

# NGA-Forum

AG Interoperabilität

Leistungsbeschreibung eines  
Ebene 2-Zugangsprodukts

L2-BSA V - Mustervereinbarungen

V 1.0  
21.09.2012



## Vorwort

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen der Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts entstanden (vgl. [2]). Während die bisher veröffentlichten Dokumente konkrete Spezifikationen und Beschreibungen zu technischen und prozessualen Schnittstellen umfassen sowie NGA-Geschäftsprozesse definieren, soll mit der L2 Mustervereinbarung eine Hilfestellung geboten werden, mit der sich Interessenten im Vorfeld der konkreten Planung zur Bereitstellung eines L2-Vorleistungsprodukts bzw. -Zugangsnetzes einen Überblick über wesentliche Aspekte eines solchen Projekts verschaffen können.

Das Dokument verdeutlicht zum einen den Zusammenhang zwischen den Diensten, die über ein Zugangsnetz den Endkunden angeboten werden sollen, und den entsprechenden technischen Anforderungen an das Zugangsnetz. Zum anderen gibt es Orientierungshilfen für die zugehörigen Werte der wesentlichen Leistungsparameter, für die Erfahrungsdaten aus dem praktischen Betrieb existierender Netze herangezogen wurden.

Darüber hinaus weist das Dokument auf Zusammenhänge hin, welche die Auswahl von Netzarchitektur- und Technologie ebenso wie die von Kooperations- und Betreiber-Modellen beeinflussen und damit im Geschäftsmodell zu berücksichtigen sind.

Es sei an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass die hier angegebenen Wertebereiche der Leistungsparameter Orientierungshilfen darstellen und nicht als verbindliche Empfehlungen zu verstehen sind. Verschiedene Standardisierungsgremien (z.B. ITU-T, MEF) arbeiten derzeit an solchen Festlegungen, die jedoch noch nicht abgeschlossen und veröffentlicht sind.

## Teilnehmerliste

Markus Bick (Keymile)

Marco Gärtner (EWE)

Nikolaus Gieschen (Deutsche Telekom)

Thomas Hartmann (Telefónica Germany) \*)

Jürgen Hein (Orange)

Walter Erich Kailbach (Alcatel-Lucent) \*\*)

Oliver Kettig (Vodafone)

Heiko Liebscher (wilhelm.tel)

Stefan Mohr (QSC)

Andre Mueller (BNetzA)

Malini Nanda (IEN)

Ole Pauschert (Telefónica Germany)

Falk Schindler (Orange)

Volker Sypli (BNetzA)

---

\*) Leiter Themengruppe

\*\*) Koordinator AG Interoperabilität

## Änderungsregister

<b>Ausgabe</b>	<b>Datum</b>	<b>Änderung</b>	<b>Seite/ Kapitel/ Abschnitt</b>
V1.0	21.09.12	Version 1.0	Gesamtes Do- kument



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	3
Teilnehmerliste .....	4
Inhaltsverzeichnis .....	7
Abbildungsverzeichnis .....	9
Tabellenverzeichnis .....	10
<b>1            Einleitung .....</b>	<b>11</b>
<b>2            Dienste und Diensteklassen .....</b>	<b>12</b>
2.1           Abbildung von Diensten auf Diensteklassen.....	12
2.2           Diensteklassen im Netzkontext .....	13
2.3           Spezifizierung der QoS-Parameter der Diensteklassen.....	15
2.4           Metriken für die Dienstgütevereinbarungen .....	17
<b>3            Aspekte zur Realisierung .....</b>	<b>20</b>
3.1           Allgemeine Aspekte der Planung .....	20
3.1.1        Neuerschließung und Leistungsangebot.....	20
3.1.2        Kosteneffekte.....	21
3.1.3        Dienstprofile und Dimensionierung .....	21
3.1.4        Breitbandversorgung durch Fest- und Mobilnetze.....	22
3.1.5        Anbindung lokaler Netze.....	23
3.1.6        Migrationsszenarien des Breitbandausbaus .....	24
3.1.6.1      Festnetze.....	24
3.1.6.2      Mobilnetze .....	24
3.1.7        Kooperations- und Netzbetriebsmodelle .....	25
3.1.7.1      Vertikale Integration.....	25
3.1.7.2      Netzbetrieb und Kundenmanagement .....	26
3.2           Spezifische Aspekte zu Kooperationsvereinbarungen.....	27
3.2.1        Zertifizierung der Endgeräte .....	27
3.2.2        TAL-Vertrag.....	27
3.3           Zusammenfassung der Aspekte zur Kooperation.....	27

<b>4</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>29</b>
4.1	Quality of Experience für SDTV und HDTV .....	29
4.2	Mögliches Referenzmodell zur Ermittlung der KPIs im Zugangsnetz .....	29
4.3	Messverfahren für Jitter .....	32
	Referenzen .....	34
	Verzeichnis der Abkürzungen und Kurzschreibweisen .....	36



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Referenzarchitektur für eine NGN-Ende-zu-Ende Verbindung mit Bezeichnung der Segmente für die Qualitätsparameter .....	15
Abbildung 2: Dimensionierung im Zugangs- und Aggregationsnetz .....	22
Abbildung 3: Vertikale Integration .....	25
Abbildung 4: L2 BSA-Kooperationsschnittstellen .....	26
Abbildung 5: Aufbau der Referenzmessung .....	30

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Typische Zuordnung der Dienst zu den Dienstklassen .....	13
Tabelle 2:	Parameter für die Ende-zu-Ende (Kunde-zu Kunde/Server) Beziehung	16
Tabelle 3:	Vorschlag für QoS-Parameter für L2-BSA in NGA-Netzen .....	16
Tabelle 4:	Minimal geforderte Anforderungen zur Erfüllung des QoE (Quality of Experience) für MPEG-4 AVC oder VC-1 bei SDTV Services .....	29
Tabelle 5:	Minimal geforderte Anforderungen zur Erfüllung des QoE (Quality of Experience) für MPEG-4 AVC oder VC-1 bei HDTV Services .....	29

# 1 Einleitung

Mit dem NGA-Grundsatzdokument [1] und der Layer 2-Bistrom-Leistungsbeschreibung (L2-BSA) [2] wurden die technischen und operationellen Aspekte des Zugangs zu Glasfaser- und anderen NGA-Netzen beschrieben und die grundsätzlichen Strukturen, Modelle, Protokolle, Parameter usw. für die technische Interoperation auf der Netzebene festgelegt. Die Dokumente stellen ein Rahmenwerk dar, das Wege zur Konzeption, Aufbau und Dimensionierung von zukunftssicheren NGAs aufzeigt.

Bei der konkreten Umsetzung sind zwischen den Vertragspartnern die Werte der Leistungsparameter festzulegen. Diese sind zum einen abhängig von der Leistungsfähigkeit der jeweils gewählten Technologie und Architektur des Zugangsnetzes sowie zum anderen von den Anforderungen der Dienste des Diensteanbieters.

Mit den Mustervereinbarungen sollen unter Berücksichtigung der Zugangstechnologien weitere unterstützende Informationen gegeben werden, welche Rahmenbedingungen bei der Planung und Dimensionierung von NGAs unter Verwendung des L2-BSA zu einzuhalten sind, damit typische Endkundendienste (z.B. Triple Play, VoIP, VoD) unterstützt werden können.

Für das Zugangsnetz werden die wesentlichen Leistungsparameter bestimmt und die Aspekte qualitativ beschrieben, die bei der Realisierung zu beachten sind. Zur Dimensionierung der Dienstprofile werden Empfehlungen konkreter Parameterwerte bzw. – Wertebereiche gegeben.

Es ist nicht Ziel des Dokuments, eine vollständige Anleitung zum Bau eines Zugangsnetzes zu liefern, da zahlreiche unterschiedliche Randbedingungen, sowie vielfältige technische und betriebliche Realisierungsmöglichkeiten existieren. Im Kapitel 2 werden zunächst die bei der Planung und Dimensionierung von Zugangsnetzen zu berücksichtigenden Dienste und Dienstklassen beschrieben. Anschließend werden die relevanten Qualitätsparameter sowie Wertebereiche bestimmt.

Im Kapitel 3 wird auf dedizierte Aspekte der Realisierung von Zugangsnetzen hingewiesen. Diese umfassen Themen, die bereits bei den Anfangsüberlegungen zum Bau eines Netzes berücksichtigt werden sollten, bis hin zu solchen zu Kooperationsvereinbarungen. Ziel ist, primär Entscheidungsträger unterstützen, welche erstmalig den Ausbau von lokalen oder kleine regionalen NGA-Netzen ins Auge fassen.

Das Kapitel 4, der Anhang, gibt eine Übersicht über Ende-zu-Ende-Mindestanforderungen für IPTV-Ende-zu-Ende-Dienste bei unterschiedlichen zu übertragenden Bitraten an. Es wird ein mögliches Lösung für ein Messreferenzsystem zur Vereinbarung und Nachweis von Referenzwerte für KPIs zwischen den Vertragspartnern beschrieben. Die im Rahmen dieser Referenztestkonfiguration zu erwarteten Messergebnisse werden dargestellt. Außerdem wird ein Jitter-Messverfahren definiert.

## 2 Dienste und Diensteklassen

### 2.1 Abbildung von Diensten auf Diensteklassen

Im Idealfall wären Zugangsnetze unendlich schnell und hätten keine Bandbreitenbegrenzung, um alle Dienste uneingeschränkt übertragen zu können. Selbst die Annäherung an dieses Ideal ist jedoch aus ökonomischen Gründen nicht realistisch, weshalb sowohl für die Konzeption eines Netzes als auch bei Kooperationsvereinbarungen zur Nutzung Abwägungen zwischen Leistung und kommerziellem Aufwand getroffen werden müssen, sicherlich abhängig davon, welche Dienste in welchem Umfang ermöglicht werden sollen.

Im NGA-Kontext bieten die Diensteanbieter über das Zugangsnetz den Endkunden potenziell eine Vielzahl unterschiedlicher Dienste an, wie z.B. Voice, IPTV, Internet, Smart Metering usw. Die Aufzählung der möglichen Dienste im NGA-Grundsatzdokument (vgl. [1]) ist bereits recht umfangreich. Es ist dort aber auch erwähnt, dass diese Liste nicht vollständig sein kann, da künftig weitere, derzeit noch nicht absehbare Dienste hinzukommen werden. Neben den eigentlichen „Kunden“-Diensten werden über das Zugangsnetz aber auch Management-Dienste übertragen, mit denen z.B. der Diensteanbieter das Endgerät beim Kunden konfigurieren oder Ende-zu-Ende Leistungsmessungen vornehmen kann.

