

NOKIA

Layer 2 Bitstream Access

Oliver Knapp, Consulting Engineering

Nokia IP & Optical Networks

DENOG8

23.11.2016

Layer 2 Bitstream Access - Agenda

1. Nokia & Abgrenzung Vortragsinhalt
2. Marktumfeld
3. Vorstellung L2-BSA Vorprodukt der Deutschen Telekom
4. Mögliche Implementierung als Vorleistungsnehmer
5. Mögliche Implementierung als Vorleistungsgeber

Layer 2 Bitstream Access

Nokia...?

Alcatel-Lucent joins Nokia



- “Global leader in the technologies that connect people and things”
- “Focus on 5G, the Cloud and the Internet of Things”
- Alcatel-Lucent IP Routing and Transport ist jetzt Nokia IP/Optical Networks (ION)
- Gleiche Leute, gleiche Produkte
- Wir haben neue Firmenschilder bekommen

NO!



Lumia & Nokia phones

These devices now come from Microsoft >

Was hat Nokia mit L2-BSA zu tun ?

- Systemlieferant mit breiter Technologiepalette – Access, Transport, IP,...
- Systemlieferant für viele unterschiedliche Player im Markt – groß und klein
- L2-BSA ist Fakt im deutschen Markt – unsere Technik muß kompatibel sein
- Lösungen sowohl für Vorleistungserbringer als auch Vorleistungsnehmer notwendig

- Engagement von Nokia im NGA-Forum, Mitarbeit an Spezifikation L2-BSA
- Viele Anfragen unterschiedlicher Kunden zum Thema
- Aufbau einer Referenz-Implementierung notwendig
- Dadurch zwangsweise intensive Beschäftigung mit dem Thema

Abgrenzung Vortragsinhalt

- Nokia ist reiner Technik-Lieferant, keine politischen Ambitionen
- Alle Kunden sind uns wichtig
- Fokus auf Technik, nicht auf Juristisches
- Blick auf Marktgegebenheiten sind hier zum Teil trotzdem relevant

- Grundsätzlicher Ansatz: Hersteller- und Carrierneutral, soweit möglich
- Allerdings: Dominierender Vorleistungsanbieter am Markt wird vermutlich die Deutsche Telekom sein
- Daher: Betrachtung des Vorleistungsangebots der Telekom (“Referenzimplementierung” im Markt)

- Wir sind zu Vertraulichkeit gegenüber unseren Kunden verpflichtet
- Daher: keine “Insider-Infos” über konkrete Implementierungen bei unseren Kunden möglich
- Inhalte dieses Vortrags basieren rein auf öffentlichen Informationen

Layer 2 Bitstream Access

Marktumfeld

“Breitbandstrategie der Bundesregierung”

- Bis spätestens Ende 2010 sollen flächendeckend leistungsfähige Breitbandanschlüsse verfügbar sein.
- Bis 2014 sollen bereits für 75 Prozent der Haushalte Anschlüsse mit Übertragungsraten von mindestens 50 Megabit pro Sekunde zur Verfügung stehen mit dem Ziel, solche hochleistungsfähigen Breitbandanschlüsse möglichst bald flächendeckend verfügbar zu haben.



Quelle: www.zukunft-breitband.de

<http://zukunft-breitband.de/SharedDocs/DE/Anlage/ZukunftBreitband/breitbandstrategie-der-bundesregierung.html?nn=126140>

“Digitale Agenda 2014-2017”

- „Das Ziel der Bundesregierung ist es, dass mittels eines effizienten Technologiemix eine flächendeckende Breitbandinfrastruktur mit einer Downloadgeschwindigkeit von mind. 50 Mbit/s bis 2018 entsteht.“
- Rahmenbedingungen zur Unterstützung des **marktgetriebenen Ausbaus**
- Digitaler Zugang für ländliche Gebiete

„Hierzu werden wir eine investitions- und innovationsfördernde Regulierung unterstützen, die Rechts- und Planungssicherheit für alle Beteiligten schafft und dem Netzausbau auch in ländlichen Räumen Rechnung trägt.“



<http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/digitale-agenda-2014-2017,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

