

Anpassung des Analytischen Kostenmodells Breitbandnetz 2.2 – Einführung der BNG Architektur

Autoren:

Prof. Dr. Klaus Hackbarth
Dr. Gabriele Kulenkampff
Dr. Thomas Plückebaum
Konrad Zoz

WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef

Bad Honnef, 9. Mai 2016

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	II
1 Vorbemerkung	1
2 MSAN, MPoP und Scorched Node Ansatz	3
3 BNG als neue Schnittstelle zwischen Konzentrationsnetz und IP-Kernnetz	4
4 Rückführung des Konzentrations“netzes“	8
5 Dienstrealisierung im geänderten Breitbandnetz	9
6 Bottom-up Investitionswertmodellierung von Level 0 und Level 2/3 Equipment (logisches Netz)	12
6.1 Standortbezogene Nachfrage – Datenbasis	12
6.2 MSAN	12
6.3 Aggregation sonstiger Anschlussnachfragen	13
6.4 BNG	13
6.5 LER für den Netzübergang zu anderen Netzen	14
6.6 LSR auf Netzebenen 4 und 5	16
7 Bottom-up Investitionswertmodellierung der Übertragungswege (physikalisches Netz)	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: NGN-Netzstruktur ohne BNG	5
Abbildung 2: NGN Netzstruktur mit BNG	5
Abbildung 3: Anzahl BNG und BNG Standorte	10
Abbildung 4: Zusammenschaltung	15

Abkürzungsverzeichnis

BNG	Broadband Network Gateway
BRAS	Broadband Remote Access Server
CFV	Carrier Festverbindung
DNS	Domain Name Server
DTAG	Deutsche Telekom AG
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplex
EVz	Endverzweiger
FTTC	Fibre to the Cabinet
FTTx	Fibre to the x
GPON	Gigabit Passive Optical Network
HVt	Hauptverteiler
IP	Internet Protocol
IP PoP	Internet Protocol Point of Presence
IPTV	Internet Protocol Television
ISDN	Integrated Services Digital Network
KVz	Kabelverzweiger
L2 BSA	Layer 2 Bitstream Access
LC	Line Card (Schnittstellenkarte)
LER	Label Edge Router
LSR	Label Switch Router
MFG	Multifunktionsgehäuse
MGW	Media-Gateway
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MPoP	Metropolitan Point of Presence
MSAN	Multi Service Access Node
NGA	Next Generation Access
NGN	Next Generation Network
OLT	Optical Line Terminator
OTN	Optisches Transportnetz / Optical Transport Network
PIU	Plug in Unit
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RADIUS	Remote Access Dial In User Service
SBC	Session-Border-Controller
SDSL	Synchronous Digital Subscriber Line

1 Vorbemerkung

Im Jahr 2010 wurde das von der WIK-Consult erstellte Referenzdokument „Analytisches Kostenmodell für ein Breitbandnetz“ (kurz: NGN-Modell) zur Konsultation gestellt und unter Berücksichtigung der Stellungnahmen überarbeitet und in eine Software umgesetzt. Zwischenzeitlich wurde der Anwendungsbereich des Modells von anfänglich „Sprachzusammenschaltung im Festnetz“ auf „Bitstromzugang“ sowie „Mietleitungen“ erweitert¹ und in entsprechenden Entgeltregulierungsverfahren von der Bundesnetzagentur (BNetzA) zur Entscheidungsbegründung und gegebenenfalls für die Antragsstellung herangezogen.

Mit dem aktuellen Netzbau der DTAG in ein diensteintegrierendes Breitbandnetz und der Realisierung ihrer NGA-NGN Strategie kommt es im Netz zu relevanten Veränderungen, die sowohl die Netzzugangspunkte als auch die Kosten berühren. Um diesen Veränderungen Rechnung zu tragen, soll das Analytische Kostenmodell für das Breitbandnetz Version 2.2 entsprechend angepasst werden. Zentraler Ansatzpunkt ist dabei die Schnittstelle zwischen Konzentrationsnetz und IP-Kernnetz, die von der DTAG durch den Aufbau von Broadband Network Gateways (BNG) realisiert wird und Änderungen sowohl unterhalb als auch oberhalb des BNG mit sich bringt. Dabei sollen mit dem BNG wesentliche Vereinfachungen im Netzaufbau an der Schnittstelle zum IP-Netz realisiert werden.

Nachfolgend werden die beabsichtigten Modellanpassungen erläutert. Ziel ist es, die Softwareanpassungen bis Ende Juni 2016 abzuschließen, um der DTAG eine Modellbefüllung im Rahmen der Antragstellung für die Entgelte für die Festnetzterminierung zu ermöglichen. Ebenso soll das Breitbandkostenmodell für das Entgeltregulierungsverfahren für Mietleitungen im Sommer 2016 als Informationsquelle herangezogen werden.

Methodische Vorgehensweise

Von den nachfolgend dargestellten Modellanpassungen bleibt die Grundstruktur der Kostenmodellierung unberührt. Die Kostenermittlung erfolgt weiterhin auf Basis einer bottom-up Modellierung. Bestehende Netzstrukturparameter werden weitestgehend beibehalten. Für die Investitionswertermittlung wird weiterhin auf ein generisches Equipment zurückgegriffen, dessen Preisparameter über eine Marktabfrage erhoben werden. Für die Nachfragemodellierung wird nach wie vor auf einen scorched node Ansatz zurückgegriffen. Die zugehörigen Anschlusszahlen und anschlusspezifischen Verkehrsnachfragen werden von dem regulierten Unternehmen erfragt und ggf. aufgrund zukünftig erwarteter Nachfrageänderungen angepasst. Die Verkehrsverteilung im Netz erfolgt ebenfalls parametergesteuert, gleichfalls unter Rückgriff auf Angaben des regulierten Unternehmens. Auf diese Weise werden standortspezifisch Netzknoten

¹ Im Zuge der Modellerweiterungen wurden die dienstespezifischen Modellierungsansätze in separaten Anlagen zum Hauptdokument veröffentlicht;
http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/massstaebe_methoden/kostenmodelle/breitbandnetz2x/breitbandnetz2x-node.html

und Kanten dimensioniert und bewertet. Die Überführung der Investitionswerte in Kosten bleibt methodisch von den Modellanpassungen unberührt. Gleiches gilt für die zuschlagsfaktorenbasierte Berechnung der Betriebs- und Mietkosten.