Es ist daher weder sinnvoll noch möglich, für alle denkbaren Dienste unterschiedliche Anforderungen an das Zugangsnetz zu spezifizieren, allein schon im Hinblick auf den Aufwand bei Kooperationsabsprachen. Die Lösung ist vielmehr, eine geringe Anzahl von Diensteklassen zu definieren, welche für die technische Realisierung klar spezifizierbar sind und auf die sich die möglichen Dienste entsprechend ihren Übertragungsanforderungen abbilden lassen.

Es gibt unterschiedliche Ansätze und Überlegungen, wie viele Diensteklassen in Übertragungsnetzen sinnvoll bzw. erforderlich sind. Je mehr Klassen zur Verfügung stehen, desto differenzierter kann das Kosten- und Vergütungsmodell der unterschiedlichen Dienste gestaltet werden. Allerdings nehmen entsprechend auch der Implementierungs-, der Management- sowie der Kooperationsaufwand zu.

Das Minimum liegt sicher bei zwei Diensteklassen: eine für hohe Anforderungen bezüglich Zeitverhalten und Übertragungsqualität (z.B. für Sprache und andere interaktive Dienste) sowie eine „Best-Effort“-Klasse mit geringen Qualitätsgarantien, die aber auch für große Bandbreiten relativ kostengünstig bereitgestellt werden kann. Darüber hinaus kommen technische Realisierungen mit 4, 6 und 8 Dienst- bzw. Qualitätsklassen zum Einsatz. Die NGA-Arbeitsgruppe hat bei der Spezifikation des L2-BSA-Vorleistungsprodukts vier Diensteklassen<sup>1</sup> für Zugangsnetze als praxisgerecht bewertet (vgl. [3]), welche im folgenden Kapitel näher beschrieben werden.

Es sei an dieser Stelle drauf hingewiesen, dass Multicast- ebenso wie Unicast-Dienste in unterschiedlichen Qualitäts- bzw. Diensteklassen vorkommen können. So hat z.B.

---

<sup>1</sup> Vier Diensteklassen stellen die grundsätzliche Empfehlung dar. An der Kundenschnittstelle sind im Upstream für Privatkunden aufgrund des überschaubaren Verkehrsaufkommens zwei, für Geschäftskunden-Dienste bis zu sechs symmetrische Klassen vorgesehen.

der Multicast von TV-Kanälen wesentlich höhere Anforderungen als das Software-Update von Endgeräten durch Multicast.

Ausgehend von den Einschätzungen, wie ein Dienst durch Störeffekte beeinflusst wird, ist zunächst eine Unterscheidung zwischen „elastische“ und „in-elastische“ Diensten sinnvoll. Sprachkommunikation ist z.B. nur möglich, wenn definierte Verzögerungszeiten eingehalten werden können. Werden diese überschritten, werden die Pausen im Gespräch so groß, dass sich selbst disziplinierte Sprecher gegenseitig ins Wort fallen. Sprach- und auch Streaming Videodienste sind grundsätzlich zeitkritisch und fallen daher in die Klasse „in-elastisch“. Verkehr der Diensteklasse „Best Effort“ andererseits stellt grundsätzlich keine Anforderungen an Übertragungszeiten und kann flexibel auf Störungen reagieren. Bei Übertragungsfehlern können gestörte Datensätze auch wiederholt übertragen werden. Datendienste sind daher typische Kandidaten für die elastischen Dienstklassen. Die weitere Unterscheidung in den beiden Dienstklassen erfolgt dann danach, ob die Dienste primär durch Datenverluste oder Verzögerungszeiten beeinflusst werden.

Eine Zuordnung bekannter Dienste zu den Dienstklassen ist in Tabelle 1 dargestellt. Einem Diensteanbieter bleibt es aber letztendlich freigestellt welche Dienste er in welcher Klasse produziert, um seine Produktvorstellungen zu realisieren.

Diensteklasse		Charakteristische Eigenschaften	Typische Dienste
1	In-elastische Dienstklassen	<b>Realtime</b> (Interactive)  <i>Interaktive Dienste</i> grundsätzlich symmetrische Datenraten Minimale Verzögerung Minimaler Jitter Hohe Signaltreue	Sprach- / Video Telefonie Sprach- / Video Konferenzen Gaming Interaktive TV-Anwendungen
2		<b>Streaming</b> (Multimedia)  <i>Broadcast Dienste</i> Datenrate downstream sehr hoch upstream gering („zapping“) Geringe Laufzeit Jitter minimiert Höchste Signaltreue	Video-Broadcast VoD Streaming Audio Radio Broadcast Messaging
3	elastische Dienstklassen	<b>Critical Applications</b> (low loss)  <i>Business Dienste</i> Typ. Datenverkehr Garantierte Verbindung	Kartenleser Smart Metering ... Steuer – und Kontrollsignale
4		<b>Best Effort</b>  Typ. Bitraten bis Peakrate Laufzeitverzögerung <2000 ms n.s.	E-Mail Surfen P2P Download

Tabelle 1: Typische Zuordnung der Dienste zu den Dienstklassen

## 2.2 Dienstklassen im Netzkontext

Bandbreitenanalysen im Zusammenhang mit der Anzahl und Gestaltung der Bitstream-Vorprodukte haben bei der Konzeption eines Netzes einen erheblichen Einfluss. Einerseits müssen diese Produkte so spezifiziert werden, dass praktisch alle derzeit bekannten wie auch zukünftig mögliche neue Dienste übertragen werden können, andererseits werden die resultierenden Kosten für die Bitstrom-Vorleistung einen starken

Einfluss darauf haben, ob ein Dienstanbieter seine Produkte damit überhaupt marktgerecht produzieren kann.

Während in den traditionellen leitungsvermittelten Kommunikationsnetzen für die Dauer einer Verbindung ein durchgehender Übertragungskanal mit definierten Übertragungseigenschaften bereitgestellt wird, nutzen in Netzen mit Paketvermittlung alle aktiven Teilnehmer die gleichen Übertragungsressourcen. Für die Übertragung werden die Quellsignale (z.B. Sprache oder Video), digitalisiert und nach vorgegebenen Regeln werden Datenpakete erstellt. Je nach Quellsignal sind diese Pakete unterschiedlich groß. Zum Beispiel werden für die Sprachübertragung kleine Pakete erzeugt, während Pakete für Videosignale in der Regel in der maximal zulässigen Größe gebildet werden. Bei Ethernet sind das entsprechend der Payload 1500 Bytes. Jedes Datenpaket wird mit den notwendigen Angaben für die Zieladresse beaufschlagt und Datenpakete werden in einem durch die Eigenschaften des Übertragungssignals vorgegebenem Zeitraster nacheinander auf die Leitung gegeben. Datennetze haben grundsätzlich eine Maschenstruktur mit aktiven Schaltelementen (Router oder Switches) in den Netzknoten zur Verkehrslenkung der Datenpakete. Nach dem Erreichen des Zieles wird dann im Endgerät das gesendete Signal aus den empfangenen Paketen wieder rekonstruiert.

Im Idealfall werden alle Pakete in richtiger Reihenfolge, nur verzögert um die Laufzeit, die die Pakete mindestens für das Durchqueren des Netzes benötigen, am Endgerät empfangen. In realen Netzen ist das grundsätzlich nicht immer gewährleistet und es erfordert zusätzliche Maßnahmen, um sicher zu stellen, dass die Dienste über das Netz in der gewünschten Qualität übertragen werden können.

Kommunikationsnetze werden so dimensioniert, dass die zu erwartende Spitzenverkehrslast ohne Verluste übertragen werden kann. Bei Datennetzen ist dieses die Kapazität, die notwendig ist, um den täglichen Spitzenwert der gleichzeitig auftretenden Datenmenge (plus einem Zuschlagfaktor) ungestört übertragen können. Dieser Wert resultiert aus der Anzahl der gleichzeitig aktiven Teilnehmer und der dann von ihnen genutzten Dienste. Allerdings ist diese Verkehrslast sehr variabel und die Erfahrung zeigt, dass in Paketnetzen selbst bei großzügiger Dimensionierung unerwartet kurzzeitige Verkehrsspitzen auftreten werden, die die Übertragungsqualität verschlechtern und sogar zu Blockaden führen können, wenn keine Vorkehrungen getroffen werden. Auch im Netz können einzelne Netzknoten bei einem überhöhten lokalen Verkehrsaufkommen Störungen verursachen. Resultierende Effekte können dann eine Erhöhung der Paketlaufzeit (Latency), Schwankungen des Abstandes zusammengehöriger Pakete (Jitter) bis hin zum Verlust einzelner Pakete (Packet Loss) sein. Hinzu kommt, dass diese Effekte nicht linear mit steigender Verkehrslast auftreten, sondern oberhalb eines Schwellwertes exponentiell ansteigen. Durch Einführung zusätzlicher Verkehrsregelungs- und -lenkungsmaßnahmen wird verhindert, dass diese Effekte die Kommunikation über das Netz störend beeinflussen können. Voraussetzung für einen Erfolg dieser Maßnahmen ist es allerdings, dass diese über das gesamte Netz (Ende-zu-Ende) garantiert werden können, siehe Abbildung 1.

