

In diesem Modell ist die Nutzung der Wellenlängenebene (Layer 1,5) derzeit noch problematisch. Sie erfordert langfristig bindende Standardisierungsvorgaben und eine strenge Koordinierung, ansonsten kompliziert oder verhindert die fehlende Standardisierung die Migration zu WDM-Folgetechniken wie NG-PON/WDM-PON.

Ein Vermarkter von Offenen Zugängen mit darauf aufsetzenden Diensten ist derzeit in der Regel ein Vollanbieter, wobei der Diensteanbieter in den Netzebenen oberhalb Layer 3 als „ServCo“ bezeichnet wird. Zukünftig können auch Diensteanbieter auftreten, die neue Dienste oder Applikationen aus Vorleistungsprodukten von angebotenen Applikationsprimitiven kombinieren und vermarkten.

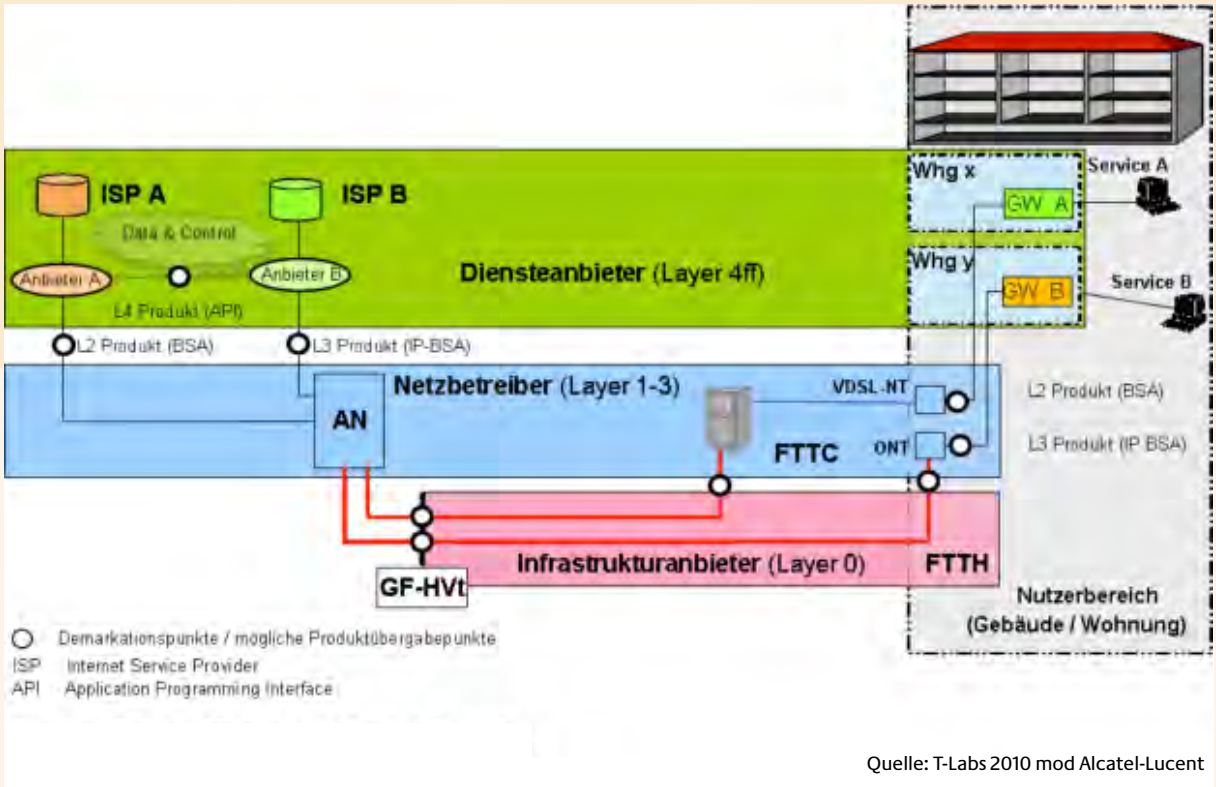
Wie oben dargestellt, sind bei der Realisierung des Open Access regional unterschiedliche Geschäftsmodelle zwischen Infrastrukturanbietern, Netzbetreibern und Serviceanbietern künftig möglich, aber abhängig von lokalen Marktgegebenheiten; der Infrastrukturwettbewerb ist nicht überall wirtschaftlich realisierbar.

Bild 10: Mögliche Geschäftsmodelle im Open Access



Quelle: Alcatel-Lucent

Bild 11: Offenes FTTX-Zugangsnetz mit Open-Access-Schnittstellen



Quelle: T-Labs 2010 mod Alcatel-Lucent

3.4 Beispiele für die Realisierung Offener Glasfaser-Anschlussnetze

Oben ist die Architektur eines praktischen Beispiels für die Realisierung eines Offenen FTTX-Zugangsnetzes mit den entsprechenden Open-Access-Schnittstellen von Vorleistungsprodukten dargestellt.

Ein technisches Netzmodell für den Open Access basiert auf

- einem Infrastrukturbetreiber im OSI-Layer 0 und 1, der eine Glasfaser-Infrastruktur von einem definierten Punkt bis zu einem definierten Übergabepunkt im Haus realisiert hat,

- einem Netzbetreiber, der auf der Glasfaser-Infrastruktur im OSI-Layer 2 und 3 eine technische FTTH-Lösung aufgesetzt hat und Endkunden ggf. ein eigenes Dienstepaket anbietet,

- Diensteanbietern, die ab OSI-Layer 4 definierte Services anbieten und ggf. untereinander Offenen Zugang vereinbaren.

Mögliche Demarkationspunkte für die Übergabe von Vorprodukten zeigt das Bild 11. Wesentliche Übergabepunkte sind für den Infrastrukturbetreiber der Glasfaser-HVt und der ONT auf der Teilnehmerseite. Für den Netzbetreiber wäre die Vorzugsvariante ein Bitstream-Access (BSA) an Standorten ausgewählter Konzentrationspunkte in der oberen Netzebene (Aggregations- und Kernnetz).

3.5 Einbindung Offener Zugangsnetze in bestehende und zukünftige Netzstrukturen

Kommunikationsnetze der nächsten Generation (NGN) sind Universalnetze. Die gemeinsame Transportschicht für die unterschiedlichen Dienste ist der IP-Layer, der Zugang zu den unterschiedlichen Diensten führt über das IP-Kernnetz. Das kundenseitige Portal zum IP-Kernnetz ist der Breitband-Point-of-Presence (BB-PoP); hier befindet sich der Remote Access Server (RAS), der als logischer Endpunkt das Zugangsnetz terminiert und die Sitzungsparameter entsprechend den AAA-Funktionen (Authentifizierung, Administrierung, Abrechnung) zuweist, während der Label Edge Router den Übergang zum IP-Kernnetz darstellt.

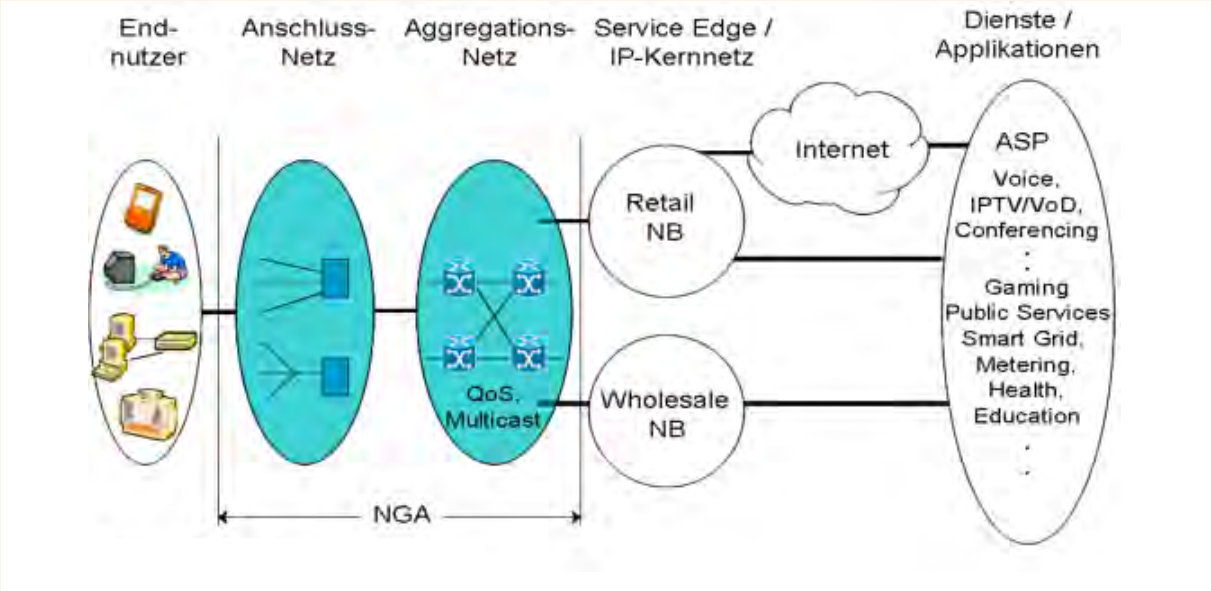
Das Zugangs- oder Anschlussnetz verbindet nun die Breitbandkunden mit dem BB-PoP. NGA-Netze (Next Generation Access) sind üblicherweise aus ökonomischen Gründen als mehrstufige Netze realisiert. Im kundennahen Anschlussbereich wird die Fläche erschlossen, die Teilnehmer werden mit dem Zugangsnetz verbunden. Die netzseitigen Ausgänge mehrerer Zugangsnetze werden im Aggregationsnetz zusammengefasst und dem BB-PoP zugeführt. Bild 12 zeigt schematisch die Einbindung des NGA-Netzes als Bindeglied zwischen dem Nutzer und dem IP-Kernnetz mit den Diensteplattformen.

Während die möglichen Vorleistungsprodukte für den passiven Layer 0 auf den Bereich des eigentlichen Zugangsnetzes beschränkt sind, muss für die Bitstrom-Vorleistungsprodukte des Layers 2 und 3 auch der Aggregationsbereich mit betrachtet werden. Der Grund dafür ist, dass übliche Realisierungen einen Teil der erforderlichen Netzfunktionen für die Bitstrom-Vorleistungsprodukte wie z. B. QoS-Anforderungen und Multicast im Aggregationsbereich darstellen.

Mögliche Übergabepunkte für die Bitstrom-Produkte sind in Bild 13 dargestellt. Während die vertikale Achse den jeweiligen Typ des Vorproduktes angibt, zeigt die horizontale Achse die Lage der möglichen Übergabepunkte, wobei von links nach rechts das versorgbare Kundenpotenzial zunimmt. Während im Gebäude die mögliche Zahl der erreichbaren Nutzer in der Größenordnung von 10 bis 20 liegt, am KVz 100 bis 200 und am Anschluss-Netz von einigen 1.000, sind dies am BB-PoP mehrere 10.000 Nutzer.

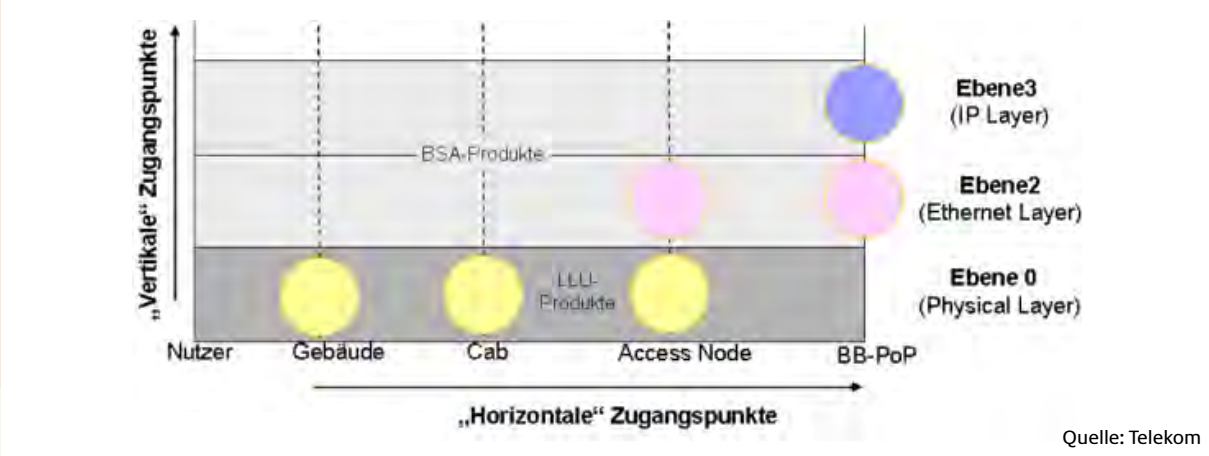
Wie Bild 13 zeigt, befindet sich der universale Übergabepunkt für BSA-Produkte am BB-PoP. Hier sind beide Bitstrom-Produkte verfügbar, obwohl für

Bild 12: Einbindung des NGA in die NGN-Netzarchitektur



Quelle: Telekom

Bild 13: Potenzielle Übergabepunkte



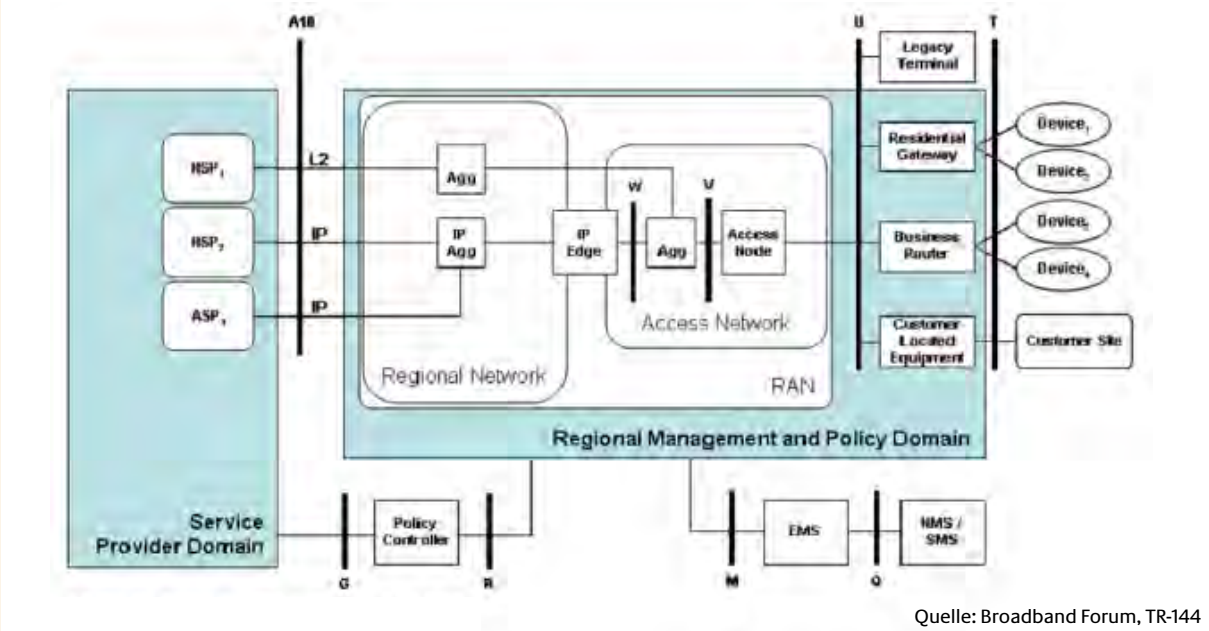
Quelle: Telekom

den L2-BSA (Ethernet-Bitstrom) auch noch am Zugangsnetz ein Übergabepunkt definiert ist. Wie bereits erwähnt, besteht ein weiterer Vorteil darin, dass an diesem Übergabepunkt die BSA-Kanäle aller in diesem Aggregationsnetz zusammengefassten Anschlussnetze anstehen, während am Übergabepunkt am Zugangsnetz nur der Zugang auf die Kanäle des jeweiligen Zugangsnetzes möglich ist.

Dies bedeutet nicht, dass alle genannten Optionen Bestandteil von Open Access sein müssen. Vielmehr bedarf es einer fundierten Abwägung, welche der Optionen am vorteilhaftesten mit Blick auf Kosteneffizienz, Investitionsförderung, zeitnahe Verfügbarkeit und Sicherstellung von Wettbewerb und Wahlfreiheit sind.

Die Eigenschaften und Parameter der beiden Bitstrom-Übergabe-Schnittstellen (s. Bild 14) werden in den A10-Dokumenten beschrieben.

Bild 14: Referenzmodell für ein Multi-Service-Breitbandnetz



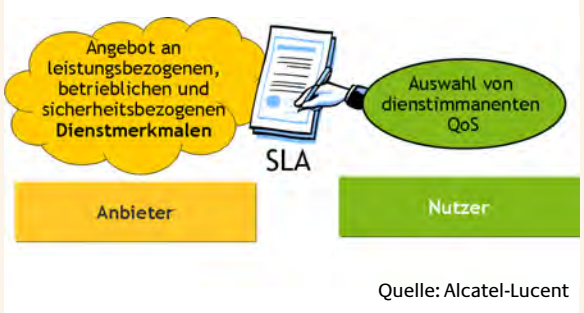
Quelle: Broadband Forum, TR-144

4. Dienste und Applikationen im Offenen Zugangsnetz

4.1 Qualitätsanforderungen und Service Level Agreements

Qualitätsanforderungen (Quality of Service, QoS) und Service Level Agreements (SLAs) sind zwei Seiten derselben Medaille in der Geschäftsbeziehung zwischen Nutzer und Anbieter. Dienste können zu unterschiedlichen Qualitätsmerkmalen angeboten werden. Dies sowohl bei einem dedizierten oder auch bei unterschiedlichen Anbietern. Der Kunde wählt einen solchen Dienst nach seinen Anforderungen an Leistungsmerkmale und Preis aus und geht ein Vertragsverhältnis mit dem Anbieter ein, dessen Grundlage einerseits der Preis und andererseits Service Level Agreements sind.

Bild 15: QoS und SLA



Quelle: Alcatel-Lucent

Es geht somit bei den SLAs also nicht um die Frage, was prinzipiell vom Netz her möglich ist (z. B. Bandbreite, Verzögerungszeiten), sondern auch, was innerhalb des technisch Möglichen vertraglich vereinbart wurde. In Offenen Zugangsnetzen werden somit SLAs beispielsweise zwischen Open-Access-Anbieter und Open-Access-Nachfrager oder Dienste-anbieter und Endkunde festgelegt.

4.1.1 Qualitätsanforderungen

Gemäß ITU-T Definition E.800 drückt QoS[13] allgemein den Grad an Zufriedenheit eines Nutzers an einen Dienst aus. Ein solcher Dienst ist charakterisiert durch parametrisierte anwendungsrelevante Eigenschaften. Demnach unterscheidet man zwischen leistungsbezogenen, betrieblichen und sicherheitsbezogenen Dienstmerkmalen.