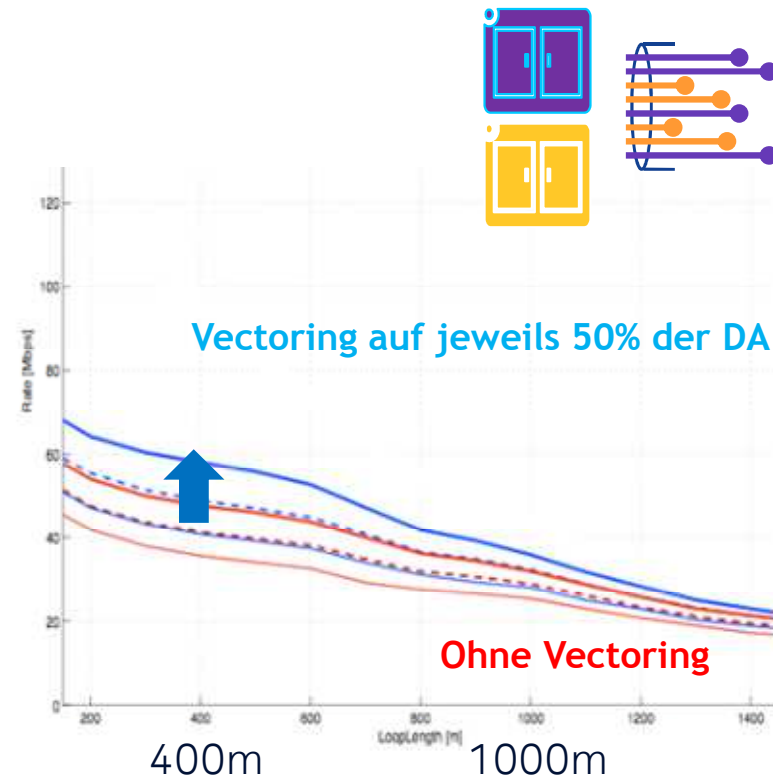
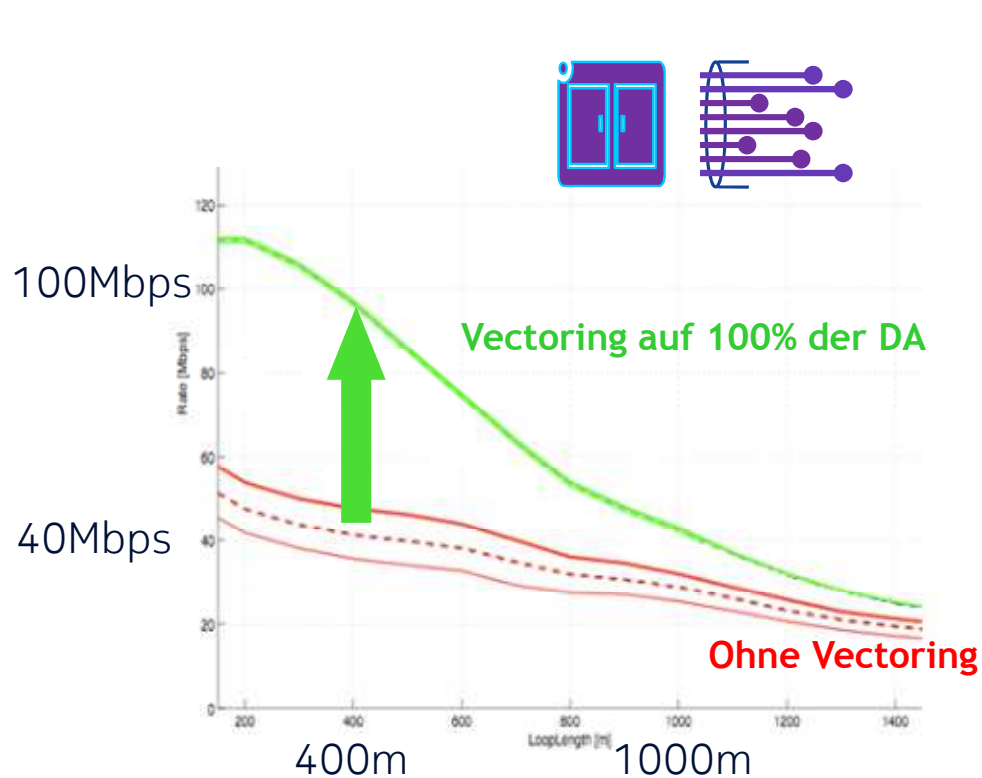
“Digitale Strategie 2025”

- „Neue Vertriebswege und Logistikprozesse, das Internet der Dinge, autonomes Fahren und Industrie 4.0.: All das erfordert breitbandige Echtzeitkommunikation im Gigabitbereich. Wir müssen deshalb rasch damit beginnen, ein breit verfügbares Glasfasernetz in Deutschland aufzubauen.“
- „Dafür muss die aktuelle deutsche Breitbandstrategie, die im Wesentlichen auf die Bereitstellung asymmetrischer Anschlüsse für Privatkundinnen und Privatkunden abzielt, schon jetzt um einen Glasfaseransatz über das Jahr 2018 hinaus ergänzt werden. „
- „Deutschland hat kein schnelles Internet.“
 - Nur etwa 15 Prozent der genutzten Internetzugänge erreichen in Deutschland Übertragungsraten von mehr als 15 Mbit/s.
 - Lediglich für **7 Prozent** der Haushalte **steht ein Glasfaseranschluss zur Verfügung** und
 - nur gut **1 Prozent** der Breitbandkunden **nutzt** in Deutschland **einen solchen Anschluss**.



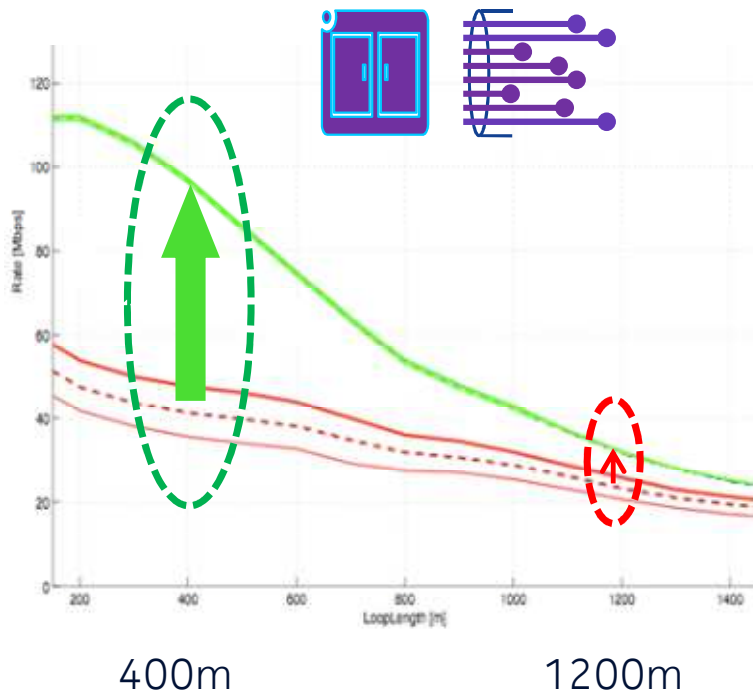
http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilung_n,did=757460.html