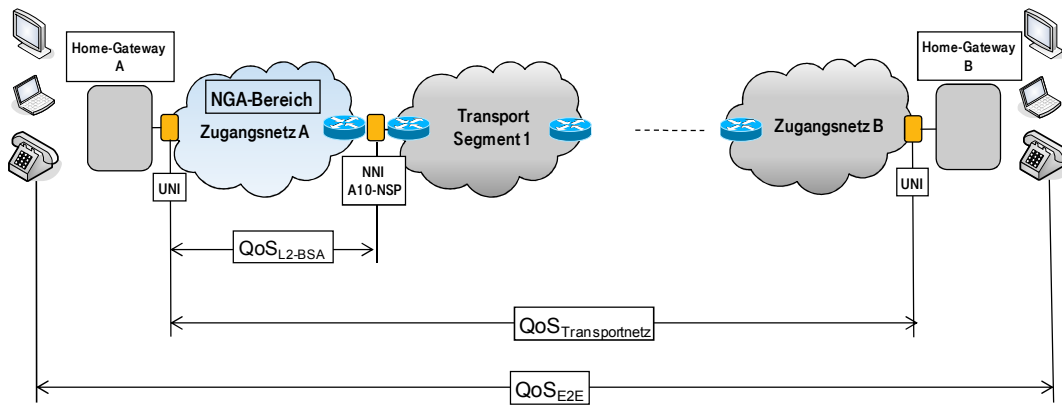


Abbildung 1: Referenzarchitektur für eine NGN-Ende-zu-Ende Verbindung mit Bezeichnung der Segmente für die Qualitätsparameter

### 2.3 Spezifizierung der QoS-Parameter der Dienstklassen

Die Quality of Service (QoS) beschreibt ganz allgemein den Grad der Zufriedenheit eines Nutzers mit der Güte, mit der ihm ein Kommunikationsdienst bereitgestellt wird (ITU E.800). Charakterisiert wird diese Dienstgüte durch eine Schar von dienstspezifischen Parametern, die in den Dienstgütevereinbarungen (Service Level Agreements, SLA), beschrieben werden. Bei der Auswahl der Parameter ist zu beachten, dass nur solche Parameter sinnvoll geeignet sind, bei denen auch im Betrieb eine objektive Prüfung der Einhaltung dieser Werte mit vernünftigem Aufwand vorgenommen werden kann. Bitstream-Vorleistungsprodukte im NGA können als virtuelle Übertragungskanäle mit unterschiedlichen Qualitätseigenschaften charakterisiert werden, die den Datentransport zwischen der UNI-Schnittstelle beim Kunden und der netzseitigen A10-NSP Übergabeschnittstelle zu einem Diensteanbieter ermöglichen. Beim L2-Bitstream werden die Daten im Ethernet-Format übertragen, bei einem L3-Bitstream wären das IP-Pakete. Welche Dienste mit welcher Güte in welchen Paketen übertragen werden, weiß nur der Vorleistungsnehmer, der NGA-Netzbetreiber nicht. Für eine messtechnische Verifizierung der SLA-Parameter sind deshalb auch nur die QoS-Parameter für Paketübertragungen sinnvoll geeignet: Für eine vereinbarte Datenrate (Throughput) sind dieses:

- Paketlaufzeit (Latency),
- Schwankungen der Paketlaufzeit (Jitter),
- Paketverlustrate (Paket Loss),

Um ein Gefühl für diese Anforderungen zu bekommen, werden daher in Tabelle 2, Ende-zu-Ende QoS-Parameter für die oben definierten Dienstklassen dargestellt. (s.a. Anhang A) Ende-zu-Ende bezeichnet hier die gesamte Kommunikationsstrecke zwischen zwei Kunden (Mund-zu-Ohr) bzw. zwischen einem Kunden und dem Dienstserver (s.a. Abbildung 1).

Die Verzögerungszeit ist grundsätzlich bereits durch die technische Gestaltung des Netzes und die zu überbrückende Distanz vorgegeben, sowie die Wahl der Anschluß-

technologie<sup>2</sup>, Gestaltung des Aggregationsnetzes usw. Einen erheblichen Anteil trägt hier auch die konkrete technische Realisierung der Endgeräte hinter dem Netzabschluss zur Laufzeit bei. Videodienste hingegen stellen höchste Anforderungen an die Signalgüte, d.h. es dürfen nur sehr wenige Pakete verloren gehen. Für die Übertragung resultiert daraus grundsätzlich die Forderung nach einem durchgehenden Übertragungskanal mit hoher Kapazität.

Diensteklasse		QoS – Parameter (Kunde-zu-Kunde/Server)		
		Laufzeitverzögerung (Latency)	Laufzeitschwankungen (Jitter)	Paketverluste (PacketLoss)
1	Realtime (Interaktive)	<100 ms ... <200 ms	<30 ms	<1%
2	Streaming (Multimedia)	<20 ms ... <1000 ms	<50 ms	<0,0001%
3	Critical Applications (low loss)	<100 ms ... <200 ms	<100 ms	<0,1%
4	Best Effort	<2000 ms	n.s.	n.s.

Tabelle 2: Parameter für die Ende-zu-Ende (Kunde-zu-Kunde/Server) Beziehung

Für einen L2-BSA muss die Priorisierung vom Diensteanbieter vorgenommen werden, da den Netzbetreibern grundsätzlich nicht bekannt ist, welche Dienste in welchen Paketen übertragen werden. Verkehrsmanagement durch Priorisierung setzt eine gute Mischung der Verkehrsklassenanteile voraus.

Diensteklasse		QoS – Parameter in Abhängigkeit von der verwendeten Zugangstechnologie (typ. Wertebereiche)		
		Laufzeitverzögerung (Latency)	Laufzeitschwankungen (Jitter)	Paketverluste (PacketLoss)
1	Realtime (Interaktive)	<10 ms ... <30 ms	<2 ms ... <10 ms	<0,1 %
2	Streaming (Multimedia)	<10 ms ... <100 ms	<5 ms ... <20 ms	<0,0001% ... <0,1%
3	Critical Applications (low loss)	<15 ms ... <100 ms	<10 ms ... <20 ms	<0,01% ... <0,05%
4	Best Effort	<100 ms	Best Effort	Best Effort

Tabelle 3: Vorschlag für QoS-Parameter für L2-BSA in NGA-Netzen<sup>3</sup>

Entsprechend den vorangegangenen Ansätzen soll auch hier in Tabelle 3 der unverbindliche Versuch unternommen werden, eine Zuordnung der QoS-Parameter für den NGA-Abschnitt zu definieren, mit dem Ziel erste grobe Hinweise für eine Netzplanung zu geben.

<sup>2</sup> Eine Beschreibung der Anschlußtechnologien für NGA ist im Grundsatzdokument [1] zu finden.

<sup>3</sup> Da Videodienste allerdings nur reduzierte Echtzeitanforderungen haben ("near real time"), können die hohen Anforderungen an die Paketverlustrate auch durch den Einsatz anderer Mittel (z.B. Verwendung von Fehlerkorrekturverfahren, die Wiederholung verloren gegangener Pakete (re-transmission) oder Fehlerüberdeckungsmethoden im Endgerät) reduziert werden.



Die QoS-Parameter werden in der Regel auch in den Dienstgütevereinbarungen (SLA) abgebildet. Die konkrete Quantifizierung und Zuordnung der QoS-Parameter hängt daher letztendlich vom konkreten Marktumfeld ab und liegt in den Händen des NGA-Netzbetreibers. Die Festlegung dieser Parameter hängt nicht zuletzt auch von der Realisierbarkeit im konkreten Zugangsnetz und den technischen Möglichkeiten und dem Aufwand ab, mit dem die Leistungserfüllung verifiziert werden kann. So erfordert z.B. die Verifizierung kleiner Paketverluste ( $<0,01\%$ ) sehr lange Messzeiten und aufwendige Messapparaturen. Auch sollte bedacht werden, dass in dem zu erwartenden Fall, dass mehrere Diensteanbieter ihre Dienste mit unterschiedlichen QoS-Anforderungen über das gleiche Zugangsnetz übertragen, eine wirtschaftliche Netzplanung außerordentlich komplex werden kann.

## 2.4 Metriken für die Dienstgütevereinbarungen

Über das IP-Zugangsnetz des Zugangsnetzbetreibers sind qualitätssensitive Dienste (z.B. Sprachdienst und IP-TV-Dienst), die der Diensteanbieter dem Endkunden zur Verfügung stellt, zu transportieren. Um für den Kunden eine gute Dienstqualität unter dem Schlagwort „Quality of experience, QoE“<sup>4</sup> gewährleisten zu können, ist von beiden Partnern - jeweils in ihrem Verantwortungsbereich - dafür zu sorgen, dass Ende zu Ende die gemäß nachfolgender Übersicht mindestens notwendigen Übertragungseigenschaften eingehalten werden.

Beide Partner sollten sich darüber hinaus in jeder sinnvollen Weise gegenseitig unterstützen, um die Ende zu Ende Übertragungseigenschaften zwischen der Dienstplattform des Diensteanbieters und dem CPE des Endkunden zu optimieren.

Zur Sicherstellung der Mindestqualität eines Service ist es sinnvoll bestimmte Qualitätskennwerte (KPIs<sup>5</sup>) festzulegen. Für die folgenden aufgelisteten Qualitätskennwerte gilt nicht der Anspruch auf Vollständigkeit aller zu vereinbarenden Kennwerte, sie spiegeln aber eine sinnvolle und am Markt übliche Sammlung wider. Die Partner sollten sich auf Werte und Messmethoden in bilateralen Absprachen einigen.

### Laufzeit

Die Laufzeit ist ein Gütekriterium zur Bestimmung der Gesamtübertragungsgeschwindigkeit von Datenpaketen im gesamten Netz oder in bestimmten Netzabschnitten. Zum Beispiel wird in Tabelle 2 die Laufzeit als Ende zu Ende Laufzeit für Realimedienste aufgeführt, die eine Zeitlimitierung für Sprache zwischen dem Mund des Sprechenden und dem Ohr des Hörenden beschreibt, die im Netz nicht überschritten werden sollte.

### Jitter

In der Übertragungstechnik bezeichnet Jitter die Varianz der Laufzeit von Datenpaketen. Dieser Effekt, sorgt dafür, dass z.B. aufeinanderfolgende Datenpakete mit unterschiedlichen Laufzeiten entweder zu früh oder zu spät eintreffen, um dann rechtzeitig auch wieder nacheinander ausgegeben zu werden. In der Praxis werden Puffer einge-

---

<sup>4</sup> Quality of Experience in der Telekommunikation beschreibt die Leistungsfähigkeit des Netzes auf Dienstebene aus der Sicht des Kunden und wie gut der Dienst, der über das Netz übertragen wird, den Ansprüchen des Endkunden genügt.

<sup>5</sup> Der KPI (Key Performance Indicator, bzw Leistungskennzahl) wird für TK-Netze genutzt, um mit relevanten Kennzahlen, die Leistungsfähigkeit des Netzes zu beschreiben.

setzt, um Pakete mit unterschiedlichen Laufzeiten wieder zu ordnen und somit den Jitter auszugleichen. Dies sorgt allerdings für eine Verzögerung der Gesamtübertragung des Dienstes, welche möglichst, insbesondere bei Echtzeiddiensten, auf ein Minimum zu reduzieren ist.