Bezieht man sich auf die Ende-zu-Ende-Leistungsmerkmale nach der TR-126 des Broadband-Forums (ehemals DSL-Forum), so ist die QoE[14] (Quality of Experience) ein etwas praktikableres Maß, besonders in Bezug auf Triple-Play-Anwendungen – oft dargestellt durch den MOS-Wert (Mean Opinion Score) als arithmetisches Mittel einzelner Bewertungen im Bereich von 1 (schlechtester Wert) bis 5 (bester Wert).

Damit die Kommunikationsformen Mensch-Mensch, Mensch-Maschine (Mensch-Netzanwendungsfunktion) und Maschine-Maschine (Netzanwendungsfunktion-Netzanwendungsfunktion) reibungslos vonstatten gehen können, muss aber auch auf einer abstrakteren Ebene für Qualität gesorgt werden.

Die zunehmend multimediale Kommunikation muss möglichst unverfälscht stattfinden können. Besonders interaktive Echtzeitanwendungen oder echtzeitnahe Applikationen sind sensibel für QoS-Parameter[15] wie

- Bandbreite,
- Durchsatz,
- Verkehrsprofile,
- Verzögerungszeiten (Latency) abhängig von Paketierung, Kodierung, Kryptifizierung, Schaltzeiten, Ausbreitungszeiten, Haltezeiten, Puffer und Warteschlangen,

13 Collective effect of service performances which determine the degree of satisfaction of a user of a service.
14 QoE is the overall performance of a system from the point of view of the users. QoE is a measure of end-to-end performance at the services level from the user perspective and an indication of how well the system meets the user's needs.
15 Bei der Übergabe von Vorleistungsprodukten gerade bei entbündelten Medien wie Kupfer, Glasfaser, Wellenlänge müssen auch elektrische und optische Eigenschaften berücksichtigt werden, die abhängig vom bestehenden oder noch auszubauenden Netz sind (z. B. gegenseitige Beeinflussung im Kupferkabel je nach Einspeisepunkt HVt, KVz oder Biegeradien bei Glasfaserkabel) und daher dediziert ausgemessen werden müssen.

- Kanalumschaltezeiten bei TV,
- kurzzeitige Verzögerungsschwankungen (Jitter),
- langfristige Verzögerungsveränderungen (Wander),
- Paketverlustwahrscheinlichkeit (Bitfehlerrate, Rahmenverlust, Paketwiederholung, Paketreihenfolge),
- Symmetrie (Grad der Asymmetrie zwischen Uplink und Downlink),
- Synchronität bei multimedialer Kommunikation,
- Verbindungsaufbauverzögerungen,
- Blockierung (für verbindungsorientierte Dienste, verkehrstechnische Zugangskontrolle für Verbindungen),
- Zuverlässigkeit eines Dienstes in der Verbindung (Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls),
- Schwankungen der Dienstegüte einzelner Bitströme,
- Broadcast- und Multicast-Eigenschaften,
- Retransmission-Mechanismen.

Bei passiven Netzen sind folgende Parameter zu betrachten:

- elektrische Eigenschaften von Vorleistungsprodukten für die Übergabe wie beispielsweise Leitungsbeläge (Dämpfung, Widerstand, Wellenwiderstand, kapazitive und induktive Beläge etc.), Frequenzgang, Signalstärke, Spannung, Stromstärke, Protokolle,
- optische Eigenschaften von Vorleistungsprodukten für die Übergabe wie Dämpfung, Dispersion, Signalstärken, Leistung, Protokolle,

Die Vielzahl der Parameter macht es erforderlich, eine Typisierung von QoS-Parametern für spezifische Dienste im Open Access festzulegen. Beispiele sind unter 4.1.3 zu finden.

4.1.2 Service Level Agreement

Service Level Agreements (SLAs) sind die zwischen Anbieter und Nutzer vertraglich vereinbarten Parameter der Dienstemerkmale. Daher müssen die Parameter von QoS aus Nachweisbarkeitsgründen von beiden Vertragsparteien auch unter Netzlast messbar und nachprüfbar sein. Die Nachweisbarkeit muss auch bei der Selbstprovisionierung von Diensteparametern über geeignete Webportale und auch über den gesamten Lebenszyklus des Dienstes sichergestellt sein.

Nachdem sich viele Qualitätsmerkmale nur in einer Ende-zu-Ende-Beziehung auswirken, müssen bei der Festlegung der SLAs für das Offene Zugangsnetz geeignete Parameter definiert werden. Beispielhaft bei der Selbstprovisionierung stellen die Qualitätsparameter oft nur einen abstrakten Bezug zu dem her, was der Kunde eigentlich möchte. Daher wird empfohlen, diese Parameter mit einleuchtenden Assoziationen zu verknüpfen, z. B. bei der Bandbreite: Zeitdauer für den Download eines zweistündigen Videos in HD-Qualität aus dem Netz.

Nachdem in Offenen Zugangsnetzen der Nutzer, abhängig von der Attraktivität von Diensteangeboten, in der Regel mehrere Vertragsverhältnisse aufbauen kann oder ein Netzbetreiber stellvertretend für einige Serviceanbieter QoS für den Endkunden garantiert, ist die Messbarkeit und Nachprüfbarkeit wichtig, um einen reibungslosen Betrieb sicherzustellen. In Offenen Zugangsnetzen bieten sich daher auch gemeinsame Anlaufstellen für Störungen und Qualitätseinschränkungen an.

SLAs können neben den vereinbarten Qualitätsgarantien auch nichttechnische Vereinbarungen wie beispielsweise Konventionalstrafen bei Nichteinhaltung enthalten.

Die Vielzahl der Ausgestaltungsmöglichkeiten von SLAs macht es erforderlich, sich auf ein Minimum einheitlicher SLAs zu beschränken.

4.1.3 Qualitätsanforderungen ausgewählter Dienste

Der wesentliche Grund für die steigenden Anforderungen an die Bandbreite der Zugangsnetze liegt in der steigenden Anzahl von Triple-Play-Angeboten[16] der Diensteanbieter, Angebote, die neben Telefon- und Datendiensten auch IPTV beinhalten.

Das bedeutet für die Technik des Open Access, dass insbesondere die typischen Anforderungen spezifischer Dienste bei der Planung und technischen Realisierung Berücksichtigung finden müssen.

Das nachfolgende Bild zeigt typische Transportbitraten und QoS-Parameter möglicher Dienstegruppen.

4.2 Control und Policy von Diensten und Applikationen

Control und Policy beschäftigt sich mit der Steuerung und Überprüfung von Netzprozessen in Abhängigkeit der vom Kunden vertraglich abgeschlossenen Dienste, Anwendungen und mit den damit verbundenen, aus den Vertragsrichtlinien abgeleiteten Netzleistungsmerkmalen und Berechtigungen. Diese sind in Netzdatenbanken hinterlegt und werden bei Bedarf zur Netzzugangskontrolle und zur Bereitstellung von Netzressourcen abgerufen. Besonders in Offenen Zugangsnetzen, wo definitionsgemäß unterschiedliche Mitspieler wirken, sollten die Netzprozesse auf standardisierte Lösungen aufbauen. Die in dem Resource and Admission Control Sub-System (RACS) und dem Network Attachment Sub-System (NASS) eingebette-

Bild 16: Beispielhafte QoS-Anforderungen an ausgewählte Dienstegruppen

Class of Service	Technical QoS parameters
"Interactive" *Examples:* Voice Telephony/ Conferencing Video Telephony/ Conferencing Online-Gaming Interactive TV Feedback	Peak Bit rate: 2000 Kbps
	Sustainable bit rate 100-2000 Kbps
	Minimum bit rate 100 Kbps (and further upgrade options)
	Delay (one way): 36 ms
	Jitter: < 6ms
	Packet Loss: < 1 %
"Multimedia" *Examples:* Broadcast TV Video on Demand Streaming Audio Internet Radio Voice Messaging	Peak bit rate: 20 Mbps (and further downgrade options)
	Sustainable bit rate 5 Mbps (and further options)
	Minimum bit rate 100 Kbps (and further upgrade options)
	Delay (one way): 400 – 1000 ms
	Jitter: < 1000 ms
	Packet Loss: < 0,1 %
"Critical Data" *Examples:* Business Application e. g. SAP, eHealth	Peak bit rate: 16 Mbps (and further downgrade options)
	Sustainable bit rate 4 Mbps (and further options)
	Minimum bit rate 512 Kbps (and further upgrade options)
	Delay (one way): 36 ms
	Jitter: < 20 ms
	Packet Loss: < 0,1 %

Class of Service	Technical QoS parameters
"Less Critical Data" *Examples:* Business Application e.g. Office, mail, large file transfer	Peak bit rate: 20 Mbps
	Sustainable bit rate 4 Mbps (and further options)
	Minimum bit rate 512 Kbps (and further downgrade options)
	Delay (one way): 400 – 1000 ms
	Jitter: < 500 ms
	Packet Loss: < 1 %
"Best Effort" *Examples:* E-Mail Web-Browsing P2P Internet Downloads	Bandwidth: up to line rate
	Sustainable bit rate /
	Minimum bit rate /
	Delay (one way): < 2000 ms
	Jitter: n.a.
	Packet Loss: n.a.

Quelle: Jay, Plueckebaum: NGN Bitstream Access, Presentation at ComReg, Dublin, November, 12th 2007

16 Sprache, Daten und Video; bei zusätzlichen Mobilfunkangeboten spricht man von Quadruple-Play.

ten Funktionen sind eine solche Möglichkeit. Sie sind eingebunden in der von ETSI/TISPAN definierten Referenzarchitektur des gesamten Netzes.

Das RACS ist verantwortlich für die

- Policy Control (Überprüfung der vertraglich vereinbarten Parameter),
- Reservierung von Netzressourcen auf Anfrage sowohl im Zugangs- als auch im Kernnetz, was auch die Ende-zu-Ende-Dienstegüte umfasst,
- Netzzugangskontrolle.

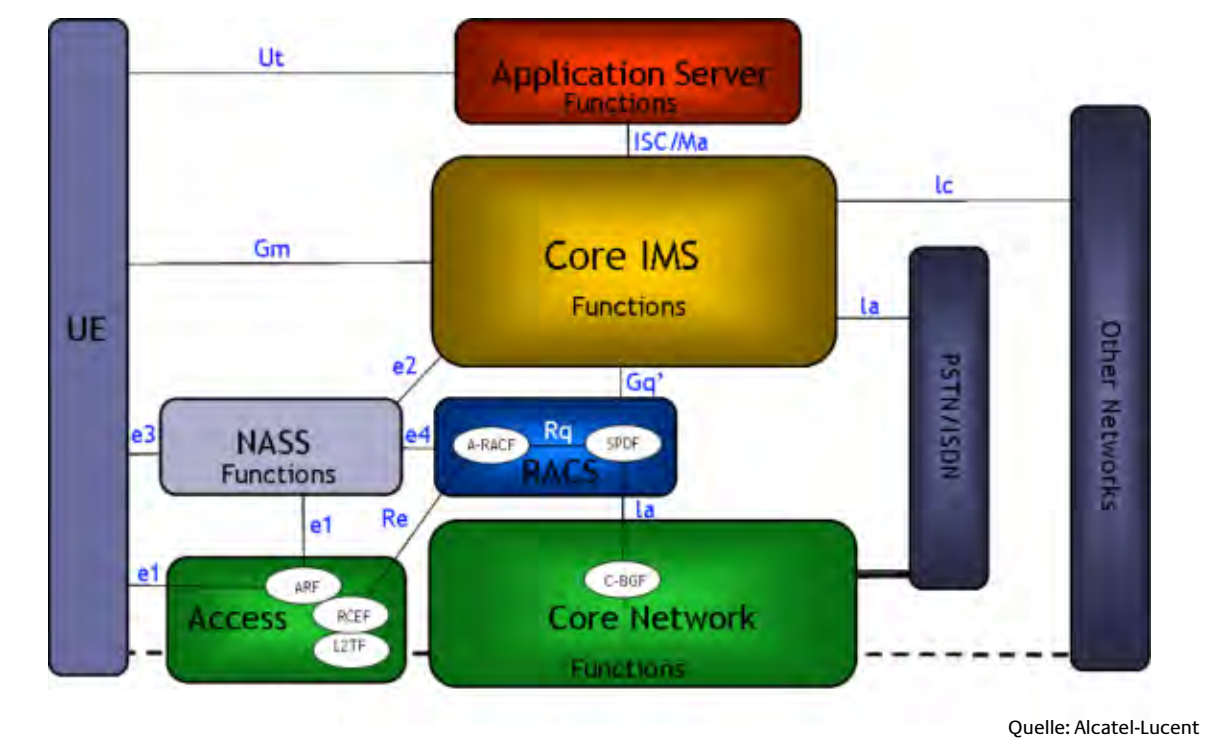
Das NASS liefert

- Netzebenenidentifikation, Authentifizierung, Registrierung und Initialisierung des Nutzerequipments bei Zugriff auf NGN-Diensten,
- einen Informationsdienst für Applikationen in Bezug auf Nutzer und Sessions, die mit dem Netz verbunden sind.

Das NASS ist somit vergleichbar mit den AAA-Architekturen, die für den Internetzugang benutzt werden.

In diesem Modell sind alle Funktionen und Schnittstellen beschrieben, die ein Zusammenwirken auch in Verbindung mit anderen Netzsystemen ermöglichen – sowohl IMS-basierende als auch Nicht-IMS-basierende. Das Modell umfasst nicht nur statische, bei der Einbuchung in das Netz nötige Steuerungs- und Überprüfungsfunktionen für den oder die ausgewählten Dienste, sondern auch dynamische während einer Sitzung, z. B. bei vom Kunden geänderten Leistungsparameter über ein Webportal oder bei Applikationswechsel bis hin zu realzeitlichen Servicekontrollen.

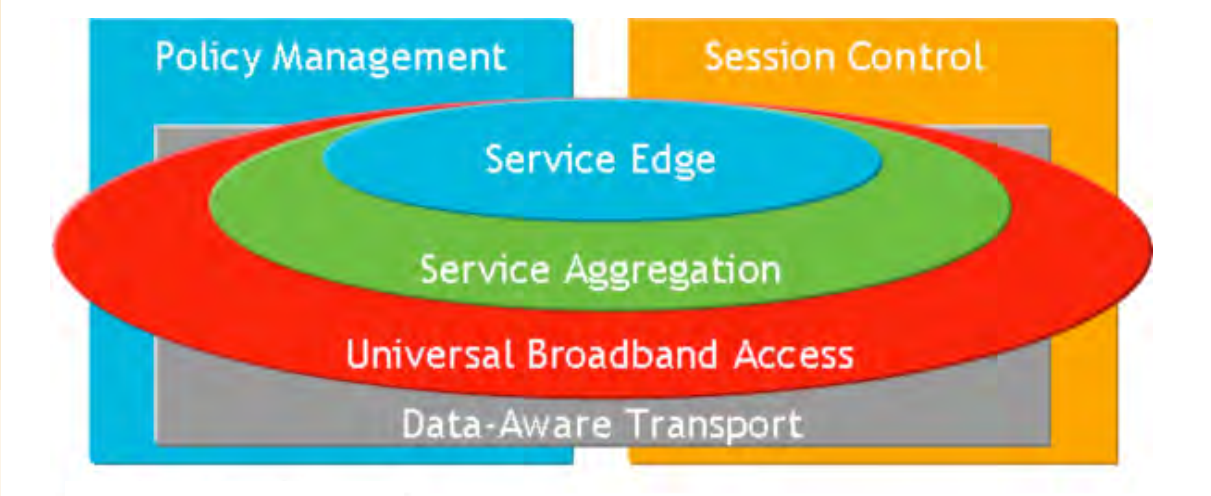
Bild 17: RACS und NASS in der ETSI/TISPAN-Referenzarchitektur[17]



Quelle: Alcatel-Lucent

17 UE: User Equipment, IMS: IP Multimedia Subsystem, NASS: Network Attachment Subsystem, A-RACF: Access-Resource Admission Control Function, SPDF: Service Policy Decision Function, ARF: Access Relay Function, RCEF: Resource Control Enforcement Function, L2TF: Layer 2 Tunnel Function mit den wichtigsten definierten (offen zugänglichen) Schnittstellen dazwischen. Die einzelnen Hauptfunktionen bestehen noch aus zusätzlichen, hier nicht angeführten Unterfunktionen mit entsprechenden Schnittstellen.

Bild 18: NGN-Attribute eines erfolgreichen Netzes



Quelle: Alcatel-Lucent

Ein Offenes Zugangsnetz sollte alle Attribute eines erfolgreichen NGN umfassen. So sollte es alle angebotene Dienste – wo und wann benötigt – unterstützen, wobei nicht nur die Dienstevielfalt, sondern auch die Vielfalt der Diensteausprägungen (Leistungsparameter eines Dienstes wie z. B. gemanagte Bandbreite oder QoS über alle Medien) einbezogen werden muss. Weiterhin benötigt es interoperable Plattformen, die den wechselnden Bedürfnissen der Netzbetreiber und Diensteanbieter wie auch der Kunden angepasst werden können.

5. Betriebliche Aspekte Offener Zugangsnetze

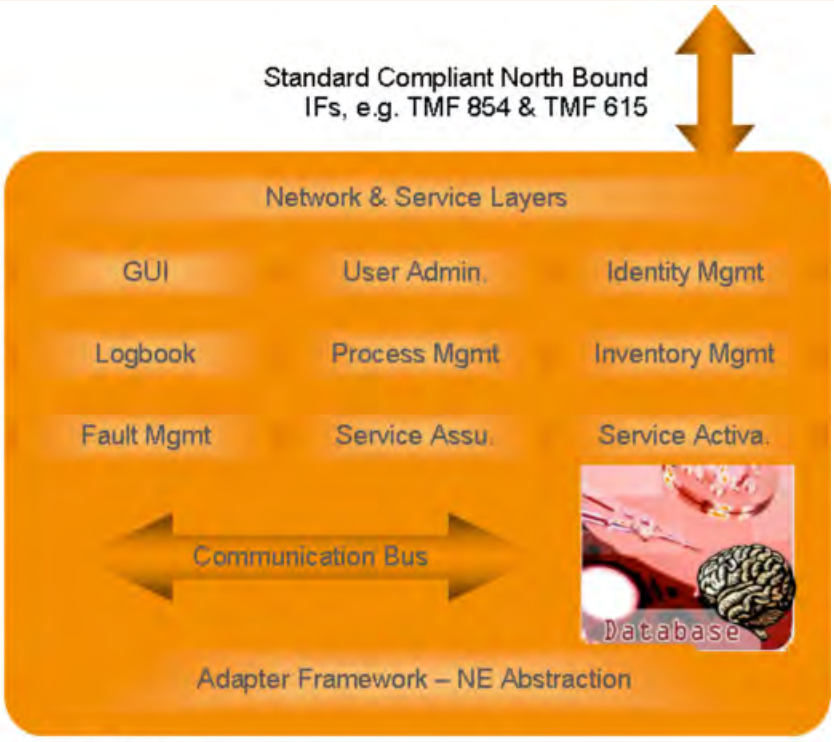
5.1 Netz- und Businessmanagement

Um Open-Access-Netze mit den dazugehörigen Diensten wirtschaftlich betreiben zu können, müssen unterschiedliche Aufgaben und Prozesse auf automatisierbare Abläufe abgebildet werden. Nur dies ermöglicht ein reibungsloses und zeitnahes Ineinandergreifen der Mitspieler in Offenen Zugangsnetzen. Dabei sollten einheitliche Schnittstellen verwendet werden, die ohne Medienbruch bedienbar sind. Dadurch kann erreicht werden, dass große Netzbetreiber und Diensteanbieter ohne Anpassung und große Tests auch die notwendige Verwaltung und Überwachung ihrer Dienste auf unterschiedlichen Netzinfrastrukturen realisieren können. Im Wesentlichen sind alle Aufgaben eines integrierten Kommunikationsanbieters zu erbringen und den speziellen Randbedingungen einer heterogenen Firmenlandschaft mit hierarchisch abgegrenzten Aufgaben bzw. Zuständigkeiten Rechnung zu tragen.