Technischer Hintergrund: VDSL Vectoring



→ Signifikante Gewinne durch VDSL-Vectoring sind tatsächlich nur realisierbar, wenn nur ein einziger DSLAM das gesamte Leitungsbündel betreibt

VDSL Vectoring im Rahmen der Breitbandstrategie



Erhebliche Vectoring-Vorteile bei kurzen TALs

→ “mindestens 50 Mbit/s” sind durchaus erreichbar

Geringe Vectoring-Vorteile bei längeren TALs

→ Flächendeckung ist mit Vectoring nicht viel besser erreichbar als ohne

Regulatorische Konsequenzen

- Vectoring ist technisch geeignet, die Ziele des Breitbandausbaus zumindest teilweise zu erfüllen
- Direkter TAL-Zugriff für Vectoring nur noch für einen einzigen Betreiber pro Leitungsbündel soll daher gewährt werden
- Allgemeine Regeln für die Festlegung, wer dieser bevorrechtigte Betreiber jeweils pro Bündel ist
- Zum Ausgleich der entstehenden Wettbewerbsnachteile für andere Betreiber bei Wegfall des TAL-Zugriffs: Pflicht zum Standardangebot eines regulierten Bitstream-Vorleistungsprodukts seitens des Vectoring-Betreibers
- Idee dahinter:

Ein Bitstrom kann den Zugang zur TAL nicht gleichwertig ersetzen. Damit aber die Einschränkung des Wettbewerbs möglichst gering ist, muss das Bitstromangebot dem Zugangsnachfrager möglichst ähnliche Bedingungen bieten.

Quelle: Beschluß der BNetzA, BK 3d-12/131

Was ist NICHT von Vectoring betroffen

- Vectoring-Regulierung: “...Frequenzen über 2.2 MHz...” auf der TAL
- Daher inherent nicht betroffen: “...Frequenzen bis 2.2 MHz...”
- ADSL und SDSL benutzen keine höheren Frequenzbereiche

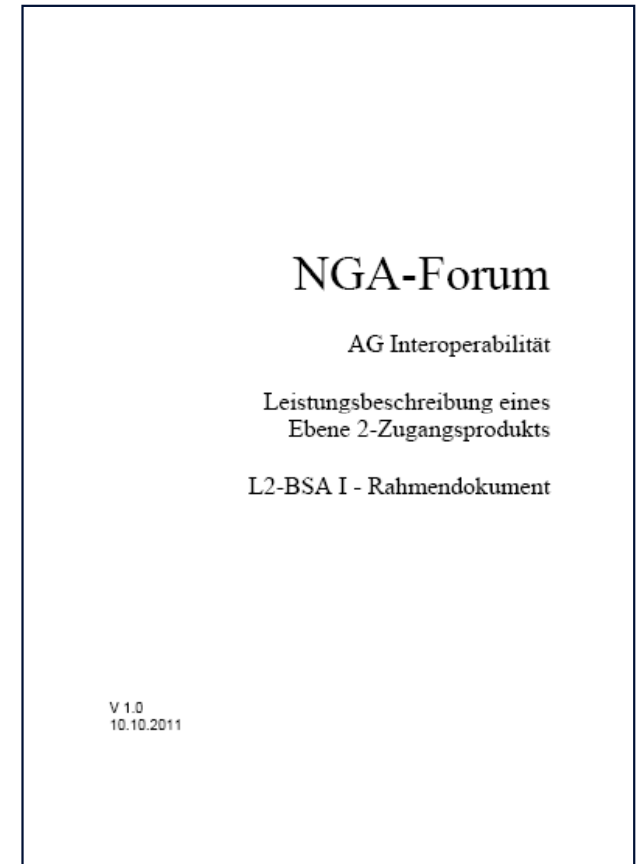
→ TALs sind technisch gesehen weiterhin ab HVT mit eigenen DSLAMs und ADSL/SDSL betreibbar