### **Paketverlustrate**

Die Paketverlustrate (eng. packet loss) gibt, meist in Prozentangaben an, wie viele Pakete während einer Übertragungszeit verlorengegangen sind. Die durchschnittliche Paketverlustrate bestimmt den Durchschnittswert für einen bestimmten Zeitraum, z.B. einem Monat.

### **Parameter für den Datendurchsatz**

#### **Spitzen-Datenrate (Peak-Rate)**

Als Spitzen-Datenrate, die auch als Peak-Rate bezeichnet wird, wird in der Telekommunikation die Datenrate zum Zeitpunkt des maximalen Datenaufkommens bezeichnet. Dieser Wert ist relevant, um die ausreichende Dimensionierung der A10-NSP Schnittstelle vorzunehmen und zu vereinbaren.

#### **Committed Information Rate (CIR)**

Bei der committed information rate (CIR), der verpflichteten Datenrate, handelt es sich um einen statischen Wert für eine Datenrate an der sich in der Praxis die Abrechnung der Bandbreite eines Anschlusses oder Netzübergangs (hier z.B. der A10-NSP) orientiert. Kurzfristig können auch an Netzübergängen höhere Datenraten, als die CIR abgeführt werden. Die CIR ist unabhängig von der Gesamtnetzkapazität.

#### **Minimale Datenrate**

Die minimale Datenrate ist die Datenrate, die jedem Kunden auch im Überlastfall des Netzes, zur Verfügung stehen sollte.

### **Verfügbarkeiten**

Als Netz- und Diensteverfügbarkeit bezeichnet man die in einem Zeitabschnitt begrenzte Verfügbarkeit des Datentransports bezogen auf die Summe aller angeschlossenen Endkunden im Netz des Zugangsnetzbetreibers. Als typische Zeitabschnitte werden hier wöchentliche oder monatliche Intervalle gewählt.

#### **Netzverfügbarkeit und Teilnetzverfügbarkeit**

Die Netzverfügbarkeit, bzw. Teilnetzverfügbarkeit gibt die Verfügbarkeit des physikalischen Netzes, bzw. Netzabschnittes zwischen z.B. A10NSP und U-Schnittstelle an.

## Diensteverfügbarkeit und Dienstklassenverfügbarkeit

In einem L2 BSA Produkt obliegt es dem Zugangsnetzbetreiber die Qualitätsmerkmale der unterschiedlichen Dienstklassen im Zugangsnetz sicherzustellen. Daher ist die Diensteverfügbarkeit direkt an die Verfügbarkeit der Dienstklassen gekoppelt. In der Praxis werden Dienstenichtverfügbarkeiten, die durch endkundenverursachte Störungen und Ausfälle, die nicht durch den Zugangsnetzbetreiber zu vertreten sind, wie z.B. Stromausfälle, aus der Diensteverfügbarkeit herausgerechnet.

### Ausfallzeit (MTTR)

Mean time to recover oder auch mean time to repair bezeichnet die durchschnittliche Wiederherstellungszeit nach dem Ausfall eines Systems oder Netzabschnittes bis zur vollständigen Verfügbarkeit des Netzes. In dieser Zeit sind ab der Feststellung einer Störung alle zur Entstörung notwendigen Tätigkeiten, wie z.B. Lokalisierung der Störung, Fehlerbehebung und Inbetriebnahme ausgetauschter Technik enthalten.

### Reaktionszeiten zur Anschaltung und bei Entstörung

Zwischen Zugangsnetzbetreiber und Diensteanbieter ist es unabdingbar, dass für bestimmte Geschäftsvorfälle Reaktionszeiten zu vereinbaren sind. Hierbei herauszustellen sind die Zeit bis zur Anschaltung von Neukunden und die Zeiten bis zur Wiederherstellung des Services bei Störung im Zugangsnetz.

### MOS

In der Telekommunikation dient der Mean Opinion Score (MOS) zur gesamtheitlichen Beurteilung der Qualität von Sprachdiensten. Der MOS-Wert ist in einer Qualitätsskala mit Werten von 1 (mangelhaft) bis 5 (ausgezeichnet) definiert. Neben verwendetem Codec und der Echokompensation liefern die anderen in diesem Abschnitt genannten Parameter der Paketübertragung wie Laufzeit, Jitter und Paketverlust Beiträge zum MOS. Tests zur Feststellung des MOS-Wertes sind in der ITU-T Empfehlung P.800 spezifiziert. Da der MOS-Wert in unterschiedlichen Arten verwendet wird, wurde die ITU-T Empfehlung P.800.1 eingeführt, um die unterschiedlichen Terminologien zu beschreiben.

Es wird dringend empfohlen, dass die Partner gemeinsam entsprechende Messverfahren definieren und der Zugangsnetzbetreiber diese in seinem Netz implementiert und die Resultate dem Diensteanbieter in geeigneter Form übermittelt werden. Ein mögliches Referenzmodell zur Ermittlung der KPIs im Zugangsnetz ist im Anhang aufgeführt (siehe Kap. 4.2).

### 3 Aspekte zur Realisierung

Man kann davon ausgehen, dass große regionale und überregionale Betreiber Strategien zum Netzausbau und auch Erfahrung bei der Erschließung von Zugangsnetzbereichen haben. Die im Folgenden ausgeführten Aspekte sollen primär Entscheidungsträger unterstützen, welche erstmalig den Ausbau von lokalen oder kleine regionalen NGA-Netzen ins Auge fassen.

Es besteht hier nicht der Anspruch, eine vollständige „Checkliste“ oder „Anleitung“ zum Bau eines Zugangsnetzes zu liefern. Aufgrund der vielfältigen unterschiedlichen Anforderungen und Randbedingungen, aber auch aufgrund der vielfältigen technischen und betrieblichen Realisierungsmöglichkeiten ist es weder sinnvoll noch möglich, eine repräsentative Sammlung von durchgeplanten „Musternetzen“ bereitzustellen. In jedem Fall ist eine individuelle Beratung und professionelle Detailplanung erforderlich.

In diesem Kapitel soll vielmehr auf einige dedizierte Aspekte der Realisierung von Zugangsnetzen hingewiesen werden. Diese umfassen Themen, die bereits bei den Anfangsüberlegungen zum Bau eines Netzes berücksichtigt werden sollten, bis hin zu solchen zu Kooperationsvereinbarungen.

Die Erwähnung einiger Aspekte mag trivial erscheinen. Es fließen hier jedoch auch Fragen, Erkenntnisse und Erfahrungsberichte von Fachtagungen ein, wo konkrete erfolgreiche Projekte von der Bereitstellung passiver Infrastruktur bis hin zum Betrieb regionaler Netze diskutiert wurden, aber auch Problemfälle, in denen Fehleinschätzungen bei der Anfangsplanung in eine Sackgasse geführt haben.

#### 3.1 Allgemeine Aspekte der Planung

##### 3.1.1 Neuerschließung und Leistungsangebot

Bei der Neuerschließung wird in erster Linie das Ziel sein, generell eine Breitbandversorgung zu erreichen. In zweiter Linie stellt sich dann konkret die Frage nach dem angestrebten Leistungsangebot. Ein wichtiges Kriterium ist dabei die angestrebte Datenrate:

- Grundversorgung für Internetzugang
- Breitbandversorgung (typischerweise einige Mbit/s)
- Hochgeschwindigkeits-Breitbandversorgung (mindestens 10 Mbit/s bis jenseits von 100Mbit/s)

Ein weiteres wichtiges Entscheidungskriterium sind die Anforderungen der potenziellen Kunden, d.h. welche Dienste sie beziehen möchten und welche Zahlungsbereitschaft für den Zugang und die Dienste vorliegt. Gebräuchliche Dienste sind in Kapitel 2 in der Übersicht dargestellt.

Daneben gibt es lokale Randbedingungen, wie z. B. die Geografie, Flächendichte der Nutzerlokationen, Anzahl der Nutzer, verfügbare Infrastruktur, Möglichkeiten der Infrastrukturförderung sowie einige weitere, die im Folgenden noch thematisiert werden.

### 3.1.2 Kosteneffekte

Mit zunehmender Leistungsfähigkeit des Netzes steigen in der Regel die Kosten für die Installation sowie den Betriebs des Netzes. Hier sind einige extrem nichtlineare Kosteneffekte zu berücksichtigen. Der deutlichste zeigt sich in der passiven Infrastruktur: Mit zunehmender Bandbreite des Nutzerzugangs muss die Glasfaserinfrastruktur weiter in die Fläche zur Kundenlokation hin ausgebracht werden (→ FTTC → FTTB → FTTH), was zumindest beim Übergang von FTTC zu FTTB einen signifikanten Kostensprung bedeutet. Aus Kostengründen kann eine phasenweise Netzentwicklung erfolgen (siehe auch Abschnitt 3.1.6). Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, sollte dabei aber das im Endausbau angestrebte Zielnetz vorab bereits möglichst genau geplant werden.

Neben der passiven Infrastruktur werden natürlich auch für die aktive Zugangsnetztechnologie Investitionen benötigt. Die Auswahl der aktiven Technik ist dabei eng mit der gewählten passiven Infrastruktur verknüpft, im Hinblick auf die erreichbaren Übertragungsraten aber ebenfalls mit den Kosten. Passives und aktives Netz sollten im Optimum gemeinsam geplant werden. Da die „Lebensdauer“ für passive Komponenten weit höher ist als für aktive, sollte bei allem Kostendruck auf die Zukunftsfähigkeit besonders der passiven Netzarchitektur Wert gelegt werden.

Bei sogenannten „Shared-Medium“-Technologien teilen sich die Kunden in einem Netzsegment die verfügbare Gesamtbandbreite. Hier besteht ein weiterer Freiheitsgrad des Entwurfs im sogenannten „Spreizfaktor“. Je mehr Kunden in dem Segment versorgt werden, desto geringer sind die relativen Kosten pro Kunde, entsprechend ist aber auch die für den einzelnen Kunden verfügbare Übertragungsrate geringer.