Von großer Bedeutung wird der Austausch der folgenden Daten zwischen den Mitspielern in Open-Access-Netzen sein:

- Ressourcenübersicht: Welche Wohnungen können wie erreicht werden? Welche Bandbreiten stehen zur Verfügung? etc.
- Teilnehmerverwaltung: Anlegen von Teilnehmern, Ändern von Teilnehmerdaten etc.
- Einstellen der Dienstegüte: Welche Bandbreite soll ein Teilnehmer bekommen? Welche Paketverlustraten? Welchen Jitter? etc.
- Dienstegüteüberwachung: Welche Datenraten liegen an bestimmten Punkten an? Welche Paketverlustraten treten auf? etc.
- Fehlermeldungen: Welche Netzelemente sind ausgefallen? Welche Übertragungsstrecken stehen nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung? etc.

Bild 19: Open Access Next Generation Operation Support System (Open Access NG-OSS)



Quelle: Ericsson

- gebührenrelevante Informationen: Nutzungszeiten, Sondertarife, spezielle Gebührensignalisierung etc.

Bei der Realisierung dieses Open Access Next Generation Operation Support Systems (Open Access NG-OSS) sind folgende Randbedingungen zu erfüllen:

- klare Rollenverteilungen
- diskriminierungsfreie Abläufe, ggf. Mandantenfähigkeit
- Wettbewerbsschutz
- ausreichende Dimensionierung für Massenabläufe (z. B. bei nationalen Produktumstellungen)
- Fehlerprotokollierung
- einheitliche, herstellerneutrale Darstellung der Eigenschaften des Kommunikationsnetzes

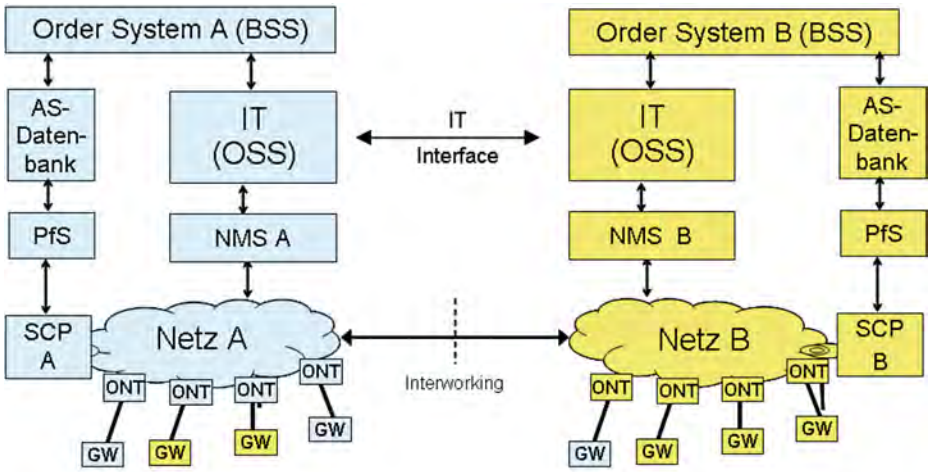
5.2 Netzmanagement, Prozesse und Business-to-Business-Schnittstellen

Das nachfolgende Bild zeigt beispielhaft zukünftige Schnittstellen zwischen zwei Netzbetreibern.

Für die Realisierung von Großhandelsangeboten an andere Netzbetreiber wird eine Verbindung zwischen den BSS/OSS-Systemen der unterschiedlichen Netzbetreiber notwendig, die durch definierte IT-Schnittstellen und Geschäftsprozesse zu untersetzen ist. Die Schnittstellen müssen eine automatische Bearbeitung von Anfragen und Beauftragungen sichern.

Die Kooperationspartner haben auch im Open Access keinen direkten Managementzugriff auf die NMS-Systeme des Kooperationspartners. Dies wird ggf. über die Mandantenfähigkeit der Systeme ausgeglichen.

Bild 20: Grundstruktur der Zusammenarbeit von OSS/BSS im Open Access



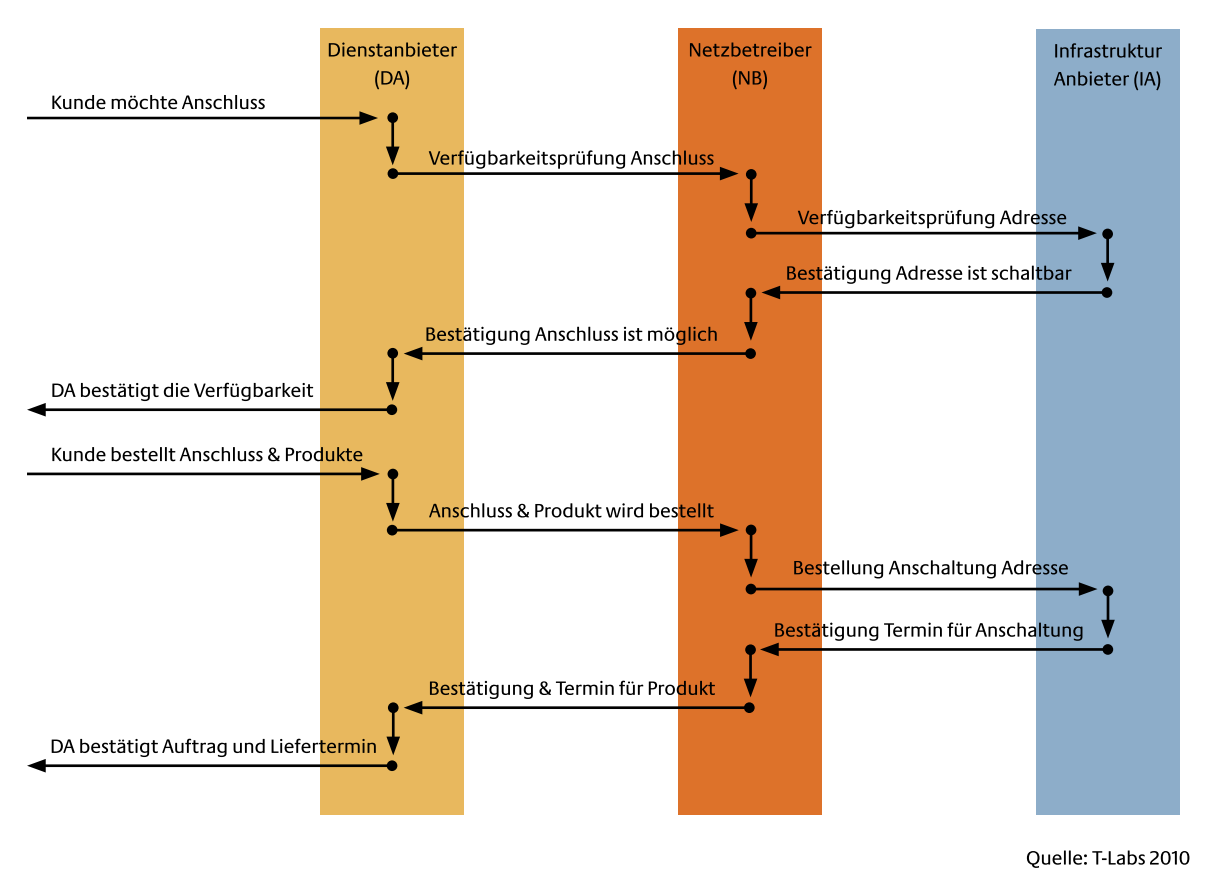
Quelle: T-Labs 2010

Sie tauschen über eine zu definierende IT-Schnittstelle Informationen aus, um u.a. Verfügbarkeitsprüfungen des Kundenanschlusses durchzuführen oder definierte QoS-Parameter zu sichern.

Die Automatisierung des Produktmanagements und der Geschäftsprozesse in modernen Kommunikationsnetzen erfordert eindeutig beschriebene Prozessabläufe und exakte Kenntnis der Zusammenhänge. Bild 21 stellt als Beispiel grob den generellen Prozessablauf bei der Neubestellung eines Breitbandanschlusses dar. Auffallend sind die vielen Transaktionen, die zwischen den Beteiligten notwendig sind, um den Bestellvorgang durchführen zu können.

Die mögliche Vielfalt der technischen Netzgestaltung wie auch der Betriebsmodelle Offener Zugangsnetze resultiert in der Forderung nach Überschaubarkeit und Harmonisierung der Vorleistungsprodukte und weitestgehender Interoperabilität der technischen Schnittstellen. Eine zügige Abarbeitung der Kundenwünsche erfordert die Standardisierung der Prozesse zwischen unterschiedlichen Betreibern sowie eine geeignete Kommunikationsplattform für die Interaktion der Beteiligten auf der Geschäftsebene, um überhaupt einen wirtschaftlich effizienten Betrieb Offener Zugangsnetze zu ermöglichen. Detailliert mit Flowcharts ausgearbeitete Geschäftsprozesse des NGA-Forums können unter [8] gefunden werden.

Bild 21: Ablaufschema des Bestellprozesses in Offenen Netzen



Quelle: T-Labs 2010

Eine geeignete Plattform zum gesamtheitlichen Betrieb von Netzverbünden mit verschiedenen zugrunde liegenden Geschäftsmodellen könnte die nachfolgende Plattform des Telemanagement-Forums sein. Sie umfasst alle Abläufe von Netzbetreibern und Diensteanbietern und könnte auch zur Einbindung von Infrastrukturanbietern dienen. Nähere Informationen sind unter [14] zu finden.

5.3 Netz- und Prüftechnik

Die Einführung von glasfaserbasierten Open-Access-Systemen stellt neue Anforderungen an die Mess- und Prüftechnik im Netz, zum Betrieb des Netzes und bei der Fehlereingrenzung im Störungsfall bis zum Endkunden. Es werden derzeit passive und aktive Varianten in der Standardisierung diskutiert.

Bild 22: TMF-Plattform als Beispiel integrierter Prozesse

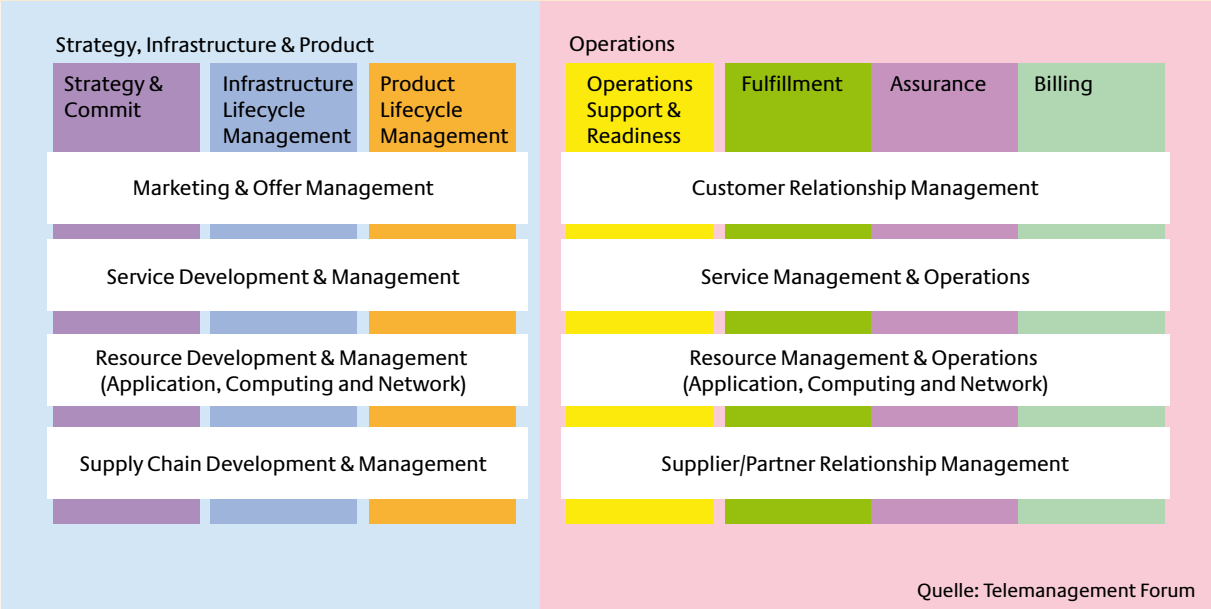
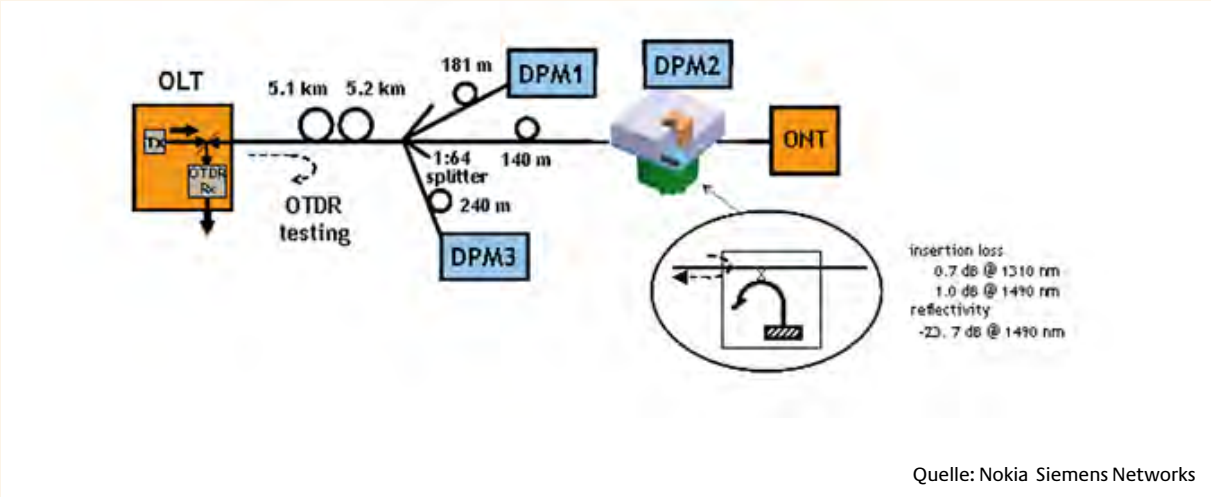


Bild 23: Beispiel für einen passiven optischen Demarkationspunkt (Reflektor)



5.4 Zuverlässigkeit und Sicherheit Offener Zugangsnetze

5.4.1 Grundsätzliche Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit

Die hier aufgestellten sicherheitsrelevanten Anforderungen an die Systemkomponenten des Open-Access-Systems sind notwendig für:

- Vereitelung von Angriffen und Manipulationen (präventive Schutzmaßnahmen)
- Erkennung von Angriffen auf das Open-Access-System
- Einleitung von entsprechenden Gegenmaßnahmen
- Nachvollziehbarkeit bei nicht erwünschten bzw. nicht plausiblen Netzzuständen
- Beurteilung der Sicherheitslage zum Open-Access-System im Allgemeinen

Zum Austausch von sicherheitsrelevanten Open-Access-Themen und/oder -Informationen ist ein ständiger Arbeitskreis zwischen dem Eigentümer des Open-Access-Systems und den Nutzern einzurichten.

5.4.2 Zugriffsmöglichkeiten auf Open-Access-Systeme

Jeder Zugriff auf das Open-Access-System (inklusive aller Systemkomponenten) muss nachvollziehbar sein und einer Person zugeordnet werden können. Im Falle von Systemzugriffen müssen die persönlichen Kennungen des Ursprungs akzeptiert und weiterverarbeitet werden. Der administrative Zugriff muss über ein separates Netz (VPN, VLAN etc.) realisiert werden, Inband-Zugriffe dürfen nicht möglich sein.

5.4.2.1 Benutzerverwaltung

Benutzer des Systems dürfen nur auf der Basis von definierten Rechten Zugang zum System erhalten und auf Informationen zugreifen. Eine Doppelvergabe von Benutzerkennungen muss technisch verhindert werden.

Der Benutzer wird im System durch eine eineindeutige Userkennung und ein dazugehöriges Passwort beschrieben. Der Rückschluss von einer Aktion auf eine einzige Person (Initiator) muss möglich sein. Gruppenkennungen und Gruppenpasswörter sind nicht zulässig.

5.4.2.2 Zugriffsverwaltung

In der Zugriffsverwaltung der Open-Access-Systeme sind die grundlegenden Bedingungen in Access-Systemen für die Gültigkeit von Userkennungen, Gültigkeit von Passwörtern, Logging und Verhinderung von Manipulationen an der Systemzeit einzuhalten.

5.4.2.3 Externe Nutzer

Im Normalfall erfolgt die Verwaltung der Kunden durch den Eigentümer des Open-Access-Systems. Externe Nutzer erhalten grundsätzlich nur über das Managementsystem des Eigentümers Zugang zum Open-Access-System.

In dringenden Fällen (z. B. Eskalation im Fehlerfall, akute Störungsneutralisation nur durch den Systemhersteller möglich) muss für den Systemhersteller und externe Nutzer eine „kontrollierte Ferndiagnose“ möglich sein.

5.4.3 Erkennung von Angriffen auf das Open-Access-System

Entgegen dem bisherigen öffentlichen Sprachnetz (TDM) ist ein Open-Access-System im NGN ein von seiner Struktur her sehr „offenes“ Netz. Dies wird zur Folge haben, dass Angriffe auf das Netz durch (interne und externe) Hacker, Schadprogramme (Viren, Würmer, Trojaner, DoS, DDoS etc.) und andere Szenarien steigen werden. Im Open-Access-System sind entsprechende Verfahren einzusetzen, die dies unterbinden.