Layer 2 Bitstream Access

Vorleistungsangebot

Standardisierung Bitstream-Vorleistungsprodukte

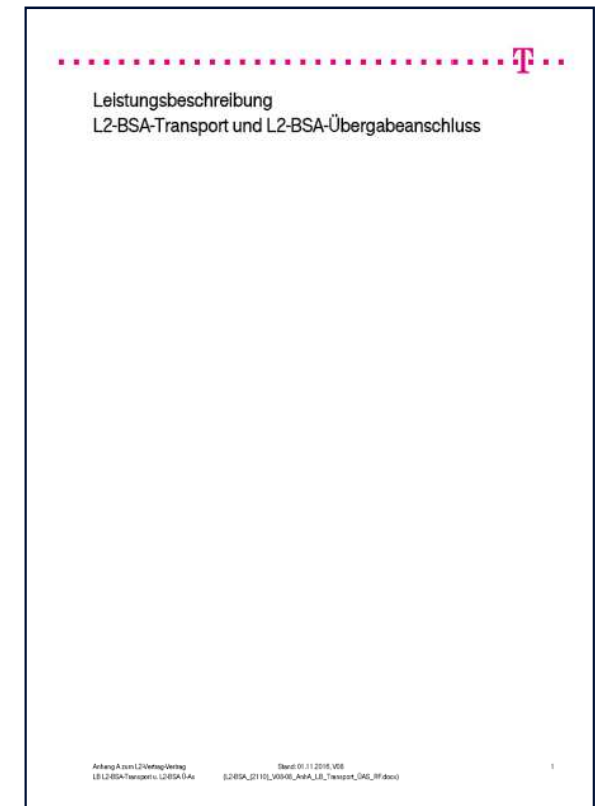
- Im “NGA-Forum” der BNetzA von verschiedenen Marktakteuren bereits 2011 gemeinsam definiert
- Status: Implementierungsempfehlung eines Beratungsgremiums
- Kein rechtlich bindender, vorgeschriebener Standard
- Abweichende Implementierungen sind grundsätzlich immer möglich
- Letztendlich immer Abschluß einzelvertraglicher Regelungen zwischen zwei Carriern



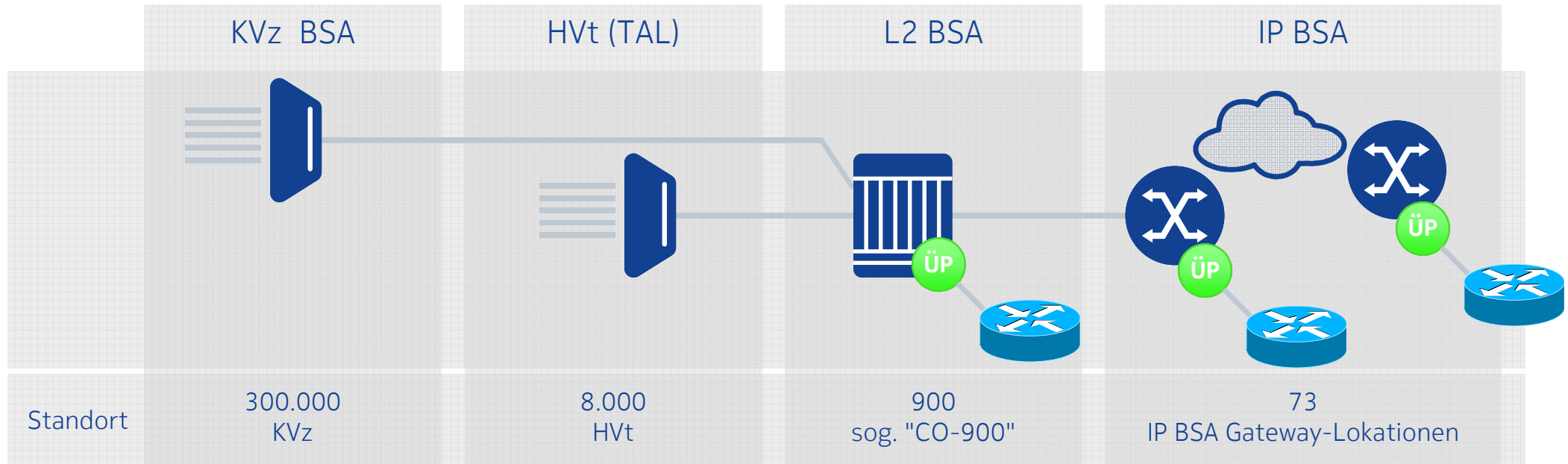
Standardisierung Bitstream-Vorleistungsprodukte

- Deutsche Telekom hat aufgrund regulatorischer Vorgaben ein eigenes Standardangebot vorgelegt
- Technisch teilweise vom Vorschlag des NGA-Forums abweichend
- In “einigen Runden Regulierung” wurde mehrfach nachgearbeitet
- Seit 1.11.2016 per Beschluß der BNetzA: vorläufig in Kraft gesetzt
- Aber: Keine Garantie für Marktteilnehmer, daß dieser Status langfristig genau in dieser Form erhalten bleibt
- Weitere juristische Verfahren anhängig, EU-Kommission,...

- Dokumente: sollten prinzipiell alle auf Website der BNetzA verfügbar sein...