### 3.1.3 Dienstprofile und Dimensionierung

Der letztgenannte Punkt ist ein Teilaspekt der Netzdimensionierung. Prinzipiell gilt: Je höher die Übertragungsrate, desto höher ist die erforderliche Netzkapazität und desto höher sind die Kosten. Der Zugangsnetzbetreiber sollte dem Diensteanbieter neben funktionalen und qualitativen Eigenschaften pro Kundenanschluss auch quantitative Eigenschaften - im Besonderen Mindestdatenraten bzw. mittlere Bandbreiten garantieren.

Da die Bandbreiten der übertragenen Dienste aufgrund des paketorientierten Übertragungsverfahrens statistische Mittelwerte darstellen, lassen sie sich aufgrund der unterschiedlichen Überbuchungssituationen in den unterschiedlichen Netzsegmenten (Zugangsnetz, Konzentrationsnetz, Backbone) nicht als ein Wert für die Übertragungsstrecke im Zugangsnetz darstellen.

Die Abbildung 2 zeigt beispielhaft, wie sich die verschiedenen Netzsegmente in Bezug auf die Bandbreiten pro Kunde darstellen können. Dabei gilt, dass dem Kunden in dem Netzsegment, das ihm am nächsten liegt (hier Zugangsnetz Teil 1) eine höhere dedizierte Bandbreite zur Verfügung steht, als in den darauf folgenden Netzsegmenten. Durch statistische Mittelung benötigt der Kunde im Zugangsnetz Teil 2 weniger Bandbreite und im Konzentrationsnetz, in dem eine noch höhere Anzahl an Kunden angebunden sind, eine noch weiter reduzierte Bandbreite.

Der konkrete Bedarf an Datenrate in den unterschiedlichen Netzsegmenten hängt vom Nutzungsprofil und den übertragenen Endkundendiensten ab. „Normaler“ Internetverkehr (Best Effort) ist recht unkritisch bezüglich des Zeitverhaltens (vgl. Kapitel 2.2). Daher kann man hier den Effekt des „Statistischen Multiplex“ gut ausnutzen. Falls das

durchschnittliche Nutzerprofil bzw. die Anforderungen der Kunden jedoch einen großen Anteil von konstanten Datenströmen hoher Übertragungsrate bei gleichzeitig hohen Qualitätsanforderungen aufweist, ist der Effekt der statistischen Mittelung sehr viel geringer. Ein konkretes Beispiel ist die Auswirkung von „Video-on Demand“-Diensten (VoD). Steigt die Nutzung solcher Dienste in Relation zu „Best Effort“-IP-Diensten stark an, ergibt sich ein sprunghaft wachsender Bandbreitenbedarf im Netz, da der einzelne Kunde für VoD über lange Zeiträume konstant hohe Datenraten benötigt. Umgekehrt formuliert bedeutet das eine entsprechend höhere Dimensionierung bei der Planung, wenn eine solche Marktentwicklung erwartet wird und derartige Dienste in einem Zugangsnetz angeboten werden sollen.

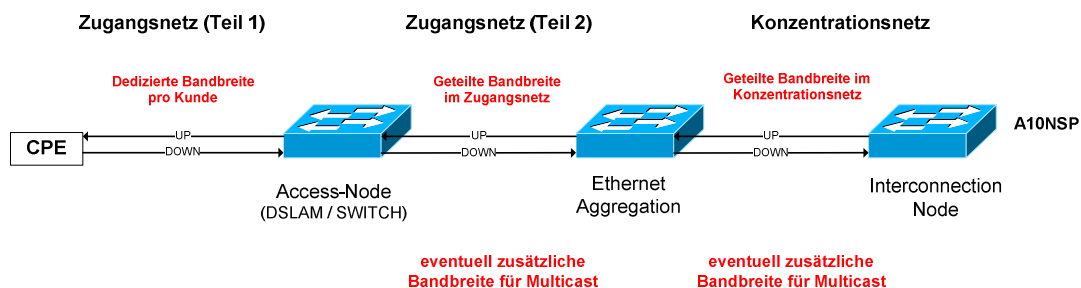


Abbildung 2: Dimensionierung im Zugangs- und Aggregationsnetz

Anzumerken ist hier, dass bei der Verteilung von Fernsehkanälen aufgrund der statistischen Abhängigkeit (mehrere Nutzer sehen gleichzeitig dasselbe Programm) durch Multicast-Technik der Bandbreitenbedarf relativ gering gehalten werden kann. Auch kann bei einigen Netzarchitekturen diese Verteilung in analoge Frequenzbänder ausgelagert werden (Kabelnetze, RFOG).

Allgemein formuliert bedeutet dies, dass zu Beginn der Planung neben den generellen Randbedingungen geklärt werden muss, welche Kundenanforderungen vorliegen, welche Netzdesigns dafür geeignet sind und schließlich, ob sich daraus ein tragfähiges Geschäftsmodell ergibt, möglicherweise in einem iterativen Prozess. Die konkrete Planung sollte zwischen den Partnern in Planungs- und Forecastprozessen zyklisch wiederkehrend abgestimmt werden.

Die bisher genannten Faktoren sind von grundsätzlicher Art, im Folgenden sind einige weitere Aspekte verdeutlicht.

### 3.1.4 Breitbandversorgung durch Fest- und Mobilnetze

In Bezug auf Zukunftssicherheit wäre die Anbindung von Gebäuden bzw. Wohnungen durch Glasfaser ideal, da sich hiermit theoretisch „unendliche“ Bandbreiten bereitstellen lassen. Diesem Ideal stehen jedoch die hohen Investitionen insbesondere für die Ausbringung von Glasfasern in der Fläche gegenüber. Im Grundsatzdokument sind eine Reihe von Festnetzarchitekturen und Technologien beschrieben, die z.B. durch Kombination von Glas- und Kupfer-Infrastruktur (FTTC, FTTB) in der Realisierung ökonomischer sind, aber dennoch Übertragungsraten von einigen 10 Mbit/s pro Nutzer ermöglichen (vgl. [1], Kap. 2.3).

Mit der LTE-Technologie steht erstmals eine Mobilfunklösung als echte Alternative zur Breitbandversorgung durch Festnetze zur Verfügung. Mit 150 Mbit/s Datenrate pro Sektor der LTE-Basisstation und MIMO-Verfahren können pro Nutzer ebenfalls einige 10 Mbit/s bereitgestellt werden. Mit dem in absehbarer Zeit verfügbaren LTE-Advanced wird auch die 50 Mbit/s-Versorgung realistisch.

Ein wesentlicher Vorteil der Mobilfunklösung besteht darin, dass sehr schnell eine Zugangsnetzlösung für hohe Bandbreiten ohne das Verlegen von Glasfasern auf der „letzten Meile“ bereitgestellt werden kann.

Der Einsatz von Mobilfunk ist vor allem auch in dünn besiedelten Gebieten eine Lösung, wo sich die Anbindung der Gebäude über größere Distanzen mit Glasfaser aus ökonomischen Gründen verbietet. Mit Funkzellen von mehreren Kilometern Durchmesser und wenigen Teilnehmern kann die Versorgung auch bei anspruchsvollen Nutzerprofilen gewährleistet werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass bei solchen Nutzerprofilen die Basisstationen der Mobilfunknetze durch Glasfaser angebunden werden müssen, was im urbanen Umfeld mit der entsprechenden Flächendichte der Funkzellen einer FTTC-Glasfaserinfrastruktur gleichkommt. Die Anbindung der Basisstationen durch Richtfunkstrecken ist bis zu einer Bandbreite in der Größenordnung von 1 Gbit/s kommerziell realistisch und daher eher für Lösungen zur Grundversorgung geeignet.

### 3.1.5 Anbindung lokaler Netze

Jedes Zugangsnetz benötigt eine Anbindung an regionale Übertragungsnetze, um Übergabepunkte von Internet- und anderen Diensteanbietern erreichen zu können. Diese Anforderung ist ein relativ kleines Problem für nationale oder regionale Netzbetreiber, die selbst flächendeckende Konzentrations- und Kernnetze betreiben und oft auch selbst als Diensteanbieter auftreten. Bei der Planung von kleinen lokalen Netzen ist dies jedoch ein elementares Kriterium, da zur Anbindung unter Umständen eine Distanz von mehreren (zehn) Kilometern zu einem Übertragungsnetzknotten überbrückt werden muss.

Mit den Zielen der Breitband-Grundversorgung wurden kleine Siedlungen oder Dörfer mit DSL erschlossen. Die Anbindung solcher lokaler Netze erfolgt häufig über Richtfunkstrecken, die mit Bandbreiten von einigen 100 Mbit/s Übertragungsrate sehr kostengünstig ausgeführt werden können. Allerdings bieten die Kundenanschlüsse in solchen Fällen nutzbare Datenraten von einigen 100 Kbit/s, was z.B. für Triple-Play-Dienste nicht ausreicht.

Auch kleinere Zugangsnetze mit heutigen Bandbreitenerwartungen der Kunden erfordern die Anbindung mit 1 – 10 Gbit/s, im Hinblick auf weiter wachsende Anforderungen also sinnvollerweise durch Glasfaserstrecken, die bei der Konzeption und im Geschäftsmodell von Anfang an berücksichtigt werden müssen. Lokale Hochleistungsnetze ohne entsprechende Anbindung haben sich auch bei Unterstützung durch Fördermittel als Fehlinvestition erwiesen. Im Rahmen der Netzplanung sind ggf. auch Durchleitungen durch Transport- bzw. Konzentrationsnetze Dritter in der Planung und im Geschäftsmodell zu berücksichtigen, sofern die Übergabepunkte des/der Diensteanbieter(s) nicht direkt erreichbar sind.

### 3.1.6 Migrationsszenarien des Breitbandausbaus

Wie oben erwähnt sollte zumindest das langfristige Ziel der Ausbau der Glasinfrastruktur bis zum Endkunden sein. Im urbanen Umfeld trägt das Geschäftsmodell häufig bereits heute, in dünn besiedelten Gebieten in der Regel nicht. Um den Nutzern eine aus heutiger Sicht attraktive Breitbandversorgung bieten zu können, d.h. Hochgeschwindigkeits-Breitbandanschlüsse, ist sowohl für Fest- als auch für Mobilnetzlösungen zumindest eine FTTC-artige Glasfaser-Infrastruktur erforderlich, die bei anwachsendem Bandbreitenbedarf mittel- und langfristig hin zu einer FTTB- oder sogar FTTH-artigen Architektur weiter entwickelt werden kann.