5.4.4 Datensicherheit im Betrieb

Unter „sicherer Betrieb“ ist im Open-Access-System die Notwendigkeit der Datensicherung, Datenarchivierung und Datenrücksicherung zu realisieren. Unter Datensicherung ist hier die Sicherung von Betriebssystem- und Konfigurationsdaten zu verste-

hen, die für die komplette Wiederherstellung des Systems (Datenrücksicherung nach einem Totalausfall) benötigt werden.

Mit der Datenarchivierung ist in einem Open-Access-System die Möglichkeit zur Archivierung mehrerer Datensicherungen vorzusehen.

5.4.5 Sichere Kommunikation zwischen Netzkomponenten

Die Kommunikation zwischen Systemkomponenten muss auf sichere Art und Weise erfolgen. Eingesetzte Protokolle wie beispielsweise H.248 oder SIP sind so abzusichern, dass sich keine potenziellen Sicherheitslücken auftun.

Je nach Kommunikationsart sollte beispielsweise TCP statt UDP verwendet werden oder eventuell sogar Verschlüsselungs-/Separierungsmechanismen (IPSec, VPN, VLAN) eingesetzt werden.

5.4.6 Brauchbarkeitsdauer und Verfügbarkeit

Open-Access-Systeme werden zukünftig unterschiedliche Dienste (Triple Play) transportieren. Dabei werden höhere Anforderungen an die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit gestellt als für einen reinen Internetzugang. Grundsätzlich wird von Open-Access-Systemen im Zugangsbereich eine Brauchbarkeitsdauer von mindestens 25 Jahren gefordert. Neben der ständigen Erhöhung der Verfügbarkeit von Einzelelementen sind für Open-Access-Systeme neue Möglichkeiten der Dopplung von Einzelelementen und die Abstützung auf unterschiedliche PoPs (Dual Homing) zu prüfen.

5.5 Regulatorische Anforderungen

Für einen Open-Access-Netzbetreiber müssen spezifische Funktionen vorbereitet werden, um zukünftig auch spezifische Sicherheitsanforderungen in seinem Netz zu erfüllen.

5.5.1 Legal (Lawful) Interception/G10-Anforderungen

Mit der Einführung von Open-Access-Systemen auf Basis des IP-Protokolls muss auch den gesetzlichen Vorschriften zur Ermöglichung der Überwachung der Telekommunikation durch richterliche Anordnung in vollem Umfang Rechnung getragen werden. Alle Dienste und Techniken sind bis heute ausnahmslos mit der staatlichen Sonderauflage der G10-Funktionalität/Lawful Interception belastet.

Voraussetzung für den dauerhaften Betrieb eines Open-Access-Systems ist die Zustimmung der BNetzA nach § 110 TKG zu der konzipierten bzw. realisierten Überwachungstechnik. In der Praxis hat es sich gezeigt, dass es zweckmäßig ist, wenn bereits in der Konzeptionsphase die BNetzA in das Konzept für die Überwachung eingebunden wird. Durch die Vorlage der vorgesehenen technischen Umsetzung (G10-Konzept) und der zustimmenden Reaktion der BNetzA wird eine große Planungssicherheit erreicht.

Richterliches Mithören beinhaltet die Überwachung und Aufzeichnung von Teilnehmern, wenn sie bestimmte Dienste nutzen.

5.5.2 Standortermittlung bei Notruf

Für Notrufverbindungen muss das Open-Access-System die Ermittlung und Ansteuerung der zuständigen Notrufabfragestelle sowie die Bereitstellung der Daten für eine spätere Lokalisierung für folgende Anschlussarten realisieren:

- Anschlüsse, für die die IP-Adressen (dynamisch oder statisch) von einer Service-Plattform vergeben werden

- Anschlussarten mit statisch vergebenen IP-Adressen oder IP-Adressbereichen und feststehendem Standort, wobei hier den Anschlüssen in der Regel mehrere fortlaufende IP-Adressen zugewiesen werden können

Die Details der Realisierung des Notrufs sind ebenfalls mit der BNetzA und dem Betreiber des Notrufsystems abzustimmen.

5.5.3 Katastrophenberechtigung

Die heutige Anforderung der Katastrophenberechtigung ausgewählter Teilnehmer muss für zukünftige NGN-Netzkonfigurationen definiert werden.

6. Interoperabilität von Offenen Zugangsnetzen

6.1 Allgemeines Ziel der Interoperabilität

Interoperabilität verbindet Menschen, Daten und unterschiedliche Systeme. Interoperabilität ist die Fähigkeit zur Zusammenarbeit von verschiedenen Systemen, Techniken oder Organisationen. Dazu ist in der Regel die Einhaltung gemeinsamer Standards notwendig. Für den Aufbau einer wirklich digitalen Gesellschaft braucht man die effektive Interoperabilität aller Produkte und Dienste.

Bei der weiteren Betrachtung beschränken wir uns auf die technische Interoperabilität. Sie bezeichnet die Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme, möglichst nahtlos zusammenzuarbeiten, um Informationen auf effiziente und verwertbare Art und Weise auszutauschen bzw. den Nutzern zur Verfügung zu stellen. Das beste Beispiel für technische Interoperabilität ist das Internet. Seine offene Architektur bietet Milliarden Nutzern in aller Welt die Möglichkeit, interoperable Geräte und Anwendungen zu nutzen.

Das Thema Interoperabilität gewinnt aufgrund der Zunahme der verschiedenen zum Einsatz kommenden Systeme, Techniken, Netze oder Dienste an Bedeutung. Gleichzeitig besteht die Forderung, dass die Dienste zu jeder Zeit, an jedem Ort, für jeden Nutzer auf unterschiedlichen Endgeräten zur Verfügung stehen sollen.

Interoperabilität wird somit zu einer Aufgabe für die Infrastrukturanbieter, Netzbetreiber und Dienste-anbieter, da ohne Interoperabilität Themen wie Triple Play, QoS, Open Access nicht umsetzbar sind. Andererseits ist sie aber auch Thema von Normungsgremien.

Durch Standardisierung im Bereich der technischen Interoperabilität lässt sich der Wettbewerb fördern und die Markteintrittsbarrieren reduzieren. Interoperabilität erzielt man durch

- die Trennung zwischen funktionalen Komponenten. Die an der IP-Zusammenschaltung beteiligten NGN und NGA haben Schnittstellen bereitzustellen, die den Austausch von Nutzinformationen und Signalisierungsinformationen ermöglichen.

- die Verwendung des Internetprotokolls als unterliegendes Layer-3-Protokoll für die IP-Zusammenschaltung. Die im jeweiligen Netz des Netzbetreibers verwendeten Layer-2-Technologien (z. B. MPLS, Ethernet, ATM) sind davon unabhängig.

- Nutzung einer paketbasierten Technologie, deren Komponenten auf der Anwendungsschicht wie Softswitches, Application Servers, Gateways deshalb unabhängig von diesen Transporttechnologien ihre Dienste wie Sprache und Multimedia anbieten

- die Bereitstellung von offenen Schnittstellen für die Zusammenschaltung durch die jeweiligen NGN-Netze.

6.2 Mögliche Schnittstellen für Interoperabilität Offener Zugangsnetze

Nach Abschnitt 1.1 muss Interoperabilität von Offenen Zugangsnetzen differenziert betrachtet werden. Einerseits kann sie durch Definition der Schnittstellentypen beschrieben werden, um bestimmte Übergangsbereiche oder Übergabepunkte in Zugangsnetzen kompatibel zu gestalten. Sie liefert somit die verschiedenen Arten von Zugangsschnittstellen. Andererseits findet das Zusammenspiel von Diensten und Applikationen zwischen Teilnehmern von verschiedenen Zugangsnetzen auf einer höheren Netzebene durch Zusammenschaltung von Netzbetreibern statt, die auch kompatibel sein muss.

Somit ergeben sich folgende Arten von Schnittstellen, die alle für den reibungslosen Verkehr unabdingbar sind:

- **Die topologische Schnittstelle** klärt, an welchem Ort und in welcher Beziehung sie sich zu ihrer Umgebung befindet. Beispiele sind vor oder nach dem ONT, am KVz, am HVt, am Access-EthN-Switch, am Aggregations-EthN-Switch, am IP/MPLS-Router oder am Server.

- **Die physikalische Schnittstelle** definiert, welche Stecker, z. B. RJ45, RJ21, MTRJ-Stecker, LC-Stecker, mit den entsprechend definierten Eigenschaften verwendet werden sollen.

- **Transportschnittstellen** bestimmen die Transportprotokolle im Data-Layer wie Ethernet, MPLS, IP, TCP, UDP beispielsweise unter der Schnittstelle A10-NSP[19] oder A10-ASP.

- **QoS- und SLA-Schnittstellen** sind wesentlich für das Aufsetzen von Applikationen über einen Zugangsanbieter. Sie können sowohl datenrelevante Eigenschaften wie z. B. Verzögerungszeiten, Bitfehlerrate etc. als auch elektrische oder optische Parameter wie z. B. Dämpfung oder Dispersion umfassen (siehe hierzu Abschnitt 4.1).

- **Signalisierungs- und Steuerungsschnittstellen** können sowohl zwischen Zugangsanbieter und Zugangsnehmer als auch bei der Zusammenschaltung von Netzbetreibern oder Diensteanbietern auftreten. Sie definieren die Protokolle im Control-Layer wie SS7, D1, SIP (ggf. auch damit transportierte Protokolle), aber auch RACF- für Control & Policy, IMS-Schnittstellen und auch Tunnelprotokolle nach der ETSI/TISPAN-Referenzarchitektur (siehe Bild 17).

- **Schnittstellen für das Digital Rights Management (DRM)** zur Rechtekontrolle zwischen Diensteanbietern, die unterschiedliche Dienste mit gleichen partialen Inhalten einem Endkunden anbieten.

- **Netzmanagement- und prozessurale Schnittstellen** ergeben sich aus den betrieblichen Erfordernissen beim Zusammenschalten von Netzbetreibern oder Serviceanbietern (siehe Abschnitt 5.1, 5.2 und 5.3). Sie unterstützen gesamtheitliche Prozesse wie z. B. die Bereitstellung von Produkten und netzweite Entstörung (eTOM Prozesse, SID, TAM des Telemanagement Forums).

In den weiteren Abschnitten wird nur noch Bezug auf die Transport-, die Signalisierungs- und Steuerungsschnittstelle genommen.

19 De-facto-Standard des Broadband-Forums, übernommen und referenziert von anderen Standardisierungsgremien.

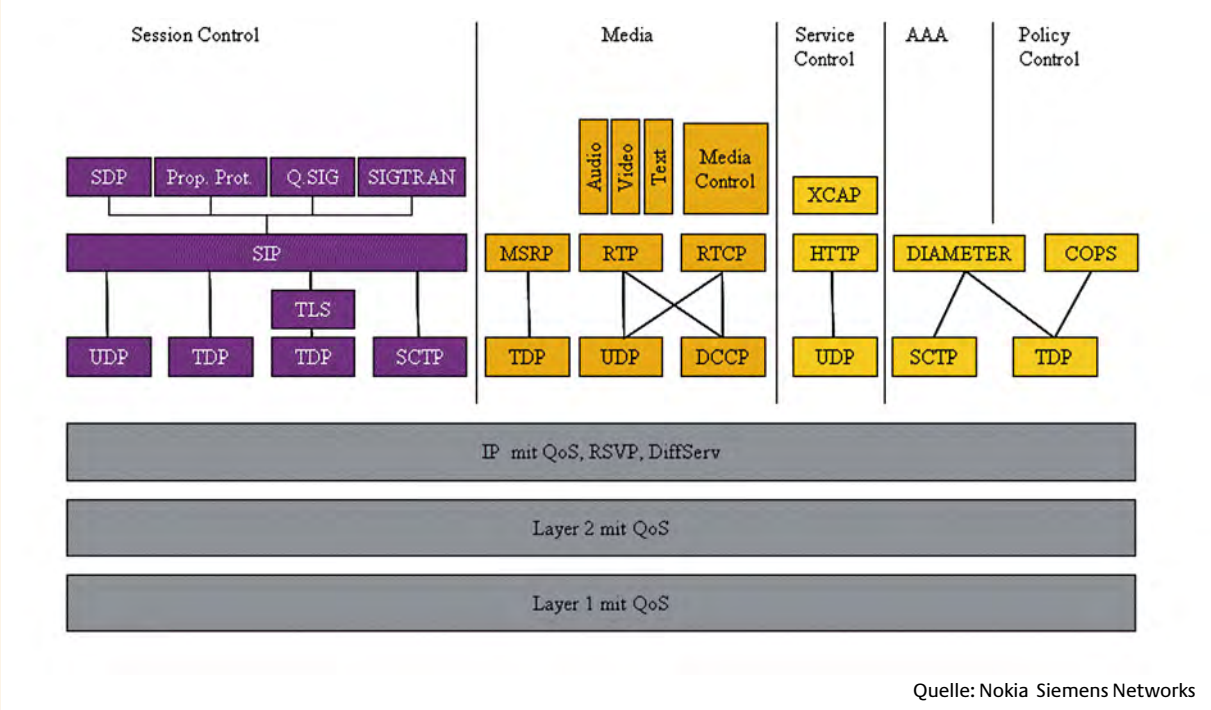
6.3 Trennung von Transportfunktion und Steuerung von Verbindungen und Anwendungen

Interoperabilität wird unterstützt durch das Konzept der Trennung des Transportnetzes auf IP-Basis und der Steuerung der Verbindung sowie den Anwendungen. Mit der Trennung wird ein flexibles Kommunikationssystem auf der Basis des Internetprotokolls gebildet, das sowohl die Transportfunktionen als auch die Steuerungsfunktionen umfasst.

6.3.1 Die Transportschnittstelle A10-NSP

Die A10-NSP-Schnittstelle (auch A10-ASP) ist grundlegend zur Realisierung des Offenen Zugangs auf dem Layer 2 und 3. Sie ist eine Vorbedingung für die Interoperabilität des Bitstrom-Zuganges. Das Broadband-Forum hat sie definiert, andere Standardisierungsgremien haben sie übernommen (nähere Informationen unter [8]). Die Schnittstelle umschreibt die generellen Aspekte in Bezug auf die Fähigkeiten des Application Enablements. Sie besitzt Rückwärtskompatibilität zu bestehenden IP-Diensten und Konnektivitätsmodellen sowie Vorwärtskompatibilität mit nativem Ethernet im Zugangsnetz. Sie unterstützt DHCP- und PPP-basierende Zugangsmethoden für die Endkunden. Wegen ihrer Architektur für Ethernet-basierenden Aggregation der Zugangsströme ist sie sehr attraktiv für Diensteanbieter und Hersteller. Die Schnittstelle beschreibt die Anforderungen für die Protokollübersetzungen und -terminierungen sowie die Zusammenarbeit von Protokollen in Bezug auf QoS, Multicast, Sicherheit und Open-Access für das Breitband-Zugangsnetz.

Bild 24: Trennung von Transport und Steuerung als Basis für Interoperabilität



Quelle: Nokia Siemens Networks

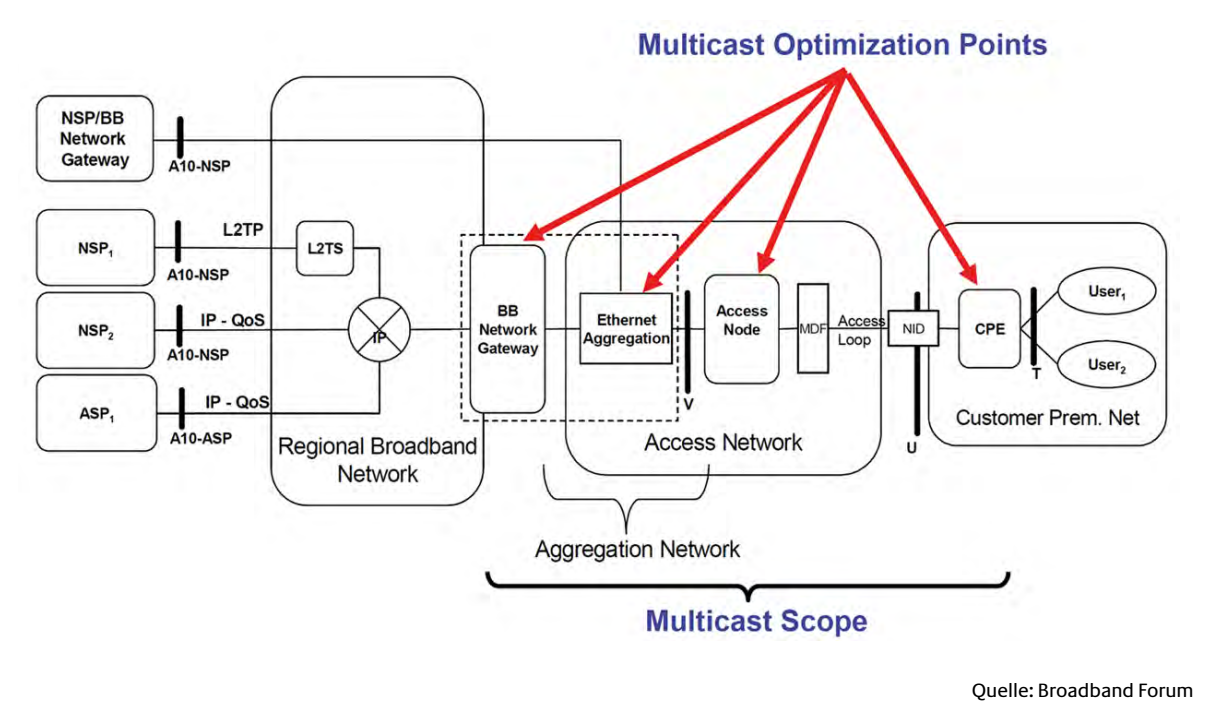
Sie liefert die Spezifikationen für

- eine Multiservice-Ende-zu-Ende-Architektur, die auch IPTV unterstützt,
- die Berücksichtigung von IP- und Ethernet-QoS,
- Multicastreplikation im Accessknoten und/oder Aggregationsswitch (IGMP-Unterstützung[20]),
- PPP und IP Großhandelsservices für BNG[21],
- die Einführung einer Multi-Edge-Architektur.