Wholesale Vorleistungen der Deutsche Telekom



KVz	Kabelverzweiger
HVt	Hauptverteiler
TAL	Teilnehmeranschluss
L2-BSA	Layer 2 Bitstream Access
IP-BSA	IP-Bitstream Access

L2-BSA

- Layer 2 (Ethernet QinQ)
- 899 Übergabepunkte
- Verfügbar seit 1.11.2016

IP-BSA

- Layer 3 (L2TP)
- 1..73 GW Standorte

Technische Unterschiede der Implementierungsalternativen

	NGA	Telekom	TAL
QoS Konzept auf TAL	vordefiniert	vordefiniert	beliebig
MTU auf U-Schnittstelle	1526..9200 (nach Vereinbarung)	derzeit: 1522 größere MTUs in Planung	beliebig
Aggregationsmodell	je nach Use-Case (nach Vereinbarung)	1:1	beliebig
Multicast-Replikation	ja	nein	(ja)
L2/L3 Protokoll Endkunde	PK: PPPoE/DHCP GK: beliebig	nur PPPoE/DHCP	beliebig
IPv6 (non-PPPoE)	spezifiziert	nicht ausdrücklich spezifiziert	(ja)
VLAN-Tag an A10-NSP	nach Vereinbarung	nur dynamisch	N/A

Fokus für die im Weiteren vorgestellten Implementierungsmöglichkeiten

	NGA	Telekom	TAL
QoS Konzept auf TAL	vordefiniert	vordefiniert	beliebig
MTU auf U-Schnittstelle	1526..9200 (nach Vereinbarung)	derzeit: 1522 größere MTUs in Planung	beliebig
Aggregationsmodell	je nach Use-Case (nach Vereinbarung)	1:1	beliebig
Multicast-Replikation	ja	nein	(ja)
L2/L3 Protokoll Endkunde	PK: PPPoE/DHCP GK: beliebig	nur PPPoE/DHCP	beliebig
IPv6 (non-PPPoE)	spezifiziert	nicht ausdrücklich spezifiziert	(ja)
VLAN-Tag an A10-NSP	nach Vereinbarung	nur dynamisch	N/A

Sonstige Eigenschaften Vorleistungsangebot (hier nicht im Fokus)

- Investitionsschutz für bisherige eigene, jetzt teilweise obsoleete DSL-Technik regulatorisch geregelt
- Access und Aggregation sind immer nur gebündelt erhältlich
- Alternative Übernahme direkt an allen 8000 HVts ist nicht möglich
- Preis für Vorleistung ist abhängig von Anschlußbandbreite (TAL: nicht)
- Faktisch volumenabhängiges Pricing für Vorleistung (vgl. marktübliche Flatrates im Endkundenmarkt)
- Kein direkter Zugriff des Vorleistungsnehmers auf DSLAM für Troubleshooting

Layer 2 Bitstream Access

als Vorleistungsnehmer

Grundprinzip L2-BSA Vorleistung der Deutschen Telekom

- Subscriber-Traffic an U-Schnittstelle ist untagged, oder mit einem separaten C-VLAN-Tag pro Dienst
- Übergabe zum Vorleistungsnehmer: "A10-NSP" als physikalischer Port am "BNG-Standort"
- A10-NSP: pro Subscriber auf dem Port ein separates, zusätzliches S-VLAN-Tag ("1:1 Modell")
- S-VLAN-Tag ist für alle C-VLANs des Subscribers identisch
- Aber: S-VLAN-Tag wird dynamisch vergeben, ist nicht vorhersagbar, und kann sich bei jedem DSL-Resync ändern
- Identifizierung des Subscribers: bekannte Line-ID in DHCP Opt.82 oder PPPoE Intermediate Agent



Grundsätzliche Anforderungen an Vorleistungs-Nehmer

Vorleistungsnehmer muß:

- Dynamische vergebenes S-VLAN-Tag erkennen und verarbeiten können
- Relay-Agent-Info auswerten, um den Kunden anhand der Line-ID zu erkennen

Rate-Limiting des Vorleistungsnehmers Richtung Subscriber ist vorgeschrieben:

- DSL-Leitung synchronisiert immer mit maximaler, technisch möglicher Bandbreite auf der TAL
- Keine tatsächliche Begrenzung der DSL-Sync-Rate auf vertraglich gebuchtes VL-Produkt
- Tatsächlich erreichte Sync-Rate wird ebenfalls im Relay-Tag an VL-Nehmer signalisiert
- VL-Nehmer muß Endkunden-Traffic auf den kleineren Wert von tatsächlich synchronisierter, und vertraglich gebuchter Bandbreite begrenzen
- Methodik: Auswertung Relay-Tag, Einstellung Egress-Shaper im BNG des VL-Nehmer entsprechend

Privatkunden-Dienste per L2-BSA Vorleistung

- Pk-Dienst: de facto immer L3 IP Dienst (“Internet” bzw. VoIP)
- Sowohl PPPoE als auch IPoE/DHCP sind mit L2-BSA Vorleistung generell kein Problem
- Identifizierung des Kunden: Alternativ über eingefügtes Relay-Tag mit Line-ID, oder PPPoE Username
- Behandlung S-VLAN-Tag A10-NSP: wenig relevant, muß nur konsistent verwendet werden
- Bereitstellung VoIP-Dienst:
 - gleiches C-VLAN → keine weitergehenden Maßnahmen erforderlich
 - unterschiedliches C-VLAN → parallele Session, aber analoge Vorgehensweise
- IPTV: Multicast muß bereits vor Übergabe an A10-NSP im Netz des VL-Nehmers repliziert werden
 - gleicher Multicast-Stream wird ggf. mehrfach übertragen

Geschäftskunden-Dienste auf L3

- Wenn ebenfalls PPPoE verwendet wird: kein Problem, Realisierung analog zu Pk-Dienst
- Semi-dynamische IP@ via DHCP: kein Problem
- Aber: Verwendung statischer IP@ , direktes IPoE ohne DHCP/PPPoE ?
 - Line-ID und Sync-Rate wird nur als Relay-Tag bei PPPoE oder DHCP übertragen
 - Wenn weder PPPoE noch DHCP verwendet wird: keine Möglichkeit, den Kunden zu identifizieren

2.1 Datenübertragung

Die Daten des Endkunden-Anschlusses werden als Ethernet-Verkehr mit den in den nachfolgenden beiden Absätzen beschriebenen Einschränkungen transparent, also ohne Veränderung von der U-SSt zum L2-BSA-Übergabeanschluss übertragen. In dem transportierten Ethernet-Datenstrom kann der Kunde die zu nutzenden C-VLAN selber festlegen. In jedem C-VLAN kann PPPoE, DHCP/IPoE oder beides gleichzeitig übertragen werden.

Im Upstream (von der U-SSt. zur A10-NSP) wird von der Telekom das S-VLAN eingefügt. Für den Datenverkehr des Endkunden wird dynamisch jeweils eine S-VLAN-ID entsprechend Ziffer 9.1 vergeben. Diese S-VLAN-ID kann sich ändern, ggf. bei jeder DSL-Synchronisation. Der Kunde kann dabei mittels weiterer von ihm zu realisierender technischer Maßnahmen die Zuordnung des Endkunden zur dynamisch vergebenen S-VLAN-ID bei jedem neuen

Sessionaufbau herstellen, da die dem Endkunden zugeordnete Line-ID jeweils mit den in Ziffer 2.3.3

beschriebenen Verfahren an der A10-NSP-Schnittstelle im S-VLAN übergeben wird. Im Verlauf der bestehenden

Session kann der Kunde Datenpakete im Up- und Downstream zum Endkunden in diesem S-VLAN transportieren.

In den PPPoE- und DHCP-Session-Control-Frames werden dem Kunden in einem definierten C-VLAN-Bereich weitere Informationen übermittelt (z. B. Anschlusstyp, synchronisierte RAM-Geschwindigkeit, Line-ID – siehe Ziffer 2.4)

Quelle: "L2-BSA_(2110)_V08-08_Anha_LB_Transport_öAS_RF.pdf"

Geschäftskunden-Dienste auf L2

- Nicht alle Gk-Dienste arbeiten auf L3
- Signifikante Nachfrage im Markt für L2-Transportdienste
- Günstige und einfache Alternative z.B. für Standortvernetzung
- Einfach realisierbar mit TAL und eigenem DSLAM
- Ebenfalls einfach realisierbar mit Vorleistung nach NGA-Forum-Spezifikation: S-VLAN-Tag wird pro Kunde vorab fest vereinbart
- Mit Vorleistung nach Telekom-Spezifikation: nicht direkt produzierbar, da keine Garantie für auswertbares PPPoE/DHCP im Kundenverkehr
- Verkehr “geht durch”, aber keine Zuordnung zum Endkunden möglich

7.5.1 Zusammenfassung der potenziell **abzustimmenden** technischen Interoperabilitätsparameter für die A10-NSP

Nr.	Parameter-Name	dargestellt in Kapitel	Wertebereich	Bemerkung
1.	Lokation der A10-NSP	2.2	genaue Adresse + Port auf Verteiler	
2.	Physik. Bandbreite A10-NSP	2.2	1GE / 10GE	
3.	Physikalische Ausprägung A10-NSP	2.2	LC / SC / E2000 / singlemode, multi-mode...	Steckertyp (optisch)
4.	maximale Bandbreite A10-NSP	-		relevant, sofern Bandbreite auf dem Interface aus kommerziellen Gründen limitiert werden soll
5.	bei multiplen A10-NSP: Angabe Redundanzkonzept	2.2	LACP ja/nein	ggf. neben Linkredundanz auch Knotenredundanz möglich?
6.	Störwirkbreite	-		
7.	maximale Ethernet Framesize auf A10-NSP	2.2	>= 1526	mind. Ethernet (1518) + 2x VLAN (je 4)
8.	auf A10-NSP genutzte S-VLANs	2.2	1-4094	Angabe aller S-VLANs auf der A10-NSP und deren Mapping auf die Services
9.	Verfügbarkeit A10-NSP	-		Verfügbarkeit pro Jahr

Tabelle 8: Zusammenfassung der technischen Interoperabilitätsparameter für die Netzschnittstelle A10-NSP

Quelle: NGA-Forum “L2_BSA_II_TechSpezifikation_V21_140601.pdf”

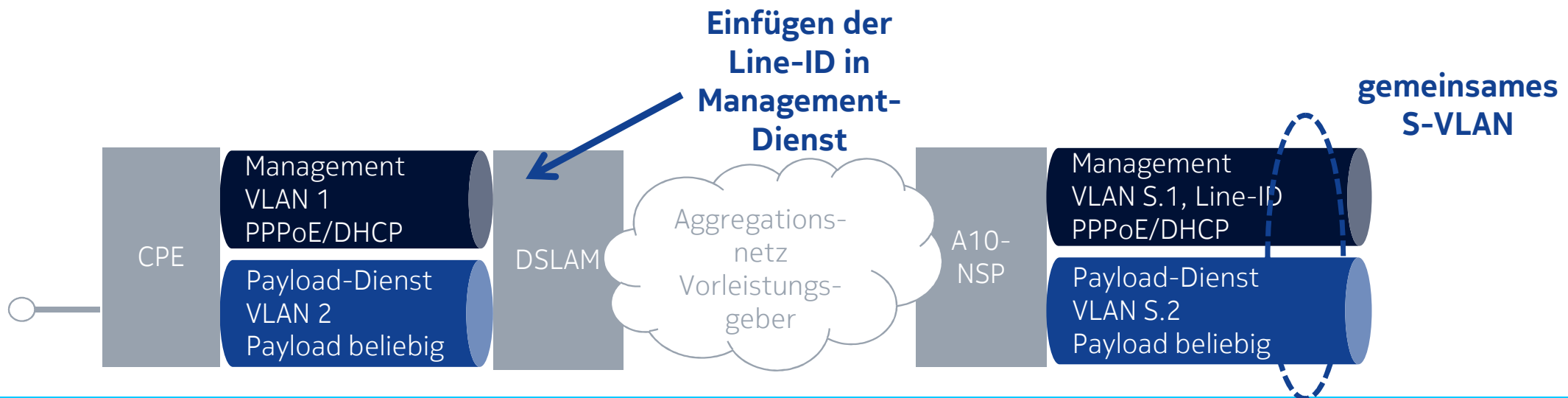
Lösungsansätze für Gk-Dienste

- L2-Dienst: prinzipiell L2oPPPoE protokollmäßig denkbar
 - BCP statt IPCP in PPP
 - dann Line-ID wieder über PPPoE Relay-Tag auswertbar
 - aber: wo terminieren ?
- L3-Dienst: Tunneling (GRE, VXLAN, ...)
 - “äußere” IP-Verbindung via PPPoE/DHCP
 - generiert damit auswertbare Line-ID
 - aber: Einfluß auf Overhead, effektive MTU, Fragmentation/Reassembly ?

Gk-Dienste mit zusätzlicher Management-Session

Generischer Ausweg: parallele Management-Session rein zur Zuordnung S-VLAN/Line-ID

- Spezifikation garantiert einheitliches S-VLAN für **alle** C-VLANs desselben Endkunden
- Trick: Management- oder "Dummy"-Dienst vom CPE aufbauen, der mittels DHCP/PPPoE auswertbare Relay-Tags erzeugt
- Darüber erkanntes S-VLAN des Kunden wird auch für parallele Dienste in anderen C-VLANs verwendet, die selbst kein DHCP/PPPoE verwenden



Layer 2 Bitstream Access

als Vorleistungsgeber

Alternative Carrier als Vectoring-Betreiber

Regulatorische Anforderungen: prinzipiell identisch

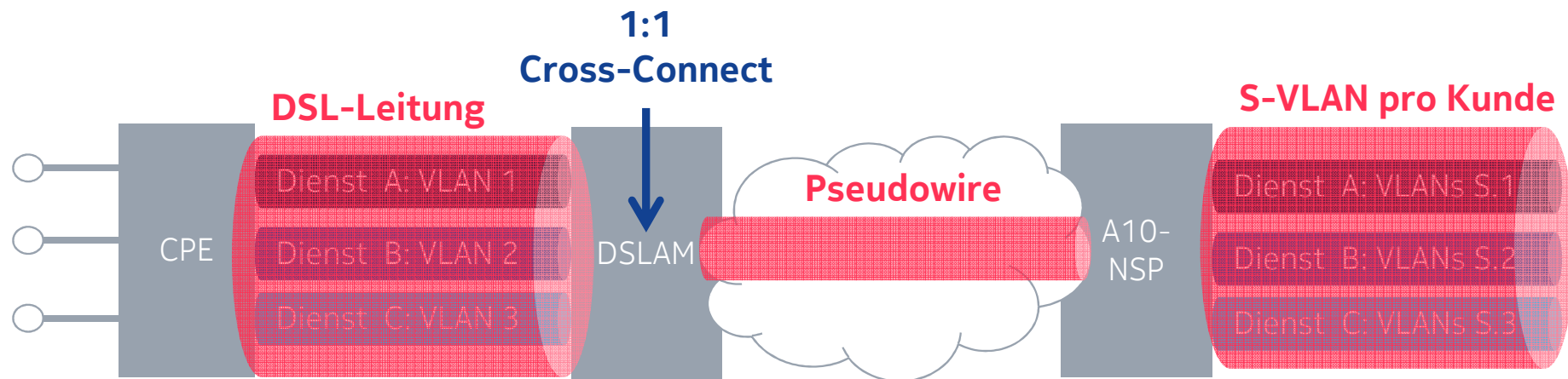
- es muß ebenfalls allgemeines Standardangebot für Vorleistungen an Wettbewerber eingereicht, und von BNetzA genehmigt werden
- Lösungen analog zu NGA-Forum oder Telekom-Spezifikation sollten auf jeden Fall möglich sein
- Auch breiteres Produktangebot möglich: Aggregationsanteil kann variabel sein

Technische Realisierung beim Carrier:

- Rein statische Vorkonfiguration
- Voll dynamisches System: datenbankgesteuert, abhängig vom DSL-Line-Status

Vectoring-Betreiber: statisches Modell

- Provisionierung genau wie eigener L2-Gk-Dienst
- 1:1 Cross-Connect im DSLAM
- C-VLAN transparent durchgereicht
- S-VLAN an A10-NSP statisch vergeben
- Einfügen der Line-ID technisch nicht unbedingt notwendig, wenn S-VLAN fest und vorab bekannt ist
- Eigene Pk/Gk-Dienste komplett unabhängig parallel provisioniert



Bewertung statisches Modell

- Systeme/Prozesse/Automatisierung ggf. schon durch entsprechende L2-Gk-Produkte vorhanden
- Einmaliger Provisionierungsvorgang, keine Dynamik im Netz
- Einfaches Troubleshooting, “direkt lesbare Configs” – was im CLI steht, ist aktiv

- Anschaltung eigener Kunden möglicherweise mit abweichender Technik (N:1 vs. 1:1,...)
- Dadurch u.A. bei Anbieterwechsel Konfigurationsänderungen auch im DSLAM notwendig
- Vergleichsweise hohe Anzahl an zu konfigurierenden Netzelementen pro Wholesale-Verbindung

- Dynamisch vergebenes S-VLAN-Tag so nicht realisierbar

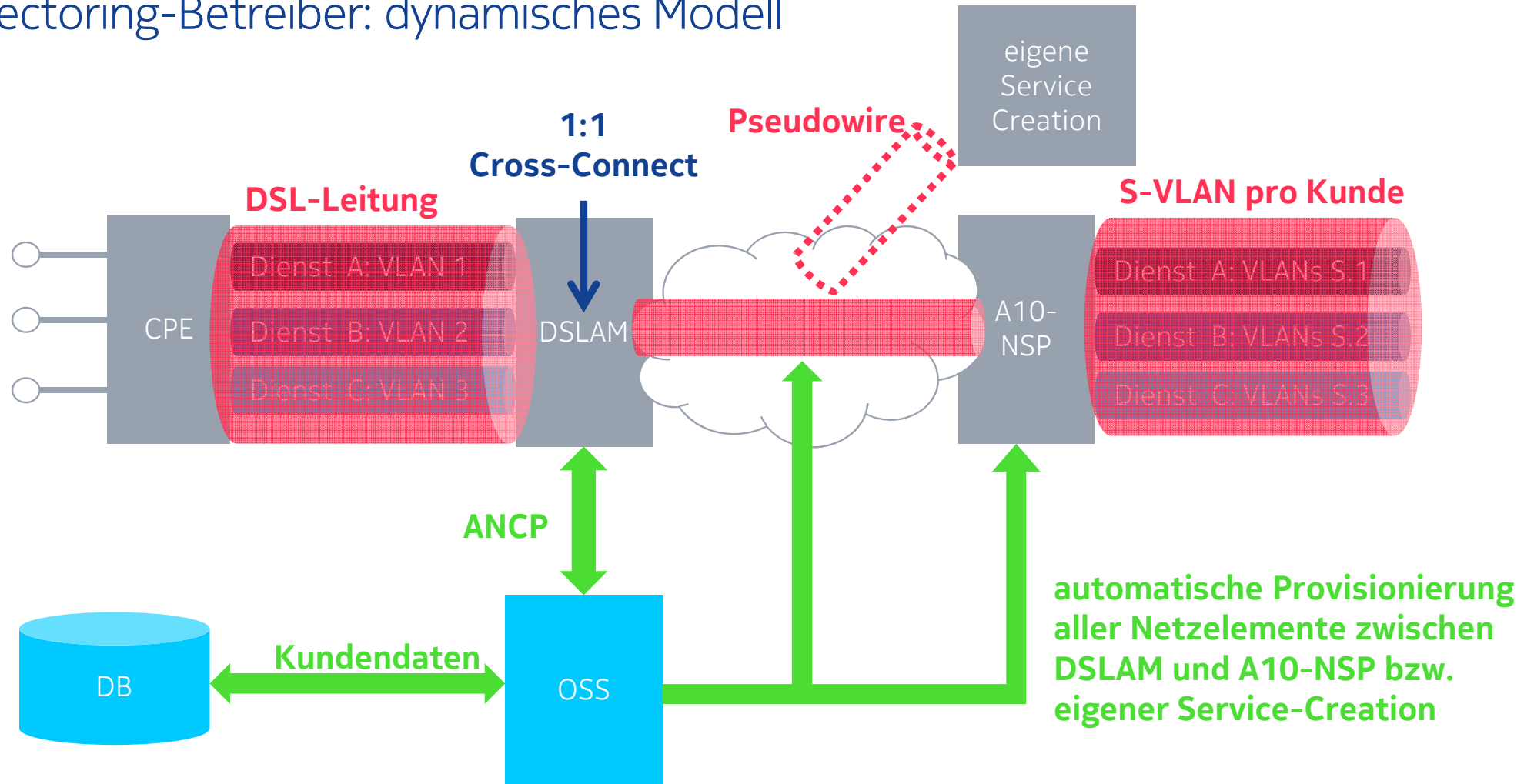
Vectoring-Betreiber: dynamisches Modell

- Idee: Automatisierung so weit wie möglich (geringe Margen beim Vorleistungsprodukt)
- Alle Netzelemente werden nur einmalig generisch vorkonfiguriert
- Danach keine Konfiguration pro Kunde mehr erforderlich
- Eigene Kunden werden im Access/