Neben wachsenden Bandbreiten sollte ein optimal geplantes Zugangsnetz auch Möglichkeiten bieten, zusätzliche Kundenanschlüsse aufzunehmen. Das sind zum einen weitere Anschlüsse im bereits erschlossenen Gebiet (Anstieg der Marktpenetration). Zum anderen sollte aber auch die Möglichkeit bestehen, das Netz räumlich zu erweitern, z.B. um Neubaugebiete anzubinden oder um bisher nicht erschlossene Flächen mit in die Breitbandversorgung aufzunehmen.

#### 3.1.6.1 Festnetze

Mit zunehmenden Bandbreitenanforderungen – und absehbarer Rentabilität – kann in einer zweiten Stufe die Glasfaserinfrastruktur bis zu den Gebäuden und ggf. in einem weiteren Schritt bis in die Wohnungen ausgedehnt werden.

Hierbei muss man davon ausgehen, dass zwischen Erstausbau und den Migrationsstufen größere Zeiträume liegen. Neben der Erweiterung der Faser-Infrastruktur ist auch die Anpassung bzw. Erweiterung der aktiven Infrastruktur des Netzes erforderlich – unter Umständen auch ein Technologiewechsel (z.B. von FTTC mit VDSL zu PON oder Direct Ethernet) bzw. die Verlagerung von aktiver Technik näher zum Kunden hin (z.B. DSLAMs vom KVz ins Gebäude und Installation von Aggregationsswitchen im KVz).

#### 3.1.6.2 Mobilnetze

Steigende Bandbreitenanforderungen können in Mobilfunknetzen durch zusätzliche Basisstationen bedient werden, d.h. durch Verkleinern der Funkzellen mit entsprechend weniger Kunden pro Zelle und in gleichem Maße höherer Bandbreite pro Kunde. Das gleiche Resultat lässt sich erreichen durch Erweiterung der Funkbandbreite z.B. durch Weiterentwicklung von Modulationsverfahren oder Einführung neuer Mobilfunkstandards. In jedem Fall muss parallel auch die Anbindung der Basisstationen mit erweitert werden.

Dient das Mobilnetz primär als Ersatz für Festnetzanschlüsse, so stellt sich ab einer bestimmten Dichte des Glasfasernetzes die Frage, ob die Einrichtung einer Festnetzinfrastruktur (z.B. FTTC mit xDSL) oder FTTB ein relevanter Migrationspfad ist. In diesem Fall würde das Mobilnetz entlastet und könnte weiter die – erwartungsgemäß ebenfalls gewachsenen – Mobilanwendungen bedienen.

Sollte dagegen der Großteil des Bandbreitenbedarfs tatsächlich durch Mobilanwendungen generiert werden, stünde der Entwicklungsschritt in Richtung einer Mikrozellenstruktur an, in der je Gebäude eine oder mehrere kleine Basisstationen installiert würden. Da auch in diesem Szenario die Mikrozellen eine Anschlussbandbreite im Bereich von 1 Gbit/s und darüber erfordern, wäre man aus Sicht der Glasfaserinfrastruktur



struktur ebenfalls bei FTTB oder FTTH angekommen. Dies ist in weniger dicht besiedelten Gebieten allerdings erst sehr langfristig zu erwarten.

### 3.1.7 Kooperations- und Netzbetriebsmodelle

Das vorliegende Dokument ist als Ergänzung der „Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts – L2 BSA“, gedacht, hat also den Fokus auf der Ethernet-Bitstrom-basierten Interoperation. Im Hinblick auf die Realisierung eines solchen Netzes sind jedoch neben der aktiven L2-Technik implizit auch die darunterliegenden Ebenen beteiligt: die L1-Übertragungskanäle (i.d.R. integrierter Teil der aktiven Technik), sowie die passive Infrastruktur (Kupfer und/oder Glasfaser und Leerrohre).

In der Gesamtsicht der NGA-Interoperation sind neben den Zugangnetzbetreibern zumindest auch Diensteanbieter beteiligt. In diesem Kontext ergeben sich Relationen in zwei Bereichen mit zugehörigen Schnittstellen und Prozessen: in Bezug auf vertikale Integration der Diensteebenen sowie auf Netzbetrieb und Kundenmanagement.

#### 3.1.7.1 Vertikale Integration

Abbildung 3 zeigt schematisch typische Beispiele der vertikalen Integration. Die Säulen in diesem Diagramm strukturieren grob die Dienste-Ebenen des Next Generation Access:

- passive Infrastruktur an der Basis (PI)
- aktive Infrastruktur in der Mitte (AI)
- Dienste, Applikationen, Over the Top Services ganz oben (APP)

Die linke Säule repräsentiert den klassischen Fall großer Betreiber, die Eigentümer und Betreiber der passiven und aktiven Infrastruktur sind und gleichzeitig auch als Diensteanbieter auftreten. Bei dieser vollständigen vertikalen Integration ist NGA-Interoperation nur dann relevant, wenn der Betreiber seine Dienste auch über fremde Zugangsnetze anbietet oder umgekehrt sein Zugangsnetz für fremde Diensteanbieter öffnen will.

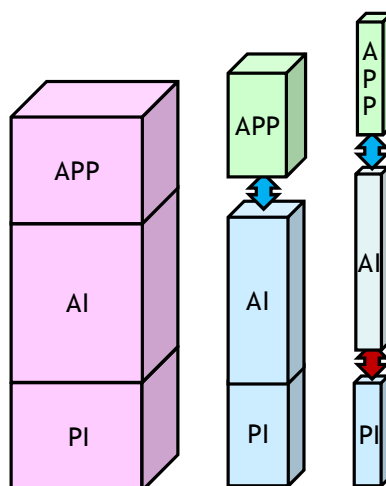


Abbildung 3: Vertikale Integration

Die beiden anderen Fälle zeigen die Situation, die häufig bei kleineren regionalen oder lokalen Netzen anzutreffen ist. Die Investition für Dienste-Plattformen bzw. deren Be-

trieb ist nicht Teil des Geschäftsmodells, hier ist also die L2-BSA-Kooperation mit einem oder mehreren Diensteanbietern erforderlich (symbolisiert durch den blauen Doppelpfeil).

In lokalen Netzen ist es häufig so, wie in der rechten Säule in Abbildung 3 dargestellt. Der Eigner der passiven Infrastruktur, die z.B. im Rahmen einer Strukturförderung entstanden ist, kann oder will nicht die Technik der Zugangsnetze betreiben. Hier gibt es also eine Kooperation zwischen dem Infrastruktureigner und einem Netzbetreiber, z.B. mit der Glasfaserinfrastruktur als Vorleistungsprodukt entsprechend dem roten Doppelpfeil. Aber auch in diesem Fall wird der Netzbetreiber mit zumindest einem Diensteanbieter kooperieren. Denkbar ist auch, dass ein Unternehmen als Betreiber der aktiven Infrastruktur und zugleich als Diensteanbieter auf dem passiven Netz eines lokalen Unternehmens auftritt.

### 3.1.7.2 Netzbetrieb und Kundenmanagement

In Bezug auf NGA-Kooperation ist zunächst die Betrachtung der Netzebene naheliegend: Für den L2-Bitstrom müssen Netzschnittstellen und Verbindungen zum Diensteanbieter bereitgestellt werden, damit die Nutzdaten zwischen dem Server des Diensteanbieters durch das Zugangsnetz hindurch mit dem Kunden ausgetauscht werden können.

Darüber hinaus sind aber weitere Schnittstellen erforderlich, zum einen für den automatisierten Betrieb auf der Betriebssystemebene (Operations Support System, OSS) – z.B. für Diagnose- und Statusinformationen des Kundenanschlusses – und auch auf der Kundenmanagement-Systemebene (Business Support System, BSS) – z.B. für Prozesse der Kundenneuanschaltung oder der Entstörung im Fehlerfall. Abbildung 4 stellt dies in einer groben Vereinfachung der Schnittstellenstruktur dar, mit den Systemen des Diensteanbieters in der linken Säule und denen des Netzbetreibers in der rechten (die Einrichtungen der Kundenseite sind hier nicht aufgenommen). Die detaillierte Beschreibung der Schnittstellenstruktur findet sich im L2-BSA-Rahmendokument (vgl. [2]).

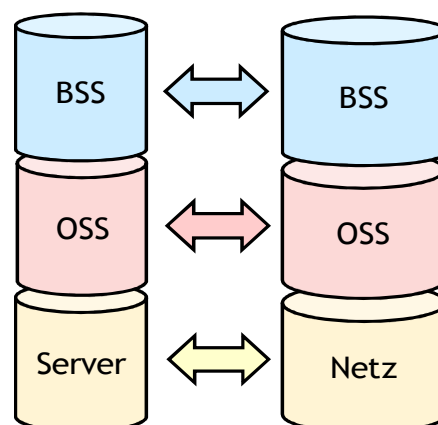


Abbildung 4: L2 BSA-Kooperationsschnittstellen

Die abstrakte Darstellung in Abbildung 4 ist dennoch geeignet, um unterschiedliche Betreibermodelle zu skizzieren. Der Diensteanbieter wird i.d.R. den Betrieb seiner Systeme und Prozesse auf allen Ebenen abdecken. Insbesondere bei kleinen Zugangsnetzen kann es jedoch sinnvoll sein, den Betrieb durch entsprechende Dienstleister ausführen zu lassen, wenn dies kein vorhandener technischer Stab – z.B. aus Stadt-

werken – übernehmen kann. Ähnliches gilt für das Kundenmanagement. Die Bereitstellung eines Systems zum automatisierten Kundenmanagement sowie des erforderlichen Personals kann für Betreiber kleiner Netze unrentabel sein. Spezialisierte Dienstleister, Integratoren oder ggf. der Diensteanbieter selbst könnten diese Funktion übernehmen. Ein weiteres erfolgversprechendes Szenario ist der Zusammenschluss von mehreren lokalen Zugangsnetzen für den Betrieb und das Kundenmanagement, um von Skalierungseffekten zu profitieren.