Die Schnittstelle liefert auf die heutigen Bedürfnisse zugeschnittene L2- und L3-Aggregationsmechanismen:

- Ablösung der Best-Effort-Bitströme durch differenzierte Auslieferung von Hochgeschwindigkeits-Bitströmen zu stark verteilten Zugangsknoten im Netz des Open-Access-Anbieters
- paketbasiertes QoS, um multiple Overlay-Applikationen zu unterstützen
- verminderte Komplexität der Teilnehmerprovisionierung (virtuelle Teilnehmerleitung)
- optimiert für Multicast und damit auch für IPTV (zukünftig mandantenfähig)
- einseitige und Dual-Edge-Architekturen gleichzeitig
- multiple Content-Insertion-Punkte (Video, Gateway-Redundanz)
- DiffServ-ähnliches Per-Hop-Verhalten und Per-Class-Scheduling

Bild 25: Schnittstelle für den L2- und L3-BSA



Quelle: Broadband Forum

20 IGMP (Internet Group Management Protokoll).

21 BNG (Broadband Network Gateway) zur Bereitstellung von multiplen Diensten wie z. B. HSI (High Speed Internet) im Unicast-Modus und IPTV im Multicast-Modus. Dies beschreibt die sog. Single Service Edge Architecture. Im Gegensatz hierzu steht die Dual Edge Architecture, die separates Equipment (Multi Injection Router) benutzt, um IPTV auszuliefern.

6.3.2 Interoperabilität über Bitstream-Zugang und IMS-Funktionalität

Bitstream-Zugang ist, wie oben beschrieben, nicht nur ein reiner Layer-2- oder Layer-3-Zugang, sondern setzt auch voraus, dass Open-Access-Nehmer und Open-Access-Geber Informationen austauschen. Der Open-Access-Nehmer muss abhängig vom angebotenen Dienst und Teilnehmer ggf. auch Ressourcen im Gastgebernetz steuern können (z. B. IPTV über mandantenfähiges Multicast). Nachfolgend ist ein Beispiel dargestellt, wie dies mithilfe von IMS-APIs erreicht werden kann.

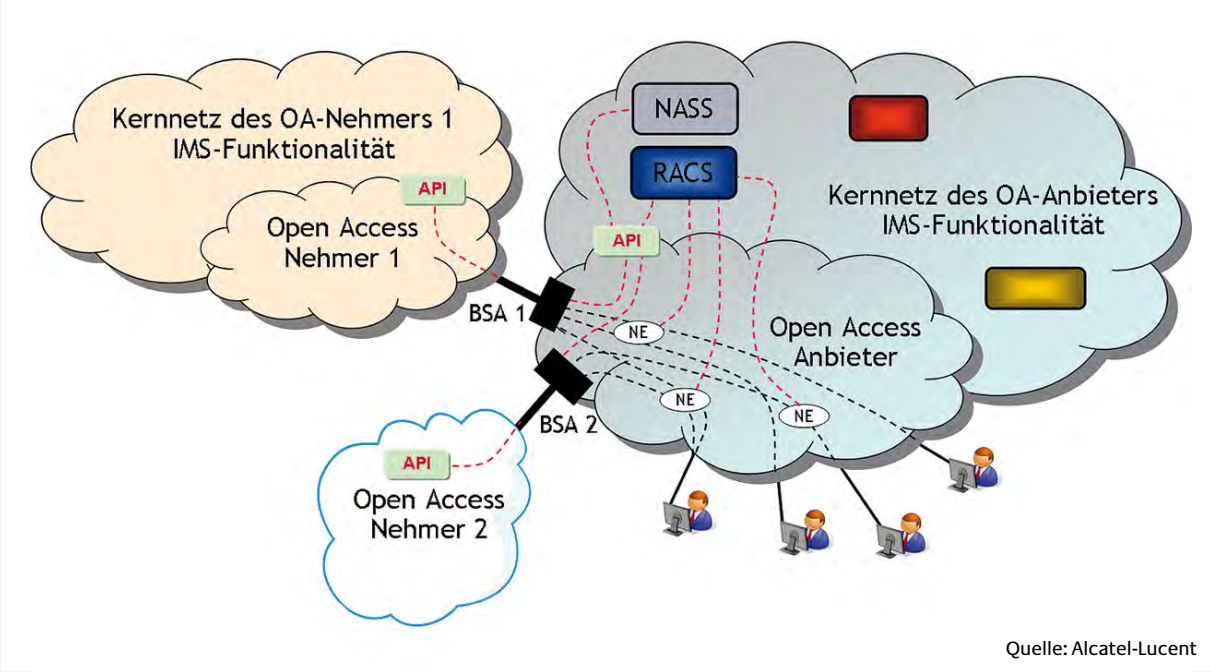
Dabei muss das Netz des Open-Access-Nehmers nicht unbedingt IMS-Funktionalität haben. Wichtig sind die vereinbarten oder standardisierten APIs (Application Programming Interfaces), die die Signalisierungs- und Steuerungsinformationen entsprechend übersetzen. Mit diesem Konzept sind der Interoperabilität keine Grenzen gesetzt.

6.3.3 Die Signalisierungs- und Steuerungsschnittstellen im IMS

Das IMS-Netzkonzept (IP Multimedia Subsystem) ist für diverse Signalisierungs- und Steuerungsschnittstellen verantwortlich, da es den reibungslosen Austausch von Netzinformationen und -zuständen sicherstellt. Es ist nicht auf einfache Sprachkommunikation beschränkt. Das Konzept sieht eine einheitliche Plattform für die Realisierung und Verfügbarkeit von Anwendungen, die unabhängig vom jeweiligen Zugang sind, vor.

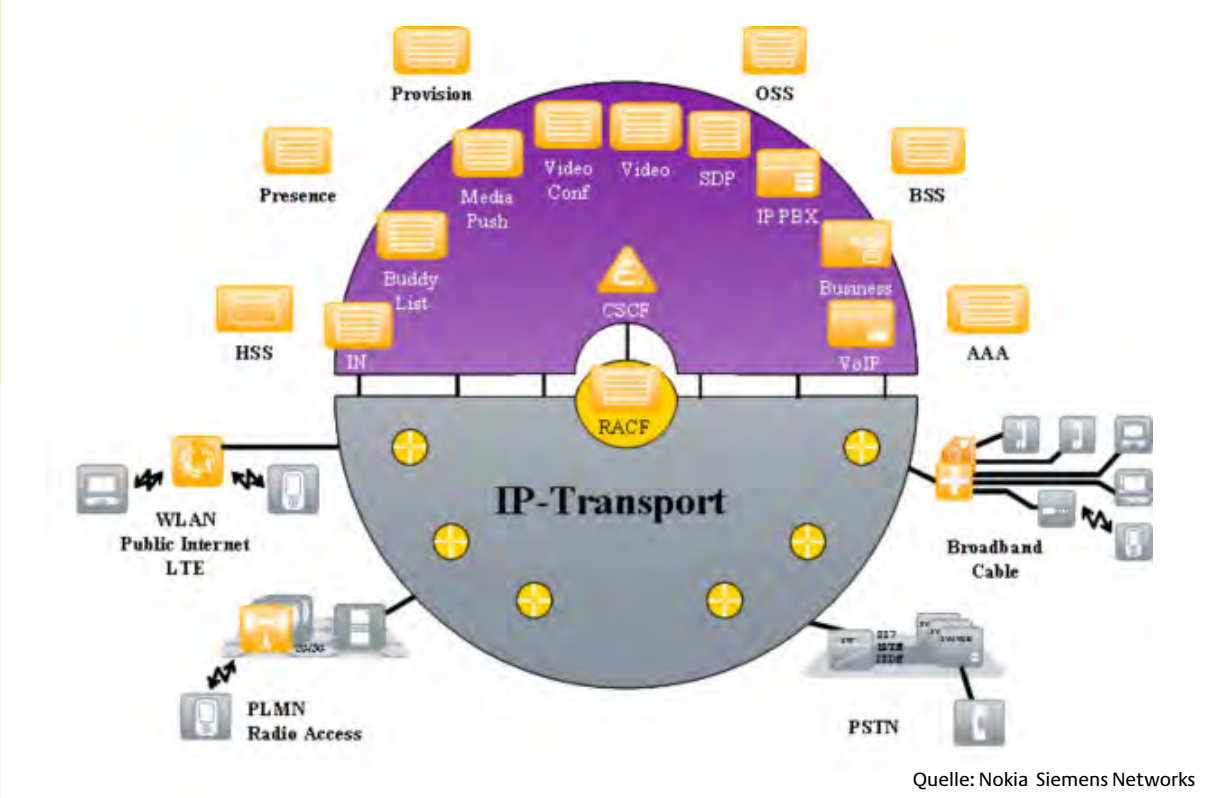
Die Verwaltung und Authentisierung der Teilnehmer wird im IMS vereinheitlicht. Der Nutzer muss sich nur einmal anmelden und hat Zugang zu verschiedenen Netzen und Daten. Zu welchen Netzen und Diensten der Nutzer Zugang hat, wird in einem Nutzerprofil (HSS) zentral gespeichert.

Bild 26: Interoperabilität über Bitstream-Zugang



Quelle: Alcatel-Lucent

Bild 27: IMS als einheitliche Open-Access-Plattform in der Signalisierungs- und Steuerungsebene



Quelle: Nokia Siemens Networks

Mit dem IMS wird eine einheitliche Plattform geschaffen und ein einheitliches Muster für die architektonische Gestaltung der Netze vorgeschlagen.

▸ Auf der oberen Ebene sind die Server für die verschiedenen Anwendungen, Dienste und erweiterte Funktionen für die Nutzer. Die Dienste gehören nicht zum Netz. Das Netz stellt nur die Zugänge bereit. Über Server werden die Inhalte zur Verfügung gestellt bzw. greifen steuernd in den Verlauf der Kommunikation ein. Die Server können auch von völlig anderen Anbietern bereitgestellt werden. IMS eröffnet damit neue Geschäftsmodelle. Das Ziel ist die flexible Bereitstellung von diversen Diensten, unabhängig von den verschiedenen Netzzugängen.

▸ In der darunter liegenden Ebene befindet sich das IP Multimedia Subsystem (IMS). Die Aufgabe des IMS besteht in der Steuerung der Multimedia Sessions auf Basis des SIP[22]. In dieser Ebene werden Verbindungen über die Session-/Call-Control gesteuert, die Eigenschaften von den unterliegenden Netzen angefordert, die Ressourcen den Verbindungen zugeordnet und der Zugang zu den Diensten geregelt.

▸ Nach der Session-Control-Ebene folgt die Transport-Control-Function-Ebene. Die Anforderungen aus den bereitzustellenden Sessions werden in dieser Ebene auf die eigentlichen Transportnetze abgebildet und der konkreten Verbindung zugeordnet. Die Transport-Control-Funktion ist sowohl in der Session-/Call-Control- als auch der Transportebene verankert. Für die Transportebene müssen bestimmte Protokolle terminiert und umgesetzt werden. Am Übergang zum Offenen Zugangsnetz sind Protokollübersetzungen ggf. notwendig, die u. a. in der A10-NSP verwirklicht werden.

22 Das Session Initiation Protocol ist ein Netzprotokoll zum Aufbau, zur Steuerung und zum Abbau einer Kommunikationssitzung zwischen zwei und mehr Teilnehmern.

- Die untere Ebene stellt die Transportebene dar. Es handelt sich um ein IP-Kernnetz mit diversen Netzzugängen und Übertragungstechniken wie GPON, DSL, WLAN, VLAN, GSM, UMTS, LTE. Dabei wird nicht mehr zwischen Fest- und Mobilfunknetz unterschieden.

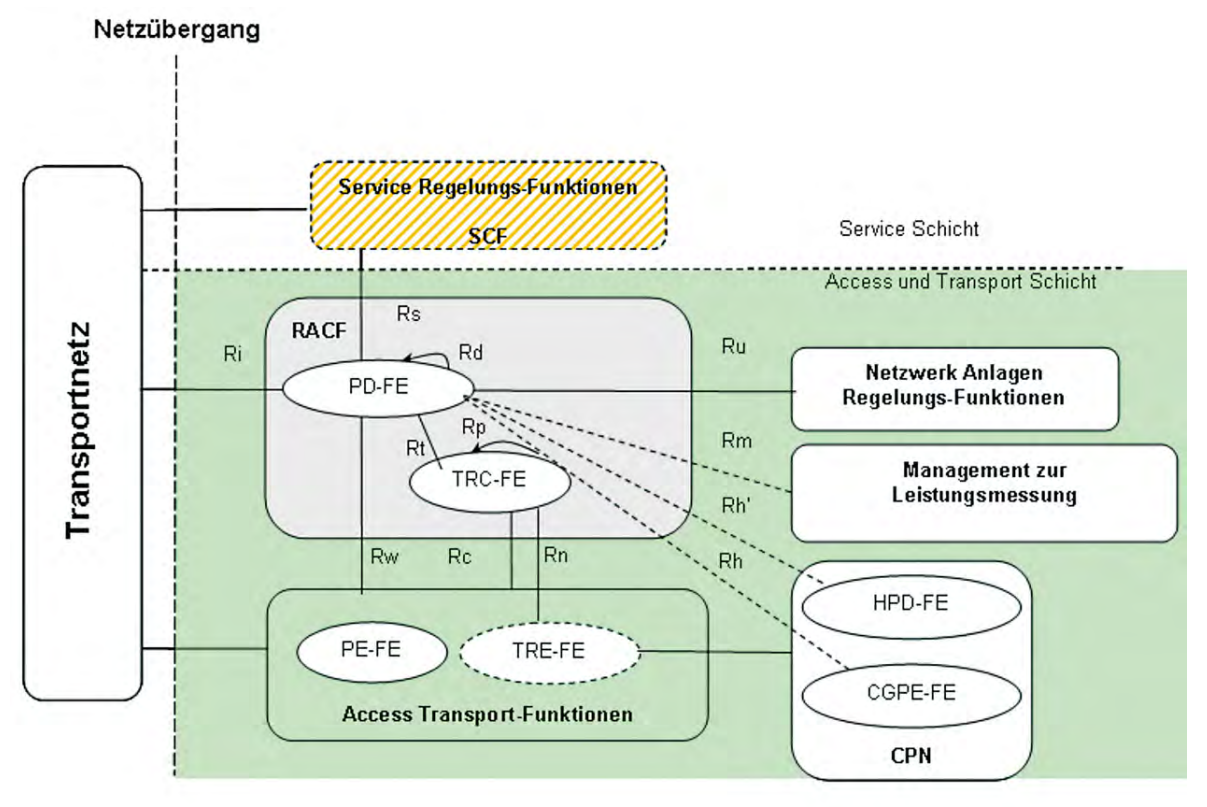
IMS definiert keine neuen Protokolle oder Netze, es ist eine Overlay-Architektur oberhalb von verschiedenen Netzen (UMTS, GPRS, WLAN usw.) basierend auf dem Internetprotokoll.

Viele der IMS-Dienste gibt es heute schon, allerdings isoliert voneinander. IMS versucht einerseits, die verschiedenen Zugangssysteme, und anderseits verschiedene Dienste zusammenzufassen.

6.4 Die Signalisierungsbezugspunkte für die Interoperabilität

Um Schnittstellen eindeutig und netzunabhängig im Signalisierungs- und Steuerungsnetz identifizieren zu können, wird auf unverwechselbare Bezugspunkte referenziert. Im Einzelnen sind die Bezugspunkte nach ITU-T wie folgt definiert. Diese haben natürlich analoge Bezüge in den gängigen Referenzarchitekturen (z. B. ETSI/TISPAN bzw. 3GPP).

Bild 28: Bezugspunkte für Interoperabilität



Quelle: Nokia Siemens Networks

6.4.1 Beschreibung der Bezugspunkte für Interoperabilität

6.4.1.1 Bezugspunkt Rs

Der Bezugspunkt Rs ermöglicht QoS-Ressource-Anfragen, deren Informationen für die QoS-Ressource-Autorisierung und -Reservierung erforderlich sind, um sie zwischen der PD-FE und der SCF (Session-/Call-Control Function) SCF auszutauschen. Dieser Austausch kann entweder im Push- oder Pull-Modus erfolgen.

Der Rs-Bezugspunkt ist in der Lage, die Ressourcensteuerung sowohl für Fest- als auch für Mobilfunknetze zu unterstützen. Es wird empfohlen, NAPT-Firewall-Steuerung und NAT-Traversal auf der PE-FE bei Bedarf zu unterstützen.

Der Rs-Bezugspunkt kann als netzinterner oder netzübergreifender Bezugspunkt betrieben werden. Der Rs-Bezugspunkt stellt sicher, dass über SCF folgende Anfragen bearbeitet werden können:

- Ressourcen-Autorisierung und -Reservierung des Datenflusses
- QoS-Verarbeitung
- Prioritäts-Festlegung
- Gate-Steuerung des Datenflusses
- NAPT-Funktion einfügen und Adressangleichungsinformation abfragen
- dynamische Firewall-Betriebsartauswahl
- Ressourcen-Verwendungsinformationen

Außerdem kann die SCF Meldungen von Ereignissen erbitten bzw. abfragen. Der Bezugspunkt Rs erlaubt SCF, einen Vorgang abzufragen, der von der PD-FE beantwortet wird.

6.4.1.2 Bezugspunkt Ri

Der Bezugspunkt Ri ist ein netzübergreifender Bezugspunkt, der die Informationen über QoS-Handling, Prioritätsbehandlung und Verwendung von Ressourcen zwischen Netzen übermittelt.

Der Bezugspunkt Ri wird zur Unterstützung der netzübergreifenden PD-FE-Kommunikation genutzt, wenn die SCF nicht netzübergreifend mit dem PD-FE den Datenfluss festlegen kann oder wenn kein SCF zur Verfügung steht. Dies ist der Fall, wenn es z. B. getrennte Zugangsnetz- und Kernnetz-Betreiber gibt und der SCF nur mit dem PD-FE des Kernnetzes interagiert. Dann kann Ri verwendet werden, um Ressourcen- und Zulassungskontrolle über das Zugangsnetz anzufordern.

Die funktionellen Anforderungen an Ri sind ähnlich denen an Rs, mit Ausnahme der Gate-Steuerung, NAPT- und Firewall-Aspekten, die nicht Teil des netzübergreifenden Austauschs sind. Bei Peering-Verbindungen zwischen Betreibern arbeiten die PD-FE-Instanzen jedes Betreibers mit der PD-FE-Instanz der anderen Betreiber zusammen.

Der Bezugspunkt Ri versetzt den PD-FE in die Lage, Anfragen in andere Netze zu senden.

- Ressourcen-Autorisierung und -Reservierung des Datenflusses
- QoS-Verarbeitung
- Prioritäts-Festlegungen
- Ressourcen-Verwendungsinformationen

Außerdem kann der PD-FE Meldungen von Ereignissen erbitten bzw. abfragen. Um zu sichern, dass die Zuverlässigkeit und Leistung von Ressourcen Sitzungsoperationen über den Ri-Bezugspunkt kontrollieren kann, sind die folgenden Fähigkeiten erforderlich:

- Überlastungskontrolle
- Synchronisation und Prüfung
- Sitzungsstatus-Verwaltung

6.4.1.3 Bezugspunkt Rw

Der Bezugspunkt Rw ermöglicht, die endgültigen Zulassungsentscheidungen (entweder Push-Mode oder Pull-Mode) an die PE-FE (Enforcement) aus dem PD-FE (Decision) zu installieren. Dieser Bezugspunkt ist notwendig, um die Ressourcensteuerung für Festnetz- und Mobilfunk-Zugangsnetze zu unterstützen und wird empfohlen, um NAPT-Firewall-Steuerung und NAT-Traversal auf der PE-FE bei Bedarf zu unterstützen.