2 MSAN, MPoP und Scorched Node Ansatz

Ankerpunkt der neuen Netzstruktur der DTAG bildet die MSAN-BNG Struktur (MSAN: Multi Service Access Node). Mit dem Ausbau eines NGA in Form von FTTC und FTTC Vectoring werden die Kundenanschlüsse über eine verkürzte Kupferdoppelader am MFG-Standort über einen MSAN breitbandfähig (NGA-Breitband > 30 Mbit/s downstream).

Bereits in der ersten Fassung des Referenzdokuments war die Thematik der Abgrenzung von Anschluss- und Verbindungsnetz aufgegriffen worden. Unter Bezugnahme auf die NGA-EU-Empfehlung vom 20. September 2010 (damals in der Entwurfsfassung von 2009) wurde der MPoP² als Demarkationslinie zwischen NGA und NGN gewählt, um den Modellierungsansatz gegenüber Veränderungen in der NGA-Architektur möglichst unabhängig zu machen.

Darauf aufbauend soll am MPoP als unterster Netzebene im NGN Kostenmodell festgehalten werden. Um dies zu ermöglichen, werden die MSAN und ihre zugehörigen Endkundenanschlüsse auf den zugehörigen MPoP projiziert, inklusive der indoor im MPoP verbleibenden MSAN, die die Kundenanschlüsse im starren Netz (A0-Anschlüsse) und ggf. im Nahbereich versorgen. Am MPoP stellt sich dann die für die bottom-up Modellierung relevante Nachfrage in Form von Kundenanschlüssen dar (inkl. ihrer anschlusspezifischen Bandbreitennachfrage in der busy hour) und netzseitigen MSAN-Ports (ausgedrückt in 1G oder 10G Schnittstellen).

² Metropolitan Point of Presence

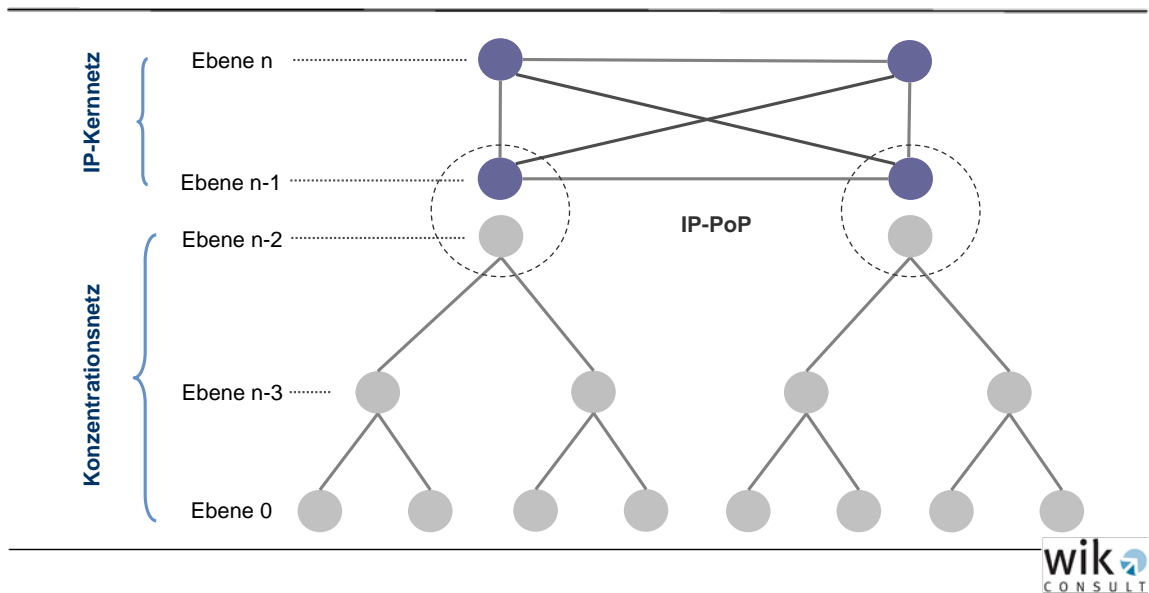
3 BNG als neue Schnittstelle zwischen Konzentrationsnetz und IP-Kernnetz

Das Broadband Network Gateway (BNG) ist eine Netzkomponente, deren wesentliche Aufgabe es ist, den Verkehr aus den Kundenanschlüssen hin zu einem MPLS³ IP-Routernetzwerk zu konzentrieren und die anschlussindividuellen Aspekte zu bearbeiten. Hierzu gehört eingangsseitig den typischerweise über das Ethernet-Protokoll ankommenden upstream-Verkehr zu bündeln, bzgl. seiner Zulässigkeit zu prüfen und ihn ausgangsseitig mit dem geeigneten Label versehen in das MPLS IP-Routernetz weiterzuleiten. In der anderen Richtung übernimmt er den Verkehr aus dem Routernetz, entfernt das Label und gibt ihn über das Ethernet Protokoll an den Endkundenanschluss weiter. Das BNG vereint damit die Funktionen eines Ethernet-Switches, eines BRAS⁴ und eines Label-Edge Routers (LER) in einem Gerät.⁵

Diese Funktionen waren in dem bisherigen Breitband-Kostenmodell durch separate Netzelemente repräsentiert, die auf der Ebene des sogenannten IP-PoP auf den Netzebenen 2/3 angesiedelt sind. Auf der Netzebene 2 wurde das ggf. mehrstufige Konzentrationsnetz aus Ethernet-Switches zusammengeführt und der Verkehr an separate Label Edge Router als Zugangssysteme zum MPLS IP-Netz übergeben. Die Label Edge Router schließen das MPLS IP-Netz nach außen ab. Im Breitbandkostenmodell sind diese Systeme der Netzebene 3 zugeordnet. Netzebene 2 und 3 treffen im selben Standort, dem IP-PoP, räumlich zusammen. Der oberste Ethernet-Switch des Konzentrationsnetzes und der unterste Router (der LER) sind dort kolloziert. Im Zuge der neuen Netzstruktur fallen die beschriebenen Funktionen im BNG zusammen. Auch der BNG ist folgerichtig in der modifizierten Netzstruktur im IP-PoP (Netzebene 2/3) angesiedelt. Hier griffen im Breitband-Kostenmodell auch bisher die BRAS-Funktionen, die separat modelliert wurden. Diese können jedoch auch kostenmäßig in die BNG integriert werden. Die DNS-Funktion (Domain Name Service), die für die Zuordnung der IP-Adressen verantwortlich ist, sollte weiterhin separat modelliert werden, da es sich dabei um eine separierte Netzfunktion handelt, die im Kontrollplan und nicht im Transportplan des Netzmodells angesiedelt ist..

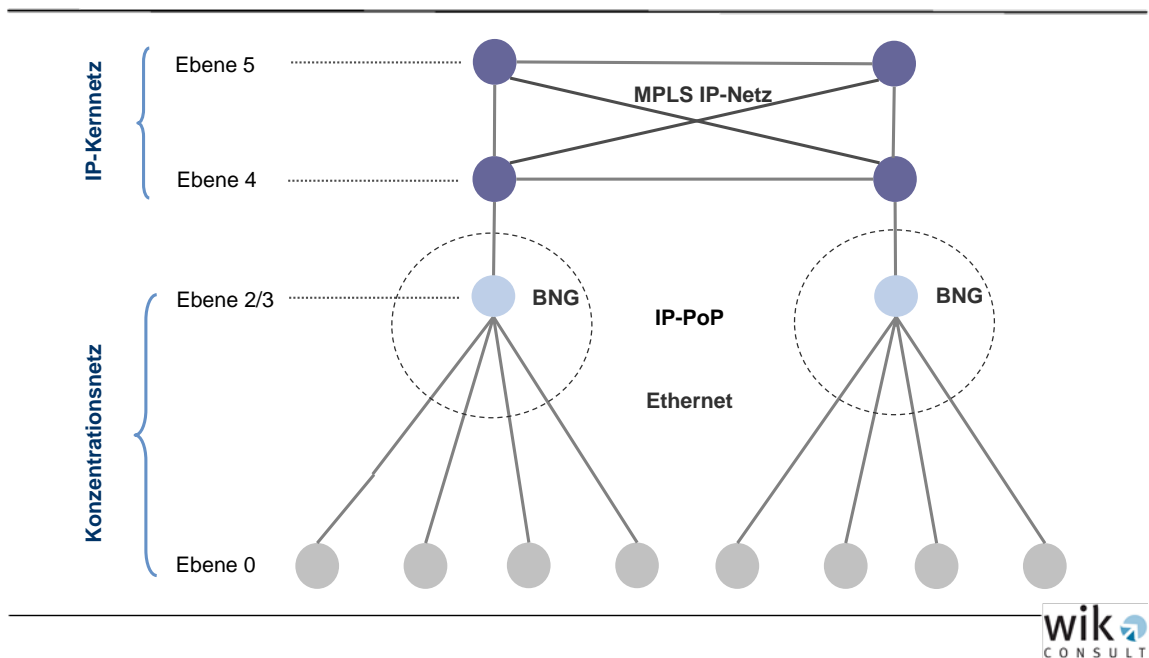
-
- 3 MPLS: Multi Protocol Label Switching, erlaubt ein vereinfachtes und schnelleres, nahezu verzögerungsfreies Routing im Netz durch Vergabe von den Datenpaketen vorgeschalteten Labels, die einen zuvor bestimmten Pfad durch das Routernetz beschreiben. Anhand der Labels können schon die Portkarten eines Routers den Verkehr durchleiten, statt die IP-Adresse auszulesen, in einer Routingtabelle den nächsten Nachbarn zu identifizieren und dann den Verkehr in die richtige Richtung weiterzuleiten. Die Labels werden von Label Edge Routern (LER) am Rand des Netzes vergeben, innerhalb des Netzes werden die Datenpakete durch Label Switch Router (LSR) anhand der Label weitergeleitet.
 - 4 Broadband Remote Access Server, diese Systeme übernehmen die Zugangskontrolle zum IP-Netz und die Authorisierung und Steuerung (incl. QoS) des Zugangs zu den gebuchten Diensten. Hierzu zählen insbesondere auch die Funktionen des RADIUS (Remote Access Dial In User Service) ggf. einschließlich des Sammelns abrechnungsrelevanter Daten.
 - 5 Daneben kann der BNG – wie weiter unten beschrieben – vorkonzentrierten Verkehr für Wholesale-Kunden als Ethernet Bitstrom (Layer 2 Bitstrom, L2) ausspeisen bzw. aufnehmen. Ferner ist er für die DTAG-Entertain-Kunden Multicast-Replikator.

Abbildung 1: NGN-Netzstruktur ohne BNG



Quelle: WIK

Abbildung 2: NGN Netzstruktur mit BNG



Quelle: WIK

Aus der Gegenüberstellung von Abbildung 1 und Abbildung 2 geht hervor, dass bei der neuen Architektur auf die bisherige Konzentrationsebene (Netzebene 1) verzichtet wird. Die vorkonzentrierten Kundenanschlüsse werden im NGN Modell ausgehend von Netzebene 0 (siehe hierzu auch Abschnitt 2) direkt auf die BNG-Standorte hochgeführt.

Auch auf die Verkehrsführung kommen durch die Einführung des BNG anstelle separater Systeme keine wesentlichen Änderungen zu. Wurde der Verkehr bisher vom Netzebene 2 Ethernet-Switch in den Netzebene 3 LER über dedizierte externe Schnittstellen übergeben und von dort in das IP-Kernnetz weitergeleitet, erfolgt das nun BNG intern. Der BNG fasst alle Verkehre, die bereits jetzt oder zukünftig

- vom Breitband-Endkundenmarkt generiert und über das Ethernet-Protokoll dem Kernnetz zugeführt,
- als Layer 2 Bitstrom an ein Wettbewerbernetz übergeben oder
- als Layer 2 Mietleitungen über den BNG sowohl kernnetzseitig als auch anschlussnetzseitig abgewickelt werden,

zusammen. Zu unterscheiden sind insbesondere folgende Produkte:

Breitband-Endkunden:

Dies sind zum einen alle Kupferdoppelader basierten Kundenanschlüsse, die auf den im HVt oder vorgelagerten KVz angesiedelten MSAN aufgeschaltet werden, und zudem alle anderen FTTx-Technik basierten NGA (Next Generation Access) Anschlüsse, im Netz der Deutschen Telekom typischerweise über GPON (Gigabit Passive Optical Network) realisiert. GPON schließt seine Kundenanschlussstränge über OLT⁶ zum Netz hin zusammen. Ein OLT überträgt dann den über eine Ethernet-Schnittstelle vorkonzentrierten Verkehr analog zu den MSAN zu den BNG.

Layer 2 Bitstromzugang:

Der BNG ist in der Lage, auch vorkonzentrierten Verkehr für Wholesale-Kunden als Ethernet Bitstrom (Layer 2 Bitstrom, L2) auszuspeisen bzw. in anderer Richtung aufzunehmen. Da in der modellierten Netzstruktur keine weiteren Ethernet-Switches auf niedrigeren Netzebenen vorgesehen sind, ist dies auch die einzige Stelle im Netz, an der das erfolgen kann, ohne die Anschlüsse an andere Standorte per Backhaul zu „verlängern“. Auch sind in der Architektur oberhalb des BNG keine weiteren zusammenfassenden Ethernet-Switches erforderlich und damit vorgesehen, mit denen die Anschlüsse je BNG weiter vorkonzentriert werden könnten, so dass der L2 Bitstrom je BNG übernommen werden muss. (Theoretisch könnte der BNG auch IP-Verkehr über seine LER-Funktion ausspeisen, der IP-Bitstrom wird jedoch auf höheren Netzebenen übergeben (s. Abschnitt 6.5).

Ethernet Mietleitungsnachfrage:

Soweit über die MSAN oder OLT Mietleitungsverkehr (Ethernet-Mietleitungen) zugeführt wird, ist dieser in den BNG-Schnittstellen enthalten. Darüber hinaus erlaubt der BNG, Mietleitungen über vorkonzentrierende Channel Banks oder direkt über

⁶ Optical Line Terminator

Glasfaser Ethernet-Anschlüsse aufzunehmen und sowohl über das IP-Kernnetz als auch anschlussnetzgerichtet zu einem anderen MSAN-Standort weiterzuleiten. Dies ist jedoch durch die maximalen Kapazitäten der BNG begrenzt. Hinzu kommt, dass nicht alle Leitungsmerkmale, insbesondere der Absicherung, auf diesem Weg sichergestellt werden können. Anbindungen an den BNG sind von der Struktur her ungesichert, d.h. nicht ersatzgeschaltet, wie dies sonst in Layer 1 Übertragungssystemen zum Stand der Technik gehört. Wir gehen daher davon aus, dass es für Mietleitungen unverändert auch dedizierte Technik geben wird.

4 Rückführung des Konzentrations“netzes“

Die MSAN-BNG Architektur der DTAG sieht 899 BNG-Standorte vor. Diese BNG-Standortzahl geht unter anderem auch aus dem Standardangebot für den Layer 2 Bitstromzugang hervor. Sie impliziert eine Ausweitung der IP-Kernnetzstandorte um den Faktor 12 gegenüber der bisherigen Architektur.⁷ Auf eine weitere Vorkonzentration der Nachfragen wird somit verzichtet. Diese erfolgt erst auf Ebene der BNG-Einrichtungen.

Die netzstrukturelle Gestaltung mit 899 Standorten hat Bedeutung für den Netzzugang der Wettbewerber (L2 BSA) und damit deren Netzauslegung vor dem Hintergrund der bevorstehenden Migration von entbündelten Teilnehmeranschlussleitungen. Es ist daher eine zentrale Anforderung, dass die neue Netzarchitektur auch bei steigender Bandbreitennachfrage nachhaltig ist.

Eine Nachhaltigkeit kann in der MSAN-BNG Architektur insofern als gegeben angesehen werden, als dass die Schnittstellen an den MSAN entsprechend den Ethernet-Standardisierungen skalierbar sind. Aktuell sind neben 1G auch 10G Schnittstellen realisierbar.

Die Anbindung der MSAN an den BNG erfolgt sternförmig. Für den Endkundenmassenmarkt ist topologisch keine Absicherung vorgesehen (siehe Standardangebot L2 BSA).⁸

Aufgrund der Realisierung sonstiger Nachfragen auf den Übertragungswegen zwischen MPoP und BNG, insbesondere Mietleitungsnachfragen, halten wir an der bisher implementierten topologischen Absicherung der MPoP auf der physikalischen Schicht fest. Wir vertreten die Auffassung, dass im Kontext eines Multiservicenetzes die physikalische Realisierung (Trasse, Kabel und Transporttechnik – im Modell unter Layer 0 und Layer 1 zusammengefasst) gemeinschaftlich erfolgt. Wir schlagen daher vor, an der Ring-Topologie und den im Modell verfügbaren Layer 1 Technologien festzuhalten. Das derzeit im Modell implementierte generische Equipment zu DWDM erlaubt eine Aufnahme von bis zu 10G Schnittstellen, die an eine „Farbe“ (λ) übergeben werden kann.

⁷ Von vormals 73 Kernnetzstandorten erfolgt eine Ausweitung auf 899 Standorte.

⁸ Siehe Beschluss zweite Teilentscheidung in dem Verwaltungsverfahren wegen der Überprüfung des Standardangebots der Telekom Deutschland GmbH über die Inanspruchnahme von Layer 2-Bistream Access.

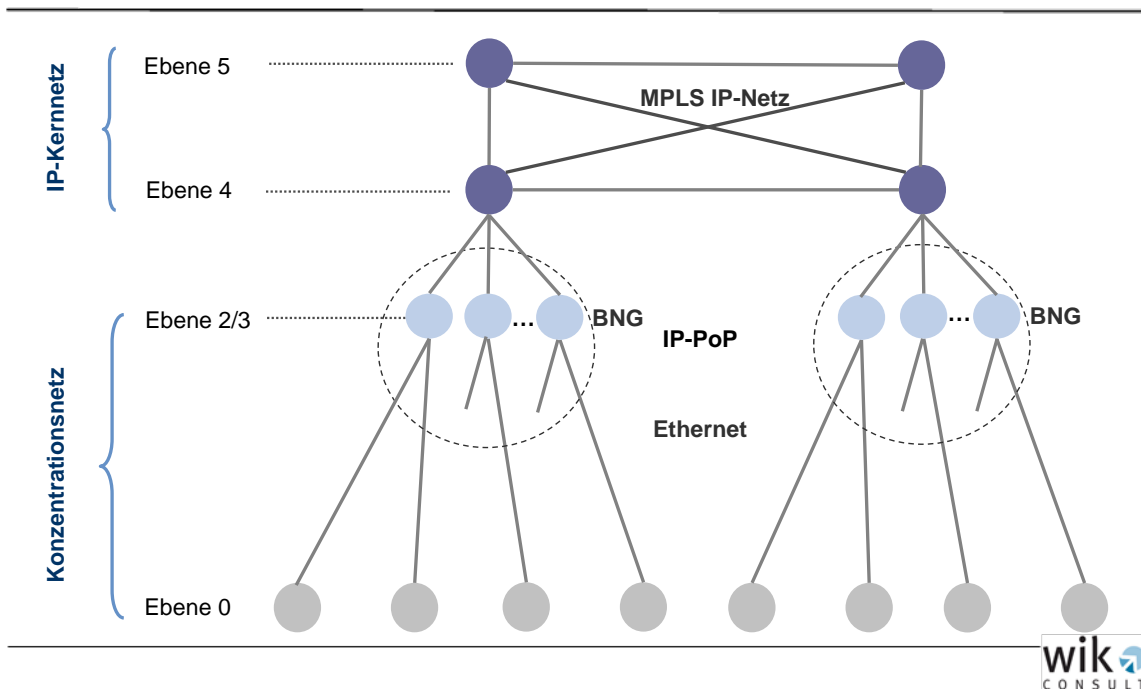
Siehe auch: http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1422/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1BK-Geschaeftszeichen-Datenbank/BK3-GZ/2015/2015_0001bis0999/BK3-15-0003/BK3-15-0003_2_Teilentscheidung_Konsultation_Liste_Konsultationen.html?nn=350332

5 Diensterealisierung im geänderten Breitbandnetz

Die bottom-up Kostenmodellierung basiert im Kern auf Informationen zur standortbezogenen Nachfrage sowie ihrer zugehörigen Verkehrsverteilung. Dazu ist im Breitbandkostenmodell eine Service-Differenzierung sowohl nach Umfang der Nachfrage als auch ihrer Verkehrsführung im Netz generisch implementiert. Die an den Standorten höherer Netzebenen vorgehaltenen logischen Einrichtungen (bisher Ethernet-Switches und IP-Router) erfüllen dabei die Funktion der Verkehrslenkung, wobei Ethernet-Switches nicht in der Lage sind, IP-Verkehre lokal abzuwickeln. Diese werden hierarchisch dem IP-Kernnetz zugeführt, dessen Einrichtungen dann die Funktion der Verkehrslenkung übernehmen. Bei der bisherigen Modellimplementierung ist ein hierarchisch übergeordneter Standort immer in der Lage, den Verkehr auf seiner Protokollschicht an sämtliche ihm untergeordneten Standorte weiterzuleiten. Die modellendogen abgeleitete Netzhierarchie definiert letztlich Konzentrationsnetz- und IP PoP Cluster.

Mit der neuen Netzarchitektur wird diese auf den Verkehrsnachfragen der MPoP basierende Hierarchiebildung durchbrochen, da neben der auf den MPoP projizierten Nachfrage die Anzahl der MSAN und deren starre Hochführung auf die BNG als Restriktion zu beachten ist. Wie aus der nachfolgenden Abbildung 3 ersichtlich, können regionsabhängig mehrere BNG-Einrichtungen an einem Standort erforderlich werden, weil die Zahl der Teilnehmeranschlüsse je BNG kapazitiv begrenzt ist. Da an einem BNG Standort keine weitere Aggregation auf Basis eines LSR vorgesehen ist, werden die in den einzelnen BNG konzentrierten Verkehre weiterhin hierarchisch auf eine höhere Netzebene transportiert. Das Modell sieht im Kernnetz bis zu 3 Ebenen vor. LSR können im Modell daher auf Ebene 4 und 5 eingesetzt werden. Unter Verzicht auf Netzebene 4 kann auch eine Hochführung direkt auf die oberste Kernnetzebene (5) vollzogen werden.

Abbildung 3: Anzahl BNG und BNG Standorte



Quelle: WIK

Eine standortbezogene Verkehrslenkung im Sinne einer Bedienung sämtlicher Anschlüsse, die diesem Standort untergeordnet sind, ist mit dieser Architektur daher nicht im IP-PoP, sondern erst ab einer höheren Kernnetzebene unter Einsatz von LSR möglich.

Auf Ebene des BNG kann lediglich eine Bedienung innerhalb der Gruppe der direkt an den BNG angeschlossenen MSAN erfolgen.

Für die Modellierung ergibt sich daraus die Notwendigkeit, neben der Hierarchiebildung auf Basis der MPoP die aus der MSAN-BNG Zuordnung entstehende Hierarchie ergänzend zu berücksichtigen.

Eine alternative methodische Vorgehensweise, die Funktion des MPoP auf den MFG-Standort und deren MSAN zu verlagern, schließen wir aus, da dies dem scorched node Ansatz insofern widersprechen würde, als dass die physikalische Realisierung des Verbindungsnetzes bereits am MFG Standort beginnen und somit eine Integration der Verkehrsnachfragen am MPoP auf Layer 0 und Layer 1 nicht mehr möglich wäre.

Darüber hinaus stünde eine solche Verlagerung des MPoP in Widerspruch zu der derzeitigen Vorgehensweise bei der TAL Regulierung, der teilnehmerbezogene Anschlusskosten vom EVz bis zum HVt zu Grunde liegen.

Der MPoP kann somit weiterhin als Grenze zwischen anschlussbezogener und bandbreitenbezogener Kostenzurechnung herangezogen werden.

Verkehrsführung für IP-TV

Neben den generellen Aspekten der Verkehrslenkung im NGN Modell ist auf den IPTV Verkehr gesondert einzugehen. Bisher ist IPTV als Multicastverkehr unter Rückgriff auf eine Stufenfunktion implementiert, welche netzebenenbezogen den sogenannten „user-traffic“ in „network traffic“ umwandelt. Die Multicast-Funktion erlaubt es, auf einer logischen Verbindung das Programm nur einmal für die Summe der nachfragenden Endkunden zu übertragen. Damit reduziert sich die zu übertragende Bandbreite (user traffic) nach Maßgabe der „gemeinsam“ geschauten TV-Programme. Im Unicast entspricht der „network traffic“ dem „user traffic“.

Dem vorgelegten Standardangebot L2 BSA zufolge wird ab dem BNG für IPTV Unicast umgesetzt. Entsprechend können L2 BSA Nachfrager auch für ihre Endkundenanschlüsse kein Multicast vom BNG bis zum MSAN realisieren. Die Multicast-Funktion ist damit auf die LSR-BNG-Relation beschränkt. Alternativ kann auch Broadcast des gesamten Programmangebots von den LSR-Standorten auf die untergeordneten BNG-Einrichtungen erfolgen.⁹ Letztere würde einen Verzicht auf die Multicast-Funktion im Modell erlauben.

⁹ Die im Modell implementierte Stufenfunktion für IP-TV erlaubt den Multicast-Verkehr in einen Broadcast-Verkehr zu transformieren.

6 Bottom-up Investitionswertmodellierung von Level 0 und Level 2/3 Equipment (logisches Netz)

6.1 Standortbezogene Nachfrage – Datenbasis

Für die bottom-up Modellierung soll auf Anschlussdaten des regulierten Unternehmens zurückgegriffen werden. Die Datenabfrage muss dabei verzweigerbereichsgenau erfolgen wobei die Indoor-Nachfrage ebenfalls zu berücksichtigen ist. Da die Modellierung des Anschlussnetzes nicht Gegenstand des NGN Modells ist, muss neben der Anschlussnachfrage pro KVz-Verzweigungskabelbereich auch eine Zuordnung von Verzweigerbereichen auf MFG-Standorte (mit MSAN ausgerüstete KVz bzw. Technikstandorte, die weitere (passive) KVz-mitversorgen können) erfragt werden.

Auf dieser Datenbasis können dann Verzweigerbereichsanschlüsse den MFG-Standorten zugewiesen und als Ausgangspunkt für die Dimensionierung der Outdoor-MSAN herangezogen werden. Noch nicht über MFG versorgte Verzweigerbereiche werden dem HVt/MPoP zugewiesen. Gleiches gilt für sämtliche Telefonanschlüsse (PSTN, ISDN) SDSL-Anschlüsse sowie die A0-Anschlüsse, für die ausschließlich am HVt entsprechendes Equipment realisiert wird. Die Summe der über einen HVt realisierten Anschlüsse bildet die Grundlage für die Dimensionierung der Indoor-MSAN. Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich eine Mischung von Outdoor und Indoor-Realisierung, die von dem Erschließungsgrad der Verzweigerbereiche durch MFG getrieben ist. – Vor dem Hintergrund der Anwendung des Kostenmodells für Entgeltregulierungsverfahren besteht somit die Möglichkeit, für die Gültigkeitsdauer der Entscheidung die relevante Realisierung und ihre zugehörigen effizienten Kosten zu bestimmen.

6.2 MSAN

Für den MSAN wird ein generisches Equipment unterstellt, das nach Einrichtungen (PIU) und Schnittstellenkarten (LC) mit unterschiedlichen Portzahlen differenziert. Darüber hinaus erfolgt eine Unterscheidung von Indoor- und Outdoor-Equipment. Aufgrund der Referenzierung auf einen bestehenden Ausbaustand (bedingt durch die für die Modellbefüllung vorliegenden MFG-Standorte) wird es als angemessen erachtet, für die Indoor-MSAN spezifische ADSL und VDSL-Schnittstellenkarten zu spezifizieren, so dass eine Preisdifferenzierung gegenüber den Vectoring-Karten möglich ist. Der Modellierungsansatz erlaubt dabei eine Anpassung des Equipments im Zeitablauf.¹⁰

Der Bedarf an Schnittstellenkarten wird über die maximale Anzahl anschaltbarer Kunden (Ports) je Schnittstellenkarte ermittelt. Die Anzahl der benötigten Schnittstellenkarten wiederum treibt die Nachfrage nach MSAN-PIU, die in ihrer Zahl an Steckplätzen

¹⁰ Diese Flexibilität wird durch die Verwendung eines generischen Equipments ermöglicht.

ebenfalls beschränkt sind. Bei der Dimensionierung der Schnittstellenkarte wird eine Portreserve vorgesehen, die über einen Inputparameter im Modell gesteuert werden kann. Es ist beabsichtigt, diese Portreserve für Indoor- und Outdoor-MSAN zu differenzieren.

Für die netzseitige Schnittstelle des MSAN wird ein Auslastungsgrad vorgesehen, ebenfalls differenziert für Indoor und Outdoor.

Bei der Dimensionierung finden somit zwei Kostentreiber Berücksichtigung: Zahl der Anschlüsse und anschlusspezifische busy hour Nachfrage.

6.3 Aggregation sonstiger Anschlussnachfragen

Unter Abschnitt 3 wurde ausgeführt, dass im Multiservicenetz über den BNG neben dem Breitbandendkundenmassenmarkt (inkl. Bitstrom) auch Glasfaseranschlüsse und Kapazitätsnachfragen (Mietleitungen) realisiert werden. Die sich aus diesen Verkehren ergebenden Transportanforderungen im NGN sind auf Basis der Nachfrage am MPoP ebenfalls in das Modell einzupflegen, um die in einem Multiservicenetz realisierbaren Skalenerträge adäquat abbilden zu können.

Für FTTB/H Glasfaseranschlüsse betrifft dies die Anzahl und Kapazität der netzseitig benötigten OLT Schnittstellen. Bzgl. der Kapazitätsnachfragen (Mietleitungen) bildet die Schnittstellennachfrage der Channelbanks (Mietleitungsmodul des Analytischen Kostenmodells) die Basis.

Diese Schnittstellennachfragen sollen als Input in das NGN-Modell eingehen.

6.4 BNG

Entsprechend dem Aufbau des generischen Equipments wird auch beim BNG in Einrichtung (PIU) und Schnittstellenkarten (LC) unterschieden. Die Schnittstellenkarten nehmen die auf Netzebene 0 bestimmten Ports für die MSAN auf und treiben somit die Investitionen in Schnittstellenkarten und darüber indirekt die Anzahl von BNG.

Die hierarchische Zuordnung von MSAN zu BNG-Standorten erfolgt über die modellendogene Hierarchiebildung.

Bei der Dimensionierung der BNG finden darüber hinaus weitere Restriktionen Berücksichtigung. Dies sind

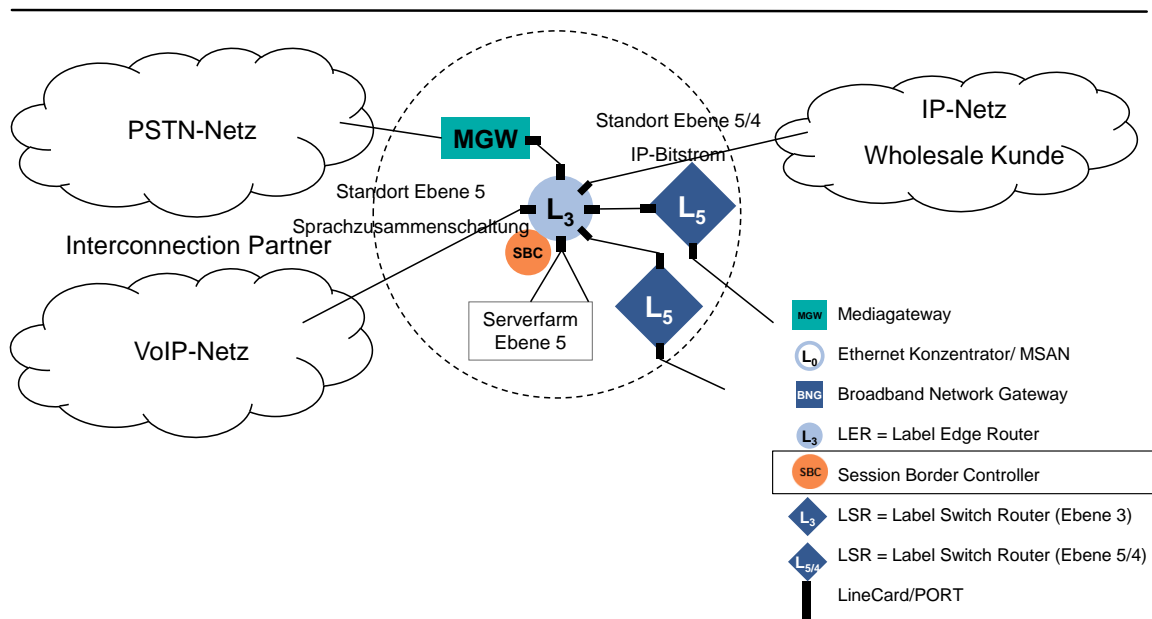
- die maximale Anzahl von Teilnehmern, die auf einen BNG geschaltet werden kann,
- die maximale Anzahl von aufgeschalteten Indoor-MSAN (unter Berücksichtigung verstärkter Restriktionen bei den mit POTS-Anschlüssen bestückten MSAN) sowie
- die maximale Anzahl der insgesamt aufschaltbaren MSAN pro BNG.

Bezüglich der kernnetzseitigen Verkehrsführung wird dabei von einer durchschnittlichen Bandbreitennachfrage pro BNG ausgegangen, die sich aus der Summe der Nachfragen an diesem Standort ergibt, dividiert durch die Anzahl der standortspezifisch dimensionierten BNG-Einrichtungen. – Diese Vorgehensweise trägt dem Umstand Rechnung, dass eine arbiträre Aufschaltung von MSAN, OLT und Channelbanks erfolgt.

6.5 LER für den Netzübergang zu anderen Netzen

Die Netzübergänge (mit Ausnahme L2 Bitstrom, s. Kapitel 3) sowie die Anschaltung der im Kernnetz angesiedelten Server für Content/ Hosting, und andere Dienste erfolgt weiterhin über dedizierte LER als separate Router. Die LER-Funktion der BNG wird hierfür nicht genutzt, weil BNG dediziert für die Konzentration der Teilnehmeranschlüsse verwendet werden und dort durch die Integration mit weiteren Funktionen ihre spezifischen Vorteile finden, für den eigentlichen IP-Netzübergang aber eher funktional überdimensioniert und damit zu teuer wären. Auch hat es wesentliche betriebliche Vorteile, die Netzübergänge zu den Diensten und anderen Netzbetreibern von den Teilnehmeranschlüssen technisch funktional und betrieblich in unterschiedliche Systeme zu trennen. Die LER für die Steuerung der Netzübergänge sind nicht an Netzebene 3 Standorten (am Rand des Kernnetzes) angesiedelt, sondern allenfalls dort, wo entsprechende Anschlüsse bereitgestellt werden müssen (Netzebene 4 oder 5).

Abbildung 4: Zusammenschaltung



Quelle: WIK

Über die LER wird zum einen die Zusammenschaltung der Sprachnetze gesteuert, wie dies auch bereits in dem bestehenden Breitband-Kostenmodell der Fall ist, zum anderen aber auch die Zusammenschaltung für den IP-Bitstrom oder für das Peering mit anderen Netzbetreiber – die „Internet“-Konnektivität. Auch hier ergeben sich keine Neuerungen. Für den Übergang mit der klassischen PSTN Technologie müssen wie bisher Media-Gateways (MGW) vorgehalten werden, die über Media-Gateway-Controller gesteuert werden. Die Media-Gateways enthalten die PSTN E1 Schnittstellen für den Netzübergang an PSTN Zusammenschaltungspunkten (z.B. Mobilfunknetze). Die Sprachzusammenschaltung auf Basis von VoIP erfolgt über dedizierte Ethernet-Schnittstellen, die über Session-Border-Controller (SBC) gesteuert werden.

Sofern nicht alle Standorte für Netzübergänge, die durch Regulierungsverfügungen vorgegeben sind, aufgrund einer effizienteren Netzstruktur direkt mit LER und ggf. zusätzlich LSR versorgt werden, können die entsprechenden Anschlüsse auch an diese Standorte per Backhaul verlängert werden.

6.6 LSR auf Netzebenen 4 und 5

Das IP-Kernnetz besteht prinzipiell aus IP-Netzknoten auf den oberen Netzebenen (3 - 5), wobei die mittlere Ebene nicht zwingend besetzt sein muss. Da dieses Netz dem Stand der Technik entsprechend MPLS unterstützt, hat es am Rande Label Edge Router (LER), die auf Netzebene 3 angesiedelt sind. Diese Funktion wird von den BNG übernommen. Auf den anderen Netzebenen sind die Label Switch Router (LSR) angesiedelt, die den IP-Verkehr typischerweise über Label-Switching auf vordefinierten Pfaden sehr schnell und verzögerungsarm weiterleiten. Im Fall von Fehlern sind sie in der Lage, die Datenpakete auf IP-Ebene zu routen und schnell neue Label-Switched-Pfade zu knüpfen. Die LSR waren auch bisher schon das wesentliche Netzelement im Kernnetz des Breitband-Kostenmodells. Funktional ergeben sich durch die Einführung der BNG keine Veränderungen. Ihre Dimensionierung und Bepreisung wird über die Marktbefragung aktualisiert.

Insbesondere durch das Label-Switching sind die Router sehr leistungsfähig bezüglich des Durchsatzes an Daten. Viele Funktionen werden direkt durch Hardware abgebildet und erzeugen so gut wie keine Verzögerung. Bei Überlastung kann es dennoch zu Paketverlusten kommen. Aber auch diesbezüglich ergeben sich gegenüber dem bisherigen Modell keine Veränderungen. Bedingt durch Veränderungen in der Netzstruktur des Kernnetzes insgesamt (insbesondere bzgl. der BNG-Standorte und der dort enthaltenen LER-Funktion) mag es auch zu Veränderungen in der effizienten Zahl an Netzebenen, Knotenstandorten je Ebene und entsprechend LSR geben. Zudem werden die aggregierten Verkehre insgesamt hier einen Einfluss auf die Effizienz der Strukturen haben, wie das auch bisher grundsätzlich der Fall war.

7 Bottom-up Investitionswertmodellierung der Übertragungswege (physikalisches Netz)

Bereits in Abschnitt 2 wurde darauf abgestellt, dass an dem MPoP als unterster Netzebene festgehalten werden und eine Dienstintegration auf Layer 0 und Layer 1 erfolgen soll. Diese Vorgehensweise zielt darauf ab, Größenvorteile für sämtliche Dienste zu erzielen. Es soll daher an den bisher im Modell implementierten Ringtopologien festgehalten werden, die auf Basis einer Layer 1 Transporttechnologie realisiert werden (DWDM im Konzentrationsnetz sowie DWDM und OTN im IP-Kernnetz).

Diese Vorgehensweise ermöglicht das Festhalten am MPoP als unterster Netzebene bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Absicherungsanforderungen, die sich aus Mietleitungsnachfragen ergeben. In dieser Form wird daher der Charakter eines Multi-servicenetzes aufrechterhalten und darüber hinaus eine arbiträre Kostenzurechnung vermieden.