Das genannte Beispiel geht von drei Marktbeteiligten aus: Endkunde, Zugangsnetzbetreiber und Diensteanbieter. Wie bereits erwähnt können weitere Marktbeteiligte involviert sein, wie z.B. Integratoren oder auch Transportnetzbetreiber. Ebenso sind 1:N-Relationen zwischen Netzbetreiber und Diensteanbietern möglich, d.h. über ein Zugangsnetz können potenziell mehrere Diensteanbieter ihre jeweiligen Kunden ansprechen, sei es mit konkurrierenden oder ergänzenden Dienstangeboten. Die möglichen Marktbeteiligten und deren Relationen sind in der Leitungsbeschreibung im Rahmen der Geschäftsprozesse und Geschäftsfälle näher betrachtet und beschrieben (vgl. [4]).

### **3.2 Spezifische Aspekte zu Kooperationsvereinbarungen**

#### **3.2.1 Zertifizierung der Endgeräte**

Zur Realisierung des Zugangs wird neben den Access Ports des Zugangsnetzbetreibers auch ein Kundenendgerät (CPE) benötigt. Die Endgeräte sind Gegenstand der vom Diensteanbieter zu erbringenden Leistungen. Durch eine gemeinsame Zertifizierungen sollte sichergestellt werden, dass Änderungen auf CPE- oder auf der Accessport-Seite nicht zu Einschränkungen der Interoperabilität führen.

Der Zugangsnetzbetreiber sollte hinsichtlich der Kompatibilität der UNI-Schnittstelle zu den CPEs die im deutschen Markt etablierten Standards unterstützen. Ferner sollte der Zugangsnetzbetreiber die sich zukünftig neu im Markt etablierenden xDSL und Fast/Gigabit Ethernet Standards unterstützen. Dabei muss der Zugangsnetzbetreiber sicherstellen, dass bereits zertifizierte und verwendete Leistungsmerkmale auch im Falle von Anpassungen, zum Beispiel an neu etablierte Standards, weiterhin unterstützt werden. Die Bedingungen und Fristen für Zertifizierungstests stimmen die Partner im Detail ab.

#### **3.2.2 TAL-Vertrag**

Bei Netzrealisierungen mit Technologien, die den Kundenanschluss durch Kupfer-Doppeladern vorsehen (z.B. FTTC mit VDSL), wird in der Regel existierende Kupferinfrastruktur genutzt. Entsprechend sind TAL-Verträge abzuschließen, im Geschäftsmodell sind die entsprechenden Nutzungsentgelte zu berücksichtigen.

Die in der NGA-AG definierten Geschäftsprozesse sehen die automatisierte Prozesssteuerung zur Verwaltung von TAL-Anschlüssen vor.

### **3.3 Zusammenfassung der Aspekte zur Kooperation**

Die Ausführungen in Kapitel 3 geben überwiegend Anregungen in Bezug auf die Vorplanung von Zugangsnetzprojekten im NGA-Kontext und weisen auf Themenbereiche hin, die im Geschäftsmodell wesentliche Rollen spielen. Im NGA-Grundsatzdokument wird darüber hinaus in einem weiteren Rahmen ein allgemeiner Überblick über NGA

gegeben, insbesondere auch ein Vergleich der relevanten Technologien in Bezug auf Leistungsanforderungen (vgl. [1]).

Für die weiteren Stufen der Planung sei noch einmal auf die Dokumente der Leistungsbeschreibung für Ebene 2-Vorleistungsprodukte hingewiesen. Sie enthalten Spezifikationen der technischen Schnittstellen, sowie Tabellen mit Punkten, welche konkret bei Kooperationsvereinbarungen beachtet werden sollten, ebenso wie zu Geschäftsprozessen und Geschäftsfällen und deren praktischer Umsetzung (vgl. [2]).

Zur Bereitstellung von Passiver Infrastruktur sind Leistungsbeschreibungen für Glasfaser und Leerrohre als Vorleistungsprodukte verfügbar (vgl. [9], [10]).

## 4 Anhang

### 4.1 Quality of Experience für SDTV und HDTV

Die folgenden Tabellen aus der TR126 stellen einen Überblick der Mindestanforderungen für einen IP-TV Ende-zu-Ende-Dienst dar. Es sind für SD und HD Streams unterschiedliche Bitraten angegeben.

Transport stream bit rate (Mbps)	Latency	Jitter	Maximum duration of a single error	Corresponding Loss Period in IP packets	Loss Distance	Corresponding Average IP Video Stream Packet Loss Rate
1.75	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	4 IP packets	1 error event per hour	<= 6.68E-06
2.0	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	5 IP packets	1 error event per hour	<= 7.31E-06
2.5	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	5 IP packets	1 error event per hour	<= 5.85E-06
3.0	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	6 IP packets	1 error event per hour	<= 5.85E-06

Tabelle 4: Minimal geforderte Anforderungen zur Erfüllung des QoE (Quality of Experience) für MPEG-4 AVC oder VC-1 bei SDTV Services

Transport stream bit rate (Mbps)	Latency	Jitter	Maximum duration of a single error	Corresponding Loss Period in IP packets	Loss Distance	Corresponding Average IP Video Stream Packet Loss Rate
8	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	14 IP packets	1 error event per 4 hours	<= 1.28E-06
10	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	17 IP packets	1 error event per 4 hours	<= 1.24E-06
12	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	20 IP packets	1 error event per 4 hours	<= 1.22E-06

Tabelle 5: Minimal geforderte Anforderungen zur Erfüllung des QoE (Quality of Experience) für MPEG-4 AVC oder VC-1 bei HDTV Services

### 4.2 Mögliches Referenzmodell zur Ermittlung der KPIs im Zugangsnetz

Die in Kapitel 2.3 dargestellten Qualitätsparameter sind im laufenden Betrieb nicht immer unter reproduzierbaren Randbedingungen zu ermitteln. Um hier bei Problemen eine Messreferenz zu haben, wird im Folgenden die im Rahmen der Labortest genutzte Messkonfiguration beispielhaft detailliert dargestellt.

Beide Parteien werden diesen Messaufbau und die damit gemessenen KPIs als Referenzwerte akzeptieren, wenn eine Messung der KPIs im laufenden Betrieb gar nicht bzw. eine klare Trennung der Zuständigkeit von Vorleistungsnehmer und Vorleistungserbringer nicht möglich ist.

Die Messungen in dieser Referenzmesskonfiguration sollten unter „worst case“- Bedingungen (Zeit der maximalen Netzlast) mehrfach durchgeführt werden.

#### Messaufbau:

In einem Test-PoP (Standort) wird ein Lastgenerator installiert, der in der Lage ist, simultan VoIP Sessions und Internet Sessions zu initiieren sowie ggf. Multicast-Kanäle anzufordern. Der Lastgenerator wird eine zu definierende Anzahl Kundenanschlüsse vom Vorleistungsnehmer simulieren.

Zusätzlich sind Set Top Boxen anzuschließen, um auch die VOD-Funktionalität in der Lastsituation testen zu können.

Der Lastgenerator kann die VoIP Services simulieren, indem komplexe Rufaufbauszenarien initiiert werden und Tonfolgen abgespielt und deren Empfangsqualität gemessen werden. Bzgl. der BestEffort Performance-Messung kann der Lastgenerator einen Web/FTP Server und Clients mit definierten Performance-Eigenschaften simulieren. Um Überlastsituationen zu simulieren werden UDP-Pakete generiert.

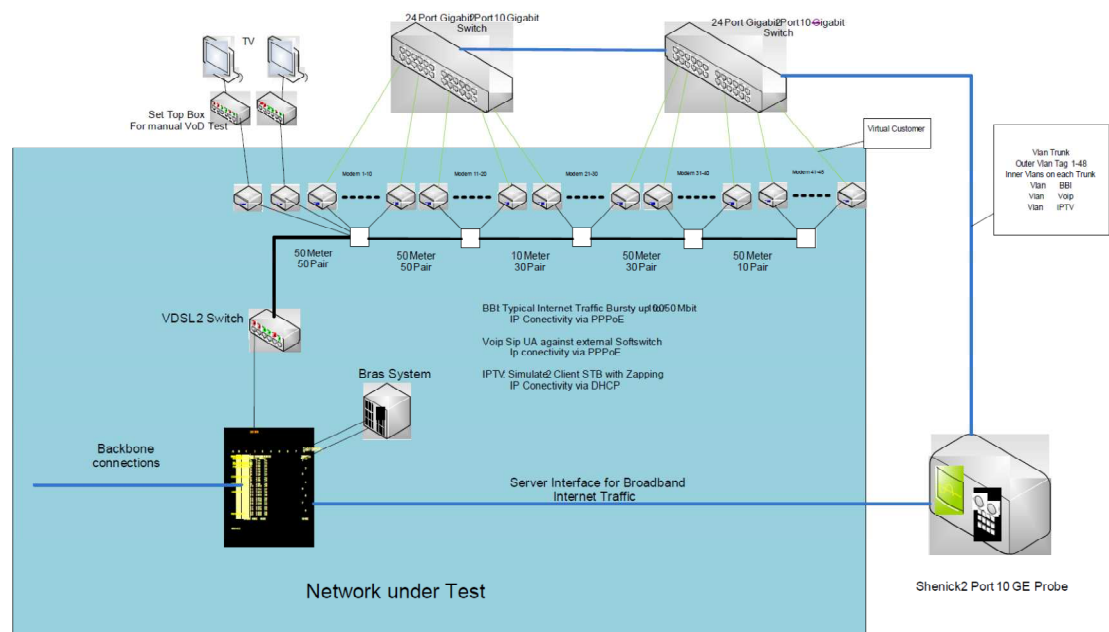


Abbildung 5: Aufbau der Referenzmessung

Die Parteien können den Messaufbau einvernehmlich anpassen, um möglichst nahe an Produktivnetzverhältnissen zu bleiben.

Die im Rahmen dieser Referenztestkonfiguration erwarteten Ergebnisse sind im Folgenden beschrieben.

## **Basis-Test**

Testziel:

Das Testziel ist die Verifizierung des Testsetups hinsichtlich der Eignung für die folgenden Lastsituationen. Es gilt nachzuweisen, dass das System durch den Lastgenerator in einen Überlastzustand gebracht werden kann. Grundsätzlich werden UDP-basierte Übertragungen für BBI genutzt, um eindeutigere Erkenntnisse über das Systemverhalten zu bekommen als bei TCP/IP.

### **Lastverhalten mit 100 Mbit Port mit QoS Konfiguration**

Testziel:

Ziel ist nachzuweisen, dass pro VDSL-Port der VoIP-Verkehr den Internet-Verkehr verdrängt sowie dass der IPTV-Verkehr den Internet-Verkehr verdrängt, aber keinen negativen Einfluss auf den VoIP Verkehr hat.