Der Bezugspunkt Rw ist ein netzinterner Bezugspunkt.

6.4.1.4 Bezugspunkt Rc

Der Bezugspunkt Rc ermöglicht dem TRC-FE die Netztopologie und Ressourcen-Statusinformationen des Zugangs- oder eines Kernnetzes zu sammeln. Er ist für die Transportfunktionseinheit an der Netzgrenze oder innerhalb des Netzes wichtig.

Der Bezugspunkt Rc kann nach Bedarf mit Instanzen von Transportfunktionen verbunden werden, einschließlich PE-FE, TRE-FE und anderen funktionellen Einheiten in der Transportschicht, wie sie in ITU-T Y. 2012 definiert sind, um die relevanten Informationen zu erhalten.

Der Bezugspunkt Rc ist ein netzinterner Bezugspunkt.

6.4.1.5 Bezugspunkt Rn

Der TRC-FE führt Ressourcenkontrolle der Netzelemente durch und sendet die Entscheidungen zum TRE-FE durch den Bezugspunkt Rn am Aggregationspunkt.

Die detaillierten Anforderungen an Rn unterscheiden sich je nach Transporttechniken. Sie sind in anderen verwandten Empfehlungen spezifiziert (z. B. MPLS-relevante Details sind in ITU-T Y. 2174 geregelt).

6.4.1.6 Bezugspunkt Rh

Der Bezugspunkt Rh ermöglicht, dass die endgültigen Zulassungsentscheidungen zum CGPE-FE vom PD-FE (entweder im Push-Mode oder Pull-Mode) installiert wird.

Der Bezugspunkt Rh ist ein netzinterner Bezugspunkt.

6.4.1.7 Bezugspunkt Rm

Der Bezugspunkt Rm erlaubt PD-FE, die gemessenen und analysierten leistungsrelevanten Informationen des Zugangs- oder eines Kernnetzes zu sammeln. Er erlaubt PD-FE auch, genaue Datenflussinformation für ihre Ressourcen-Statusinformationssammlung zu liefern.

Der Bezugspunkt Rm ist ein netzinterner Bezugspunkt.

6.4.1.8 Bezugspunkt Ru

Der Bezugspunkt Ru erlaubt PD-FE, mit dem NACF zu interagieren, um so CPE-Transportindizierungs-Informationen und logische/physische Portadressinformationen zu erhalten.

Der Bezugspunkt Ru ist ein netzinterner Bezugspunkt.

6.4.1.9 Bezugspunkt Rt

Der Bezugspunkt Rt erlaubt dem PD-FE, mit der TRC-FE zusammenzuarbeiten, um die erforderlichen QoS-Ressourcen im eingebundenen Zugangsnetz und Kernnetz für Datenflüsse entlang des Datenstroms festzustellen und zu bestimmen. Außerdem kann er die Zugangsnetzinformation vom NACF zum TRC FE durch PD FE weiterleiten.

Der Rt Bezugswert ist ein netzinterner Bezugspunkt.

6.4.1.10 Bezugspunkt Rp

Der Bezugspunkt Rp ermöglicht die Zusammenarbeit zwischen TRC-FE-Instanzen innerhalb desselben Zugangsnetzes zur Ressourcen-Zugangskontrolle von Unicast, Multicast oder beidem.

Der Rp Bezugspunkt ist ein netzinterner Netzbezugspunkt.

6.4.1.11 Bezugspunkt Rd

Der PD-FE der SCF muss einen einzelnen Berührungspunkt über Rs liefern können. Für Skalierbarkeit in größeren Netzen können mehrere Fälle des PD-FEs eingesetzt werden. Jede bearbeitet eine Teilmenge der PE-FEs. Es kann sein, dass die PD-FE-Instanz, die eine Anfrage über den RS-Bezugspunkt erhält, nicht in der Lage ist, den betroffenen PE-FE direkt zu erreichen. Aus diesem Grund müssen die PD-FEs über Rd miteinander in Verbindung stehen.

Mehrere Instanzen des PD-FE kommen ohne Verwendung des Bezugspunkts Rd aus, z. B. dort, wo alle PE-FE-Instanzen direkt von einer bestimmten PD-FE-Instanz erreichbar sind oder wo SCF direkt an die PD-FE die Anfrage sendet, die die Anfrage bearbeiten kann.

Der Rd Bezugswert ist ein netzinterner Bezugspunkt.

6.4.1.12 Zusammenfassung

Die folgende Tabelle beschreibt die Attribute der Bezugspunkte.

Tabelle 2: Tabelle der Bezugspunkte nach ITU-T

Bezug	netzübergreifend	netzintern
Rs	X	
Ri	X	
Rw		X
Rc		X
Rn		X
Rh		X
Rm		X
Ru		X
Rt		X
Rp		X
Rd		X

Jedem Bezugspunkt ist eine Protokollschnittstelle zugeordnet.

Für die Interoperabilität werden die netzübergreifenden Bezugspunkte Rs und Ri benötigt. Zusätzlich können über den Bezugspunkt Rm leistungsrelevante Informationen und über den Bezugspunkt Ru CPE-Transportindizierungs-Information zur Verfügung gestellt werden.

6.5 Aufsetzen von netzweiten Applikationen

Das Aufsetzen von netzweiten Applikationen ist von folgenden Zusammenschaltungsszenarien abhängig, die weiter unten beschrieben werden:

- IMS-Provider mit einem IMS-Provider
- IMS-Provider mit einem PSTN/ISDN-Emulation-Provider
- IMS-Provider mit einem Internet-based-VoIP-Provider

6.5.1 Zusammenschaltung von IMS-Providern

Das erste Szenario stellt die Zusammenschaltung zwischen zwei IMS-Providern dar, die über die IBCF-Funktion für die Signalisierung und die I-BGF-Funktion für die Mediaströme zusammengeschaltet sind.

Die wichtigsten Merkmale der Zusammenschaltung von zwei IMS-Providern sind:

- Verstecken der eigenen Netztopologie (Topology Hiding) und Bereitstellung der Gateway-Funktion durch die Funktion des IBCF bzw. I-BGF
- Abrechnungsdaten werden in den jeweiligen Netzen erzeugt und über eine entsprechende Zusammenschaltungs-Vereinbarung für die gegenseitige Abrechnung der Leistungen verwendet
- Interworking zwischen den IMS-Dienstmerkmalen der beiden Netze über das SIP-Protokoll

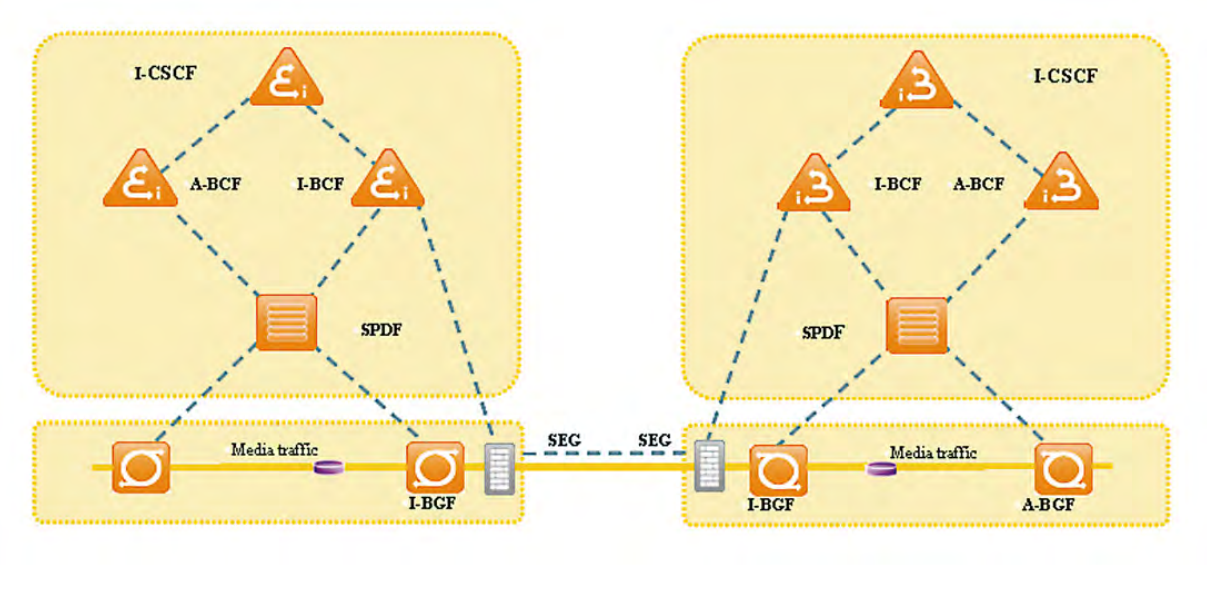
6.5.2 Zusammenschaltung von IMS-Providern mit PSTN/ISDN-Emulation-Providern

Das zweite Szenario beschreibt die Zusammenschaltung zwischen einem IMS-Provider und einem Provider, der PSTN- bzw. ISDN-Dienste in seinem Netz realisiert hat (PSTN/ISDN-Emulation-Provider).

Wesentliche Merkmale der Zusammenschaltung von einem IMS-Provider mit einem PSTN/ISDN-Emulation-Provider sind:

- Verstecken der eigenen Netztopologie (Topology Hiding) und Bereitstellung der Gateway-Funktion durch die Funktion des IBCF bzw. I-BGF

Bild 29: Zusammenschaltung von Netzbetreibern



Quelle: Nokia Siemens Networks

- Die Interworking Function (IWF) wird benötigt, um ein Interworking zwischen IMS SIP und dem SIP-I-Protokoll auf der Seite des Emulation-Providers zu realisieren.

- Abrechnungsdaten werden in den jeweiligen Netzen erzeugt und über eine entsprechende Zusammenschaltungs-Vereinbarung für die gegenseitige Abrechnung der Leistungen verwendet.

- Im Vergleich zu klassischen PSTN/ISDN-Netzen werden in einem emulierten Netz dieselben Funktionen bereitgestellt. Das heißt, die IWF IBCF/I-BGF-Funktion ist vergleichbar mit der Funktion der MGCF/MGW, die für die Zusammenschaltung mit klassischen PSTN/ISDN-Netzen verwendet wird.

- begrenztes Interworking zwischen den Diensten (so genannte simulierte Dienste)

- kein Interworking mit neuen IMS-Diensten wie z. B. Multimedia- und Messaging-Diensten über die SIP-Schnittstelle

6.5.3 Zusammenschaltung von IMS-Providern mit Internet-based VoIP-Providern

Im dritten Szenario wird die Zusammenschaltung zwischen einem IMS-Provider und einem Provider, der einen VoIP-Dienst auf Basis des Internets anbietet (Internet-based-VoIP-Provider), dargestellt:

Die Zusammenschaltung von einem IMS-Provider mit einem VoIP-Provider ist gekennzeichnet durch:

- Verstecken der eigenen Netztopologie (Topology Hiding) und Bereitstellung der Gateway-Funktion durch die Funktion des IBCF bzw. I-BGF

- Die Interworking Function (IWF) wird benötigt, um ein Interworking zwischen IMS SIP und dem Protokoll auf der Seite des Internet-based-VoIP-Providers zu realisieren (beispielsweise H.323)

- Abrechnungsdaten werden in den jeweiligen Netzen erzeugt und über eine entsprechende Zusammenschaltungs-Vereinbarung für die gegenseitige Abrechnung der Leistungen verwendet

- Interworking mit IMS-Diensten wie z. B. Presence- und Messaging-Diensten über die SIP-Schnittstelle

7. Zukünftige technische Entwicklungen des Offenen Zugangs

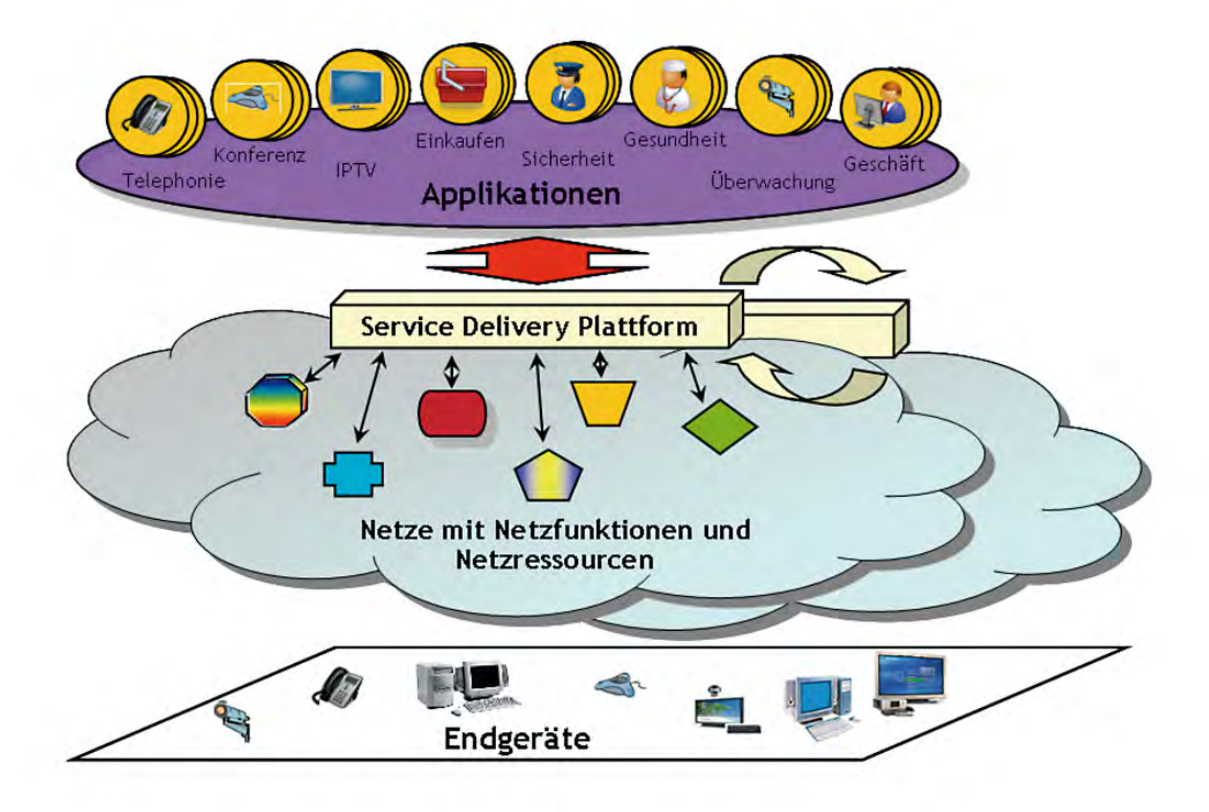
7.1 Service-Delivery-Plattform für den Offenen Zugang zu Applikationen

Eine Service-Delivery-Plattform (SDP), angesiedelt auf der Anwendungsschicht, stellt Applikationen oder Applikationsentwicklern bestimmte Dienste (Services) als einheitliche Programmierschnittstelle (API) zur Verfügung, um ihnen kontrollierten Zugriff auf Kernelemente von Netzfunktionen in den darunterliegenden Transport- und Vermittlungsschichten der entsprechenden Netzbetreiber und Diensteanbieter zu gewähren. Dieser wird benötigt, um Applikationen aus den unterschiedlichen Bereichen (z. B. aus E-Commerce, Informations- und Entertainment-Diensten) unter gewissen Schutz- und Sicherheitsmechanismen mit Netzinformationen zu versorgen und sie letztendlich implementieren zu können. Eine solche SDP wird somit zur Schnittstelle zwischen den Anwendungen und der Diensteinfrastruktur auf Basis der Operation Support Systems (OSS) und Business Support Systems (BSS). Besonders in Offenen Zugangsnetzen, auf denen voraussetzungsgemäß unterschiedliche Netzfunktionen unterschiedlicher Anbieter operieren, kann eine SDP zu geordneten und einfacheren Prozessen bei der Entwicklung, der Einführung, dem Betrieb und der Interaktionen von Applikationen führen.

Applikationen können mithilfe der SDP auch zu neuen verbundenen Applikationen zusammengeführt werden, die in Offenen Zugangsnetzen besonders attraktiv sein können. Dabei spielen bestimmte Dienstepimitive eine wesentliche Rolle:

- Lokalisierungsdienste
- Anwesenheitsdienste
- Netzadressierungsdienste
- Vergebührungsdienste

Bild 30: Service-Delivery-Plattform



Quelle: Alcatel-Lucent

- Bezahldienste
- Authentifizierungsdienste
- Sicherungsdienste
- Selbstprovisionierungsdienste
- Konferenzdienste
- Videosharedienste
- Transportdienste
- etc.

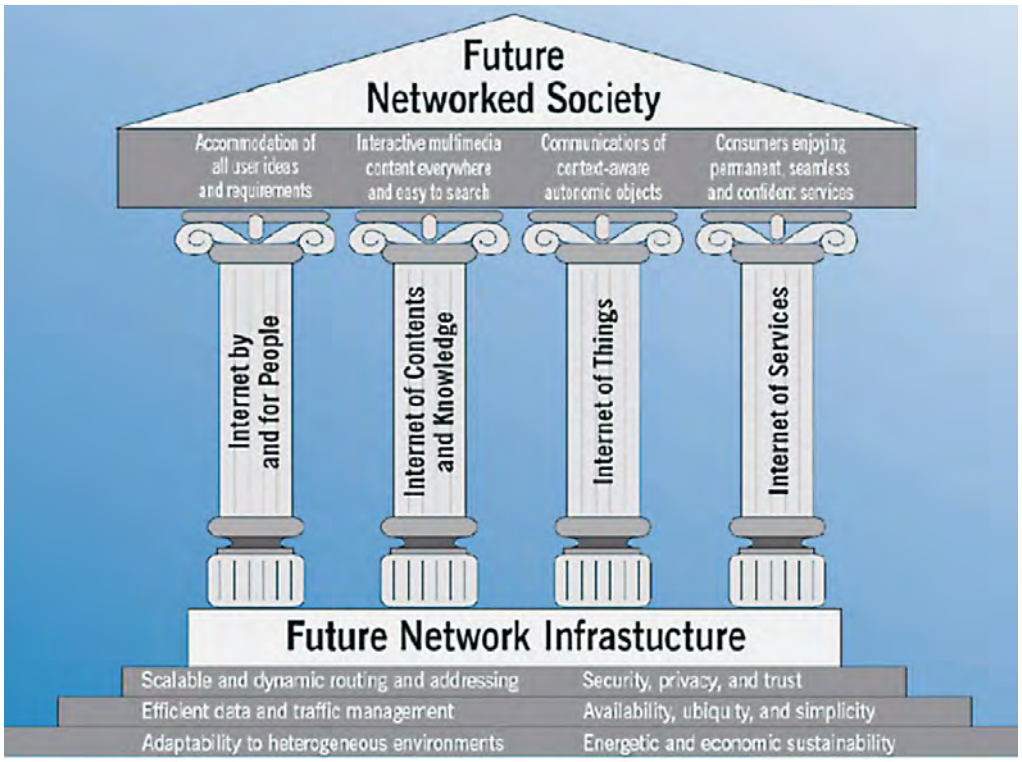
Besonders hervorzuheben sind die Selbstprovisionierungsdienste, die mit geeigneten Webportalen dynamisch die Wünsche von Teilnehmern aufnehmen können und damit entsprechend maßgeschneiderte Applikationen bereitstellen.

7.2 Future Networks

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von technischen Herausforderungen für den weiteren Betrieb und insbesondere das ungebrochene Wachstum des Internets identifiziert. Dabei muss die Konvergenz zwischen den Netz- und IT-Infrastrukturen betrachtet werden, also das Angebot von Diensten über den reinen Datentransport hinaus (z. B.im Bereich Cloud Computing). Sinkende Preise, steigendes Datenvolumen, erhöhte Komplexität der Netze und Sicherheitsanfragen stellen zunehmend Herausforderungen im Internet der Zukunft dar.

Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich Future Internet adressieren diese Herausforderungen. Dabei ist Future Internet kein einheitlicher Begriff. Es werden darunter sowohl technische Konzepte im Kernbereich der Netzwerktechnik verstanden als auch Plattformen für neuartige Anwendungen. Zur Einordnung des Future Internet soll hier das „Tempel-

Bild 31: Future Internet Vision



Quelle: X-ETP

Modell“ aus der Cross-European Technology Platforms Group (X-ETP) verwendet werden.

Nach diesem Bild werden folgende Einsatzbereiche gesehen:

- Internet der Gemeinschaften
- Internet von Wissen und Information
- Internet der Dinge
- Internet der Dienste

Es handelt sich also nicht mehr um ein allumfassendes Netz, sondern eher um einen „Baukasten“, aus dem Netze für bestimmte Aufgaben zusammengestellt werden können. Wichtig sind die Interoperabilität zwischen diesen Netzen sowie gemeinsame Grundlagen, wie im Bild dargestellt:

- Skalierbarkeit
- Sicherheit
- Effizienz
- Verfügbarkeit
- Adaption an heterogene Umgebungen

Zur Verringerung der Komplexität der Kommunikation werden Protokollschichten mit jeweils genau definierten Aufgaben verwendet, die eine Anpassung zwischen dem Kommunikationswunsch des Nutzers und den Möglichkeiten des Netzes ermöglichen. Insbesondere das IP-Protokoll ist als erfolgreiches Beispiel zu nennen, es ermöglicht eine Kommunikation über eine große Anzahl von Übertragungstechniken und gleichzeitig die Nutzung einer Reihe von spezialisierten Protokollen, die wiederum fast eine unbegrenzte Anzahl von Anwendungen ermöglichen („IP-Sanduhr-Modell“).

Neue Herausforderungen im Zusammenhang mit Zugangsnetzen sind:

- **Neuorganisation des Protokollstapels:** Selbstorganisation und Anpassungsfähigkeit von Netzelementen und -diensten ist nur dann effizient möglich, wenn höhere Protokollschichten oder Anwendungen über Informationen aus unteren Netzschichten verfügen („cross layer approach“). Da diese Schichten aber auch Schnittstellen für Komponenten verschiedener Hersteller und Anbieter darstellen, bedarf es einer neuen Struktur, z. B. einer Knowledge Plane. Ein Beispiel für eine reduzierte Anzahl von Protokollschichten ist das G-Lab-Deep-Protokollmodell {13}.

- **Multihoming:** Die allgegenwärtige Verfügbarkeit von festen und mobilen Netzzugängen wird vermehrt dazu führen, dass mehrere Netzzugänge gleichzeitig genutzt werden. Diese Entwicklung berührt nicht nur Fragen von Datentransport und Adressierung, sondern auch das Netzmanagement und Sicherheitsaspekte.

- **Trennung von Locator und Identifier:** Heutzutage erfüllen IP-Adressen zwei verschiedene Funktionen: Zum einen identifizieren sie einen Host, zum anderen geben sie Auskunft über den Ort im Netz, an dem sich der Host befindet. Im heutigen Internet bringt diese Doppelfunktion der IP-Adresse jedoch Probleme bei der Mobilität von Hosts und beim Multihoming. In der Standardisierung werden derzeit verschiedene Lösungsansätze für einen Locator Identifier Split diskutiert (z. B.HIP, LISP).

7.3 Weiterentwicklung von Ethernet-Punkt-zu-Punkt-Technologien

Ethernet-Punkt-zu-Punkt-Systeme verwenden pro Teilnehmer eine dedizierte Glasfaser. Die heute üblichen Übertragungsgeschwindigkeiten für den Endteilnehmer sind entweder 100 Mbit/s oder 1.000 Mbit/s symmetrisch. In FTTH/FTTB-Architekturen findet üblicherweise die Datenübertragung auf einer Faser statt, d.h., Hin- und Rückrichtung werden mithilfe unterschiedlicher Wellenlänge realisiert. Die Weiterentwicklung von Ethernet-Punkt-zu-Punkt-Systemen findet derzeit in verschiedenen Richtungen statt:

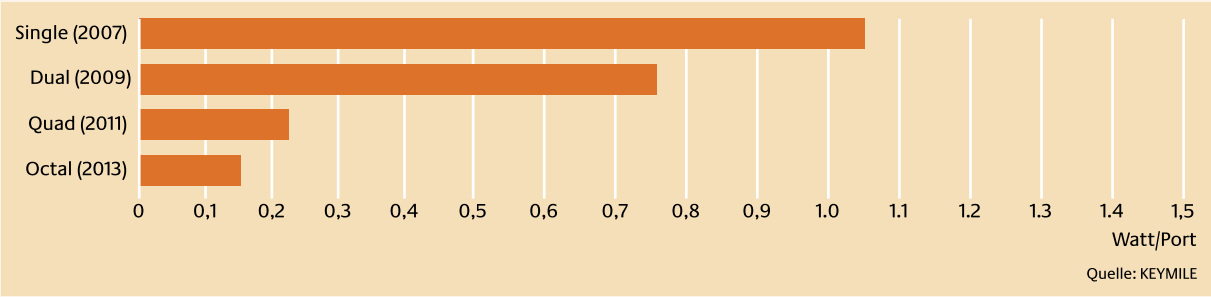
- **Verringerung des Energiebedarfs:** Bereits in den letzten Jahren konnte durch die Verbesserung der optischen Laser ein Wert von ca. 1,2 Watt pro 1.000-Mbit/s-Schnittstelle erreicht werden. Die Prognose für das Jahr 2013 geht von ca. 0,2 Watt pro Schnittelle aus (siehe Bild 32). Damit wird der Energieverbrauch, verglichen mit einer Kupfer-VDSL2-Schnittstelle, um den Faktor 8 reduziert.

- **Geräte mit höherer Schnittstellendichte:** Außerdem findet eine stetige Miniaturisierung der Bauteile und Anschlusskomponenten statt. Durch Verwendung von Mehrfach-Steckern (MPO) wird der Platzbedarf für optische Schnittstellen in Zukunft deutlich reduziert. Liegt die derzeitige Schnittstellendichte bei etwa 40 Ports pro 19-Zoll-Höheneinheit, so werden in Zukunft rund 400 Ports pro Höheneinheit unterzubringen sein.

- **Kosten für die Punkt-zu-Punkt-Laser-Technologie:** Zurzeit tragen die Kosten der optischen Bauteile maßgeblich zu den Gerätekosten eines optischen DSLAM bei. Der Preisverfall insbesondere bei optischen 1.000-Mbit/s-Lasern ist allerdings sehr hoch. Getrieben durch die immer stärkere Verwendung der 1.000-Mbit/s-Schnittstellen im IT-Umfeld und damit stark anwachsender Produktionszahlen ist in den nächsten Jahren mit weiteren deutlichen Preisabschlägen zu rechnen. Prognose: In fünf Jahren kostet ein optischer 1.000-Mbit/s-Port weniger als ein heutiger VDSL2-Port.

- **Verwendung von mehreren Farben (Wellenlängen):** Bereits heute werden üblicherweise in FTTH-Netzen zwei verschiedene Wellenlängen verwendet, um auf einer Glasfaser die Downstream- und Upstream-Daten zu transportieren. Für zusätzliche Dienste wie Kabelfernsehen ist es üblich, eine weitere Wellenlänge zu verwenden. Sollten in Zukunft weitere Dienste hinzukommen oder die Bandbreite von 1.000 Mbit/s pro Teilnehmer nicht ausreichen, können über CWDM- oder DWDM-Technologien quasi beliebig viele Wellenlängen hinzugefügt werden.

Bild 32: Prognose zum Energieverbrauch von Laser-Modulen



7.4 Weiterentwicklung von PON-Architekturen

Nachdem die Glasfaser nahezu unbegrenztes Bandbreitenpotenzial aufweist, ist ein Glasfasernetz für zukünftige Bandbreitenanforderungen eine sehr gute Basis. Technologieentwicklungen jenseits von 10G-PON nehmen Rücksicht auf schon eingesetzte Technologien und erlauben jedwede Erweiterungsmöglichkeit sowohl in AON als auch in PON.

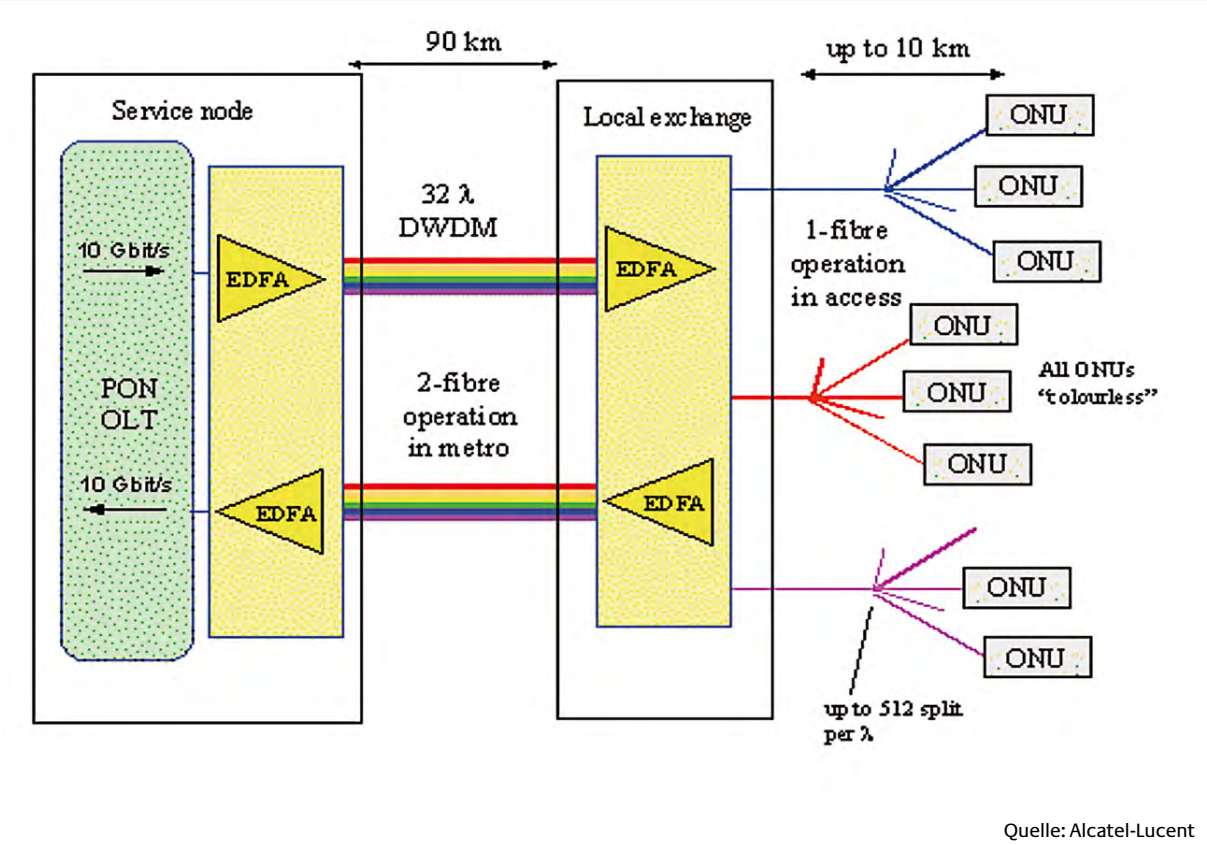
Herkömmliche GPON-Systeme können bezüglich Reichweite, Bandbreite der PONs und Splittingfaktor pro Wellenlänge wesentlich weiterentwickelt werden.

Für die weitere Entwicklung stellt sich die Standardisierung im Sinne eines Full Service Access Networks (FSAN) langsam auf, um die Technologien für weitere Systemgenerationen zu sondieren, wobei hier neben reinem TDM allerlei Multiplexansätze wie WDM, OFDM und Hybride betrachtet werden.

7.5 Next Generation Open Access (NGOA)

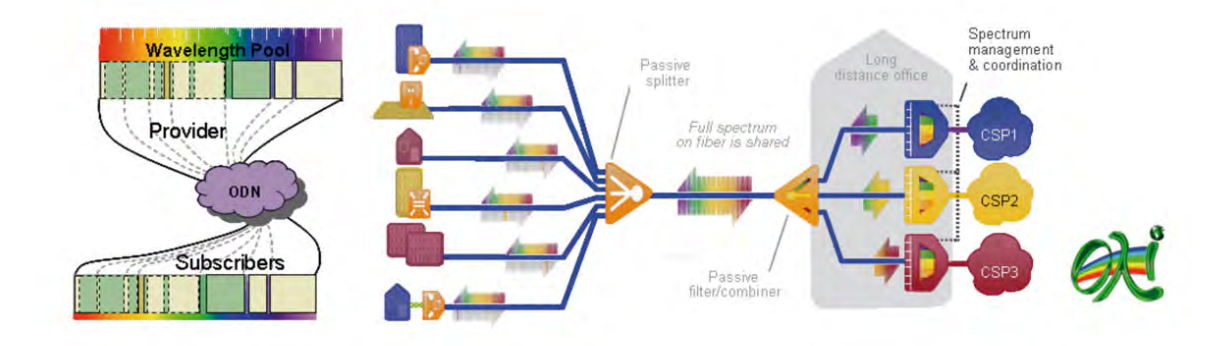
NGOA ist eine von NSN als Basis der Open Lambda Initiative (OLI) vorgeschlagene Lösung eines offenen LWL-Spektrum-Management-Rahmens, in dem Regeln aufgestellt werden, um das breite Spektrum, das durch die Glasfaser geboten wird, effizient zu nutzen. In diesem Rahmen werden alle Kanäle der OLT für alle Benutzer nutzbar. Jeder Benutzer ist einem bestimmten Wellenlänge-Kanal, den die ONU automatisch bestimmt und zuweist. Der Kanalabstand ist flexibel und nicht von einem bestimmten Gerät wie einem AWG begrenzt. Das ODN (Optical Distribution Network) umfasst nur passive und wartungsfreie Komponenten als Kanalübersetzer. Die Architektur bietet eine logische Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen der OLT und den ONUs. Diese stellen dem Nutzer die volle Flexibilität einer vollen Wellenlänge zur Verfügung.

Bild 33: Erweiterungen zukünftiger Glasfasersysteme am Beispiel von PON-Architekturen



Quelle: Alcatel-Lucent

Bild 34: Aufteilung des Spektralbandes gemäß NGOA



Quelle: Nokia Siemens Networks

Die linke Seite des Bildes 34 zeigt eine abstrakte Sicht des Spektrumsgebrauchs des OLI-Modells, in welchem die Aufteilung des Spektralbands als neutrale Systeme bezeichnet wird. Jedes System stellt eine bestimmte Technologie, einen Dienst, Betreiber oder sogar kooperierenden Betreiber dar, die getrennte Dienstleistungen anbieten.

Um die Frequenzzuteilung zu steuern, muss eine „Autorität" eingeführt werden, die eine Reihe von regulatorischen Vorschriften, vergleichbar mit denen für freie Funkübertragung, in einer offenen Lambda-Umgebung festlegt. Das Wellenlängen-Zuordnungs-Verzeichnis ist dann eine einfache Tabelle, die die Kanalzuordnung und Management-Informationen beschreibt. Dieses kann z. B. die freien, belegten Kanäle, reservierte und Notfall-Kanäle, Modulationsschemata, Datenraten von Dienstleistungsarten und Kanal-Kollisionserkennung-Informationen beschreiben.