Testszenario:

1. Zwischen zwei Clients wird eine VoIP Verbindung aufgebaut und der MOS Wert gemessen.
2. Danach wird von beiden Clients ein UDP Datenstrom angefordert.
3. Danach werden von beiden Clients ein HD Stream angefordert.

Erwartete Ergebnisse:

1. Die VoIP-Verbindung sollte einen optimalen MOS-Wert von > 4,1 haben.
2. Nach Zuschaltung der UDP-Datenströme darf sich der MOS-Wert nicht verändern. Der Paket Loss Wert der UDP Streams gibt den Referenzwert für die Messung 3.
3. Nach Zuschaltung des HD-Kanals darf sich der MOS Wert nicht verändern, der Packetloss Wert der UDP-Verbindung wird höher, da er vom IPTV-Verkehr verdrängt wurde.

### **Lastverhalten 100 Mbit Port ohne QoS-Konfiguration**

Testziel:

Ziel ist es nachzuweisen, dass in einem Testsetup wie bei dem vorherigen Test ohne QoS Mechanismen sich eine Überlastsituation auf alle Dienste gleichmäßig negativ auswirkt. Der Test ist als eine Art „Gegenprobe“ zum vorhergehenden Test zu sehen.

Testumgebung und Voraussetzungen:

Wie oben, Netzkonfiguration ohne QoS-Priorisierung.

Erwartete Ergebnisse:

Nach Zuschaltung der UDP- und MC-Datenströme werden alle Dienste gleichermaßen negativ beeinflusst.

## **Lastverhalten mit 16 Mbit/s Port mit QoS Konfiguration**

Testziel:

Ziel ist es nachzuweisen, dass pro Port der VoIP-Verkehr den Multicast-Verkehr verdrängt.

Testszenario:

2 Ports sind mit einem 16 Mbit/s Profil konfiguriert.

1. 2 Client fordern zwei HD Streams an.
2. Beide Clients bauen einen VoIP Call auf.
3. Beide Clients bauen eine BBI UDP Session auf.

Erwartete Ergebnisse:

1. Beide Ports sind in einer Überlastsituation. Die IPTV-Verbindung hat Paket Fehler.
2. Der VoIP-Call sollte mit optimaler Qualität zustande kommen (MOS >4,1). Der VoIP-Verkehr hat den Multicast-Verkehr verdrängt.
3. Nach Zuschaltung der BBI Sessions darf sich der Packet Loss der IPTV-Verbindung nicht ändern.

## **Verhalten bei Überlast am Aggregation-Switch**

Testziel:

Ziel ist es nachzuweisen, dass QoS-Mechanismen nicht nur pro U-Schnittstelle korrekt ablaufen, sondern auch in Überlastsituationen des im Downstream Link des Ethernet-Aggregationspunkts zum Access Node des Netzbetreibers.

Testszenario:

1. Mehrere Clients bauen einen UDP-basierten Stream auf und bringen damit die Anbindung in eine Überlastsituation.
2. Weitere Clients bauen eine VoIP-Verbindung auf.
3. Weitere Clients fordern unterschiedliche HD Streams an.

Erwartete Ergebnisse:

1. Aufgrund der Überlast der Anbindung stellt sich auf den ersten x Clients eine Datenrate von Anbandungsbandbreite / x mit gleicher Paketverlustrate ein.
2. Die VoIP-Verbindung sollte mit optimaler Qualität (MOS>4,1) zustande kommen. Der VoIP-Verkehr hat den BBI-Verkehr auf der Anbindungsleitung verdrängt.
3. Die HD Streams sollten mit optimaler Qualität übertragen werden, die VoIP-Verbindungen sollten nicht beeinflusst werden. Die Paketverlustrate der UDP Streams sollte spürbar ansteigen, da der Multicast-Verkehr den BBI-Verkehr auf der Anbandungsbandbreite der Kopplung verdrängt.

### **4.3 Messverfahren für Jitter**

Der Jitter-Wert wird auf monatlicher Basis von CPE zu CPE bestimmt. Dafür werden z.B. eine definierte Anzahl von IP-Paketen (z.B. 10 x 64 Byte Pakete) vom CPE an dem einem Ende der Messstrecke zum CPE am anderen Ende der Messstrecke in



einem festgelegten Intervall (z.B. 20 ms) gesendet. Die aufgetretene Laufzeitvarianz (Abweichungen im Sendeintervall) von Datenpaketen in Empfangs- und Senderichtung wird aufgezeichnet und daraus der Jitter errechnet.

Da sich die zur Verfügung stehende Bandbreite sowie deren Auslastung auf den Jitter Wert auswirken, müssen diese beiden Parameter in das SLA einfließen.

Im Folgenden ist ein Beispiel für ein SLA der Realtime-Klasse, wie es zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden könnte dargestellt:

- a) Der Jitter-Wert wird auf monatlicher Basis bestimmt und beträgt <25 ms.
- b) Das CPE-CPE Jitter SLA findet nur Anwendung, wenn die Auslastung der Strecke:
  - nicht mehr als 30% beträgt, und die Bandbreite kleiner oder gleich 10 MBit/s ist.
  - nicht mehr als 50% beträgt, und die Bandbreite kleiner oder gleich 1 GBit/s ist.
  - nicht mehr als 70% beträgt, und die Bandbreite größer als 1 GBit/s ist.

## Referenzen

- [1] BNetzA: NGA-Forum Grundsatzdokument – Technische und operationelle Aspekte des Zugangs zu Glasfasernetzen und anderen NGA-Netzen, Bundesnetzagentur, Bonn, Mai 2011  
([http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/12teSitzung/NGAForum20110506\\_AG\\_InteropGrundsatzdokument.pdf](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/12teSitzung/NGAForum20110506_AG_InteropGrundsatzdokument.pdf))
- [2] BNetzA: NGA-Forum - Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts - L2-BSA I - Rahmendokument, V1.0, Bonn, 2011  
([http://www.bundesnetzagentur.de/cln\\_1932/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/L2\\_BSA\\_I\\_Rahmendokument\\_V10.html#download=1](http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1932/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/L2_BSA_I_Rahmendokument_V10.html#download=1))
- [3] BNetzA: NGA-Forum - Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts - L2-BSA III - Beschreibung Geschäftsprozesse und Geschäftsfälle, V1.0, Bonn, 2011  
([http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/L2\\_BSA\\_III\\_Geschaeftsprozesse\\_V10.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/L2_BSA_III_Geschaeftsprozesse_V10.pdf?__blob=publicationFile))
- [4] BNetzA: NGA-Forum - Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts - L2-BSA IV - Beschreibung Diagnoseschnittstelle (DIAGSS), V0.9, Bonn, 2011  
([http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/L2\\_BSA\\_IV\\_Diagnoseschnittstelle\\_V09.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/L2_BSA_IV_Diagnoseschnittstelle_V09.pdf?__blob=publicationFile))
- [5] AK S/PRI: Technische Schnittstellenbeschreibung der Web Services der Supplier/Partner Requisition Interface – Schnittstelle (S/PRI), V2.0, 29.07.2011  
([info@ak-spri.de](mailto:info@ak-spri.de))  
([http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/AK\\_SPRI\\_SPRI\\_SST\\_V20.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/AK_SPRI_SPRI_SST_V20.pdf?__blob=publicationFile))
- [6] AK S/SPRI: Allgemeine und technische Anforderungen an das Replikat, V1.0, 09.03.2010  
([http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/AK\\_SPRI\\_Replikat\\_V12.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/AK_SPRI_Replikat_V12.pdf?__blob=publicationFile))
- [7] AK S/PRI: Struktur und Semantik der Line-ID, V1.01, 06.10.2010  
([http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/AK\\_SPRI\\_LineID\\_V10.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Arbeitsergebnisse/AK_SPRI_LineID_V10.pdf?__blob=publicationFile))
- [8] DSL Forum: Migration to Ethernet-Based DSL Aggregation, Architecture and Transport Working Group, Technical Report TR-101, April 2006
- [9] Broadband Forum: Using GPON Access in the context of TR-101, Technical Report TR-156, Issue: 1, December 2008

- [10] Deutsche Telekom: Technical Specification of the Broadband-Access-Interfaces in the network of Deutsche Telekom - 1 TR 112, V11.0, 08.2011  
([http://hilfe.telekom.de/dlp/eki/downloads/1/1TR112\\_V11.zip](http://hilfe.telekom.de/dlp/eki/downloads/1/1TR112_V11.zip))

## Verzeichnis der Abkürzungen und Kurzschreibweisen

AG	Arbeitsgruppe
AI	aktive Infrastruktur
APP	Applikation
AVC	Advanced Video Coding
BBI	Broadband Internet
BER	Bit Error Rate
BSA	Bitstream Access
BSS	Business Support Systems
CPE	Customer Premises Equipment
C-VLAN	Customer VLAN
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DSL	Digital Subscriber Line
E2E	End to End
ETH	Ethernet
FTTB	Fiber to the Building
FTTC	Fiber to the Curb
FTTH	Fiber to the Home
Gbit/s	Gigabit per second
Gf	Glasfaser
PON	Passive Optical Network
HDTV	High Definition Television
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGMP	Internet Group Management Protocol

IP	Internet Protocol
IPoE	IP over Ethernet
IPTV	IP-Television
ITU	International Telecommunication Union
Kbit/s	Kilobit pro Sekunde
KPI	Key Performance Indicator
KVz	Kabelverzweiger
L2	Layer 2 (Schicht 2 aus OSI Modell)
LACP	Link Aggregation Control Protocol
LAG	Link Aggregation
LTE	Long Term Evolution
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MOS	Mean Opinion Score
MPEG	Moving Pictures Expert Group
ms	Millisekunden
NGA	Next Generation Access
OSS	Operational Support System
PI	passive Infrastruktur
PoP	Point of Presence
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RFoG	Radio Frequency over Glass
SDTV	Standard Definition Television
SLA	Service Level Agreement

TAL	Teilnehmeranschlussleitung
TCP	Transport Control Protocol
TK	Telekommunikation
UDP	User Datagram Protocol
VC-1	Virtuell Container
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
VoD	Video on Demand
xDSL	Platzhalter für alle DSL Varianten

- Ende des Dokuments -