Die rechte Seite des Bild 34 zeigt ein Beispiel einer Prinzipdarstellung, wie verschiedene Systeme auf eine gemeinsame Glasfaser-Infrastruktur über passive Splitter zugreifen. Das verfügbare Spektrum ist in verschiedene Bänder aufgeteilt, die jeweils von unterschiedlichen Betreibern und Diensteanbietern verwendet werden können. Sie werden gemäß den OLI-Regeln aufgeteilt. Die Hauptziele lassen sich wie folgt beschreiben:

- effektive Nutzung und Management des Frequenzspektrums der verfügbaren Glasfaserbandbreite
- einfache Einführung neuer Technologien und Förderung des Wettbewerbs (neue Technologien können parallel zur bestehenden PON-Infrastruktur eingeführt werden, ohne die bestehende Entwicklung zu stören)
- Koexistenz der folgenden Glasfaser-Infrastruktur
- konkurrierende Technologien und verschiedene Technologiegenerationen
- verschiedene Dienstleistungen (Geschäfts-, Privat- und Mobile-Anwendungen; die Trennung der Dienste erfolgt durch Wellenlängen-Gruppierung)
- verschiedene Anbieter über die gleiche Glasfaser-Infrastruktur (Wettbewerb durch Entbündelung des Spektrums)
- einfache Bereitstellung (zugelassen für service-orientierte und unabhängige Service-Einführungs-Szenarien)

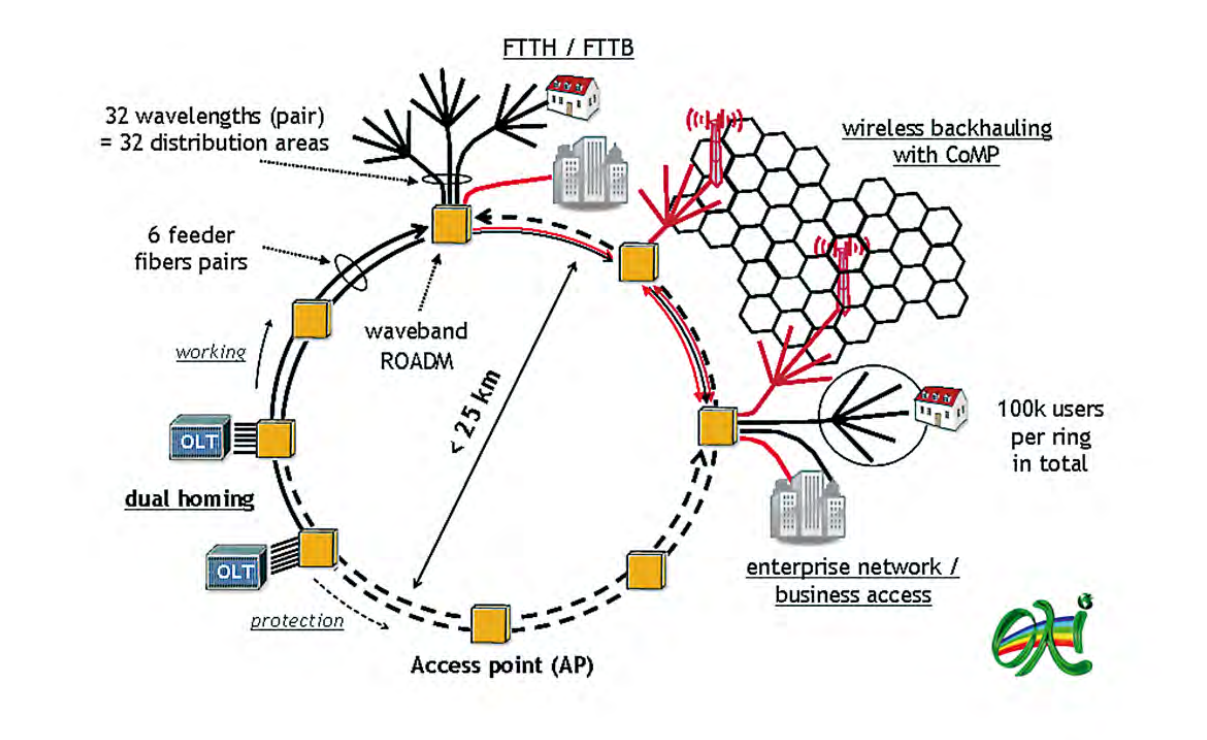
7.6 Das Offene Optische Zugangsnetz im Sinne von OLI

Die Open Lambda Initiative (OLI) hat sich erst gegründet zum Zweck, Konzepte für offene optische Metro-Accessnetze vorzuschlagen, die als Basis für die Diskussion und die Standardisierung in Foren dienen, um physikalische Ressourcen in Metro-Accessnetzen gemeinsam zu nutzen und den Nutzen der Beteiligten in solchen Netzen zu erarbeiten. Sie ist eine offene Interessensgruppe mit einer GPL-Vereinbarung (General Public License) anstatt NDAs (Non Disclosure Agreements) oder formalen Verträgen.

Die Gruppe erzeugt White Papers; eine detaillierte technische Zusammenarbeit ist nicht geplant. Die Gruppe wird erstmalig mit einem Übersichtspapier Ende November 2010 im Rahmen eines FSAN-Meetings an die Öffentlichkeit treten. Derzeit sichtbare Mitglieder sind Nokia Siemens Networks, Alcatel-Lucent, Vodafone und JDS Uniphase. Zusätzlich nehmen drei große „unsichtbare" europäische Netzbetreiber aktiv an den Treffen teil, weitere Mitglieder werden erwartet.

Das gemeinsame Verständnis der OLI-Gründer Nokia Siemens Networks und Alcatel-Lucent ist es, die Idee einer offenen optischen Infrastruktur durch eine hocheffiziente Ausnutzung von optischen Ressourcen im Zugangsnetz zu fördern. In diesem Zusammenhang soll das Ziel eines Open Access auf der optischen Ebene erleichtert werden. Die im Abschnitt 7.5 NGOA zugrunde liegende Überlegungen des Wellenlängen-Sharings und deren dynamischer Verwaltung spielt im Bereich der OLI eine grundsätzliche Rolle. Der ergänzende Ansatz von Alcatel-Lucent beinhaltet demgemäß auch die dynamische Ressourcenverwaltung, ist aber nicht nur auf Wellenlängen beschränkt und wird so als erweitertes Konzept von den anderen OLI-Mitgliedern mitgetragen. Bild 35 stellt praktische Anwendungsfälle auf einer gemeinsamen Infrastruktur dar und beschreibt damit eine konvergierte Netzarchitektur für optische Basisdienste im Zugangsnetz.

Bild 35: Beispiel einer konvergierten Netzarchitektur für optische Basisdienste im Zugangsnetz



Quelle: Alcatel-Lucent

Sie trägt gewachsenen Infrastrukturen und derzeitigen Triple-Play-Diensten von traditionellen Netzbetreibern Rechnung.

Derzeit handelt es sich meist um „hermetisch geschlossene“ vertikal integrierte Netze, in denen der Betreiber optische Dienste an eine geschlossene Kundenbasis liefert. Der Aufbau von Glasfasernetzen ist eine gewaltige Investition, besonders im Zugangsnetz, und wird als wichtiges Wirtschaftsgut einer Region oder einer Stadt anerkannt. Dies nur für Hochgeschwindigkeits-Internet und IPTV zu verwenden, scheint zu kurz gegriffen. Das Glasfasernetz muss ein vielseitiges Versorgungsnetz einer universalen Infrastruktur wie Wasser-, Gas-, Elektrizitäts- und Straßennetze werden. Dies bedeutet, dass man die optische Infrastruktur in ein nahezu unbegrenztes Kommunikations-Backbone für alle denkbaren Dienste, Betreiber und Kunden mit offenen Geschäftsmodellen umwandeln muss.

8. Empfehlung aus technischer Sicht

Gemäß der Breitbandstrategie der Bundesregierung vom Februar 2009 sollen bis 2014 bereits für 75 Prozent der Haushalte Anschlüsse mit Übertragungsraten von mindestens 50 Mbit/s bereitstehen, möglichst bald sollen diese flächendeckend verfügbar sein.

In diesem Sinne wird für den weiteren nachhaltigen Ausbau breitbandiger Zugangsnetze empfohlen, Investitionen schwerpunktmäßig für Infrastruktur und Technik zum Ausbau hochleistungsfähiger optischer Zugangsnetze einzusetzen. Dadurch wird gewährleistet, dass das Breitbandnetz von Anbietern des Offenen Zugangs für die Anforderungen von Nachfragern an Offenem Zugang für Geschäftsmodelle verwendet werden kann, die Applikationen noch höherer Bandbreite erfordern. Diese werden im Wettbewerb, gefördert durch Open Access, wie im Betrag beschrieben, in absehbarer Zukunft in den Markt eintreten.

Die technischen und betrieblichen Konzepte dieser Netze sind von Anfang an auf den Offenen Zugang für andere Netzbetreiber und Diensteanbieter auszurichten. Die dabei großenteils vorhandenen notwendigen Standardisierungen und Referenzarchitekturen der Standardisierungsgremien sind entsprechend anzupassen und weiterzuentwickeln.

9. Referenzen

[1] Projektgruppe Breitband der Zukunft: „Strategiepapier Breitband der Zukunft für Deutschland“, BMWi, Berlin [2008]

[2] Die Bundesregierung: „Breitbandstrategie der Bundesregierung“, Die Bundesregierung, Berlin [2009]

[3] Projektgruppe Breitband der Zukunft: „Beiträge zur Umsetzung der Strategie der Bundesregierung“, BMWi, Berlin [2009]

[4] Projektgruppe Breitband der Zukunft: „Technische Lösungsszenarien für eine flächendeckende Infrastruktur zur Breitbandversorgung“, BMWi, Berlin [2009]

[5] Yves Danet et.al.: „Future Internet Strategic Research Agenda – The Cross-ETP Vision Document version 1.1“, X-ETP [2010]

[6] FTTH Council Europe: „FTTH Handbook V3.1“, Deployment & Operations Committee [2010]

[7] FTTH Council Europe: „FTTH Business Guide V1.1“ [2010]

[8] BNetzA: Technische und operationelle Aspekte des Zugangs zu Glasfasernetzen und anderen NGA-Netzen, Arbeitspapier der Arbeitsgruppe 3 ‚Interoperabilität‘, NGA-Forum, Bundesnetzagentur, Bonn [voraussichtliche Veröffentlichung 2011]

10. Nützliche Links

{1} http://www.foerderdatenbank.de

{2} http://www.dstgb.de

{3} http://www.vatm.de

{4} http://www.bmwi.de

{5} http://www.zukunft-breitband.de/

{6} http://www.bitkom.de

{7} http://www.brekoverband.de

{8} http://www.ifKom.de

{9} http://www.ec.europa.eu

{10} http://www.ftthcouncil.eu

{11} http://www.ipv6council.de/aktionsplan.html

{12} http://www.bundesnetzagentur.de

{13} http://www.g-lab-deep.de

{14} http://www.tmforum.org

{15} http://www.broadband-forum.org

{16} http://www.itu.int/itu-t

{17} http://www.etsi.org

{18} http://www.etsi.org/tispan

{19} http://www.openlambdainitiative.org

{20} http://www.3gpp.org

{21} http://www.ietf.org

{22} http://www.openlambdainitiative.org

Anlage 1: Glossar

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Loop/Line; asymmetrischer, digitaler Teilnehmer-Anschluss; zurzeit häufigste Anschlusstechnik von Breitbandanschlüssen
AON	Aktives Optisches Netz; im optischen Netz werden aktive Elemente eingesetzt
Backbone	Verbindender Kernbereich eines Telekommunikationsnetzes
Backhaul	Netztechnische Anbindung eines vorgelagerten, meist hierarchisch untergeordneten Netzknotens an einen zentralen Netzknoten
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
BSA	Bit Stream Access; typische Zugangsart zum Teilnehmer unter Nutzung von IP-Zugangstechnologien
BSS	Business Support System; Systeme zur Unterstützung von Geschäftsprozessen
CATV	Cable TV; Kabelfernsehen
CPE	Customer Premise Equipment; Einrichtungen beim Endkunden, oft nicht Teil des Netzes
DA	Diensteanbieter
DRM	Digital Right Management; Regelungen zur Verwertung digitaler Angebote
DSL	Digital Subscriber Line; Anschlusstechnik für den digitalen breitbandigen Teilnehmeranschluss
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer; DSL-Vermittlungsstelle
DOCSIS	s. EuroDOCSIS
Downstream	Datenübertragung zum Kunden, d. h. Empfang von Daten
D-PON	siehe DOCSIS
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplex ist ein Verfahren zur Übertragung von hohen Bitraten unter Ausnutzung verschiedener Wellenlängen auf Glasfasern
Ethernet	leitungsgebundene Technik für lokale Datennetze
EuroDOCSIS	DOCSIS = Data Over Cable Service Interface Specification; der DOCSIS-Standard wurde dem europäischen PAL-System angepasst, da es Bandbreiten bis 8 MHz fordert; dieser firmiert unter der Bezeichnung EuroDOCSIS; EuroDOCSIS 3.0 ermöglicht durch Bündelung von Kanälen pro Teilnehmer bis zu 200 Mbit/s im Downstream – in Richtung Teilnehmer – und bis zu 120 Mbit/s im Upstream – weg vom Teilnehmer
FCP	Fiber Concentration Point; aspezifische Verteilpunkte in Glasfasernetzen
FTTB	Fiber To The Building/Basement; Glasfaser bis zum Gebäude; je nachdem, wie nahe der DSLAM am Teilnehmer ist, spricht man von FTTC bzw. FTTN oder von FTTB, bei dem der DSLAM im Keller eines Mehrfamilienhauses steht
FTTC	Fiber To The Curb; Glasfaser bis zum Straßenrand/Kabelverzweiger; hier steht z. B. der DSLAM in einem Schrank im Kabelverzweiger im Feld
FTTH	Fiber To The Home; Glasfaser bis in die Wohnung

GB	Gigabyte; eine Milliarde Bytes; 1 Byte = 8 Bit
Gbit/s	Gigabit pro Sekunde; Übertragungsgeschwindigkeit in Milliarden Bit je Sekunde
Gf-HVt	Glasfaser-Hauptverteiler
GPON	Gigabit Passive Optical Network; Übertragungstechnologie auf Basis von passiven optischen Netzen. GPON erlaubt derzeit 2,5 Gbit/s im Downstream, künftig bis zu 10 Gbit/s
GPRS	General Packet Radio Service; Verfahren zur paketorientierten Datenübertragung in GSM-Mobilfunknetzen
GSM	Global System for Mobile Communication; in Europa entwickelter, weltweit erfolgreicher, digitaler Mobilfunkstandard
HD	High Definition; hochauflösend, z. B. HDTV
HDTV	High Definition Television; Sammelbegriff für hochauflösendes Fernsehen
HFC	Hybrid Fiber Coaxial; Anschlusstechnologie, bei der heute koaxiale Kabelfernsehnetze in der Fernebene Glasfaser- und im Teilnehmerbereich hochwertige Koaxialkabel verwenden
HQ	High Quality
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access; auch UMTS-Breitband, gestattet im Labor Downlink-Datenraten von 14,6 Mbit/s
HSPA	High Speed Packet Access; Oberbegriff zu HSDPA und HSUPA
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access; wird beim Mobilfunkstandard UMTS verwendet und ermöglicht höhere Datenraten im Uplink bis zu 5,8 Mbit/s
HÜP	Hausübergabepunkt
HVt	Hauptverteiler im Central Office, Vermittlungsstelle, Point of Presence
IA	Infrastrukturanbieter
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers; Berufsverband und Standardisierungsorganisation in den USA
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol; Übertragungen gemäß Internet-Protokoll, z. B. Voice over IP – Sprache über IP
IPv4	Internet Protocol Version 4
IPv6	Internet Protocol Version 6 als Nachfolger von IPv4
IPTV	IP-Television; Fernsehübertragung auf Basis des Internet-Protokolls über gemanagte Netze
ISP	Internet-Service-Provider
ISDN	Integrated Services Digital Network; bestehendes digitales Telefonnetz
ITU	International Telecommunication Union; Unterorganisation der UN
ITU-T	ITU-T befasst sich mit technischer Standardisierung innerhalb der ITU
KVz	Kabelverzweiger; Schaltschrank zur Kabelverteilung innerhalb eines Fernsprech-Ortsnetzes zwischen Ortsvermittlungsstelle und den Teilnehmern
LAN	Local Area Network; lokal begrenztes Datennetz

LTE	Long Term Evolution; Nachfolgestandard von UMTS mit einer Bandbreite pro Zelle deutlich über 100 Mbit/s
L2/L3	Layer 2/Layer 3 im OSI-Modell
Mbit/s	Megabit pro Sekunde; Übertragungsgeschwindigkeit in Millionen Bit je Sekunde
MOS	Mean Opinion Score; subjektive Bewertung im Bereich von 1 bis 5
MPLS	Multi Protocol Label Switching; Verfahren zur definierten Übertragung von IP-Strömen
NB	Netzbetreiber
NGA	Next Generation Access
NGGPON	Next Generation GPON mit deutlichen Erweiterungen in der Bandbreite, der Reichweite und der Anzahl der anzuschließenden Teilnehmer auch unter Ausnutzung von Wellenlängenmultiplexern oder dedizierten Wellenlängen für die Teilnehmer (WDM PON)
NGN	Next Generation Network
NGOA	Next Generation Open Access
NGOSS	Next Generation Operation Support System; Systeme zum Betrieb des Netzes
NMS	Network Management System
OA	siehe Open Access
OLT	Optical Line Termination; optischer Netzabschluss im Netzknoten, oft nahe dem Gf-HVt
ONT	Optical Network Termination; optischer Netzabschluss in Richtung Endkunde
Open Access	Zugangsmodell, welches einen diskriminierungsfreien Breitbandzugang einschließlich der Applikationen für Drittanbieter ermöglicht. Hierdurch soll der Wettbewerb der Netz- und Servicebetreiber auf dem Infrastrukturnetz (z. B. Glasfaser) gestärkt werden
PLC	Powerline Communication; Datenübertragung über das Stromnetz
PON	Passive Optical Network (s. GPON)
PoP	Point of Presence; Knotenpunkt im Netz
Powerline	s. PLC
PSTN	Public Switched Telephone Network; bestehendes Telefonnetz
P2P	Point-to-Point; Punkt-zu-Punkt-Verbindung; teilweise wird dasselbe Kürzel auch für Peer-2-Peer, für den direkten Dateiaustausch zwischen zwei Teilnehmern im Zusammenhang mit Filesharing-Netzen verwendet
QoE	Quality of Experience; Qualität des Dienstes aus Nutzersicht
QoS	Quality of Service; Qualität des Dienstes aus Sicht des Anbieters
SLA	Service Level Agrement; Vereinbarungen zwischen Anbieter und Kunden über Qualitätsmerkmale des Produktes
SHDSL	Symmetrical High-Bit-Rate Digital Subscriber Line; weitere DSL-Art stellt SHDSL.bis dar – symmetrisch bis 7,58 Mbit/s über relative große Entfernungen
TAE-Dose	Telekommunikations-Anschluss-Einheit zum Anschluss von analogen und ISDN-Telefonen

TDM	Time Division Multiplex; heutiges Übertragungsverfahren im PSTN/ISDN
TMF	Telecom Management Forum
TR	Technical Report
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System; Mobilfunkstandard der dritten Generation, bei dem mit bis 7,2 Mbit/s deutlich höhere Datenübertragungsraten als mit dem GSM-Standard möglich sind
Upstream	Datenübertragung vom Kunden in das Netz, d. h. Versand von Daten
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line; Technologie, die im Downstream mit 52 Mbit/s und im Upstream mit 11 Mbit/s wesentlich höhere Datenübertragungsraten als beispielsweise ADSL gestattet
VoD	Video on Demand; Video auf Nachfrage
VoIP	Voice over IP; Internet-Telefonie – Telefonieren über Computernetze, die nach Internet-Standards arbeiten
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network; großräumiges Computernetz
WDM PON	Wavelength Division Multiplexing; Technologie, die individuelle Kunden über eigene Wellenlängen versorgen soll
Wireless LAN	Wireless Local Area Network, auch WLAN; drahtloses Funknetz mit geringer Reichweite i. d. R. nach einem der Standards IEEE 802.11a, b, g oder n
WLAN	Wireless Local Area Network

Anlage 2: Übersicht der Beteiligten und der Unternehmen

- Alcatel Lucent Deutschland (Leitung)
- Kabel Deutschland
- Deutsche Telekom
- Cisco Deutschland
- Ericsson
- Bundesministerium des Inneren
- Nokia Siemens Networks
- Telefonicá O_2
- IfKom
- VATM
- BREKO
- Seim & Partner
- Keymile
- HeLi NET

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie herausgegeben. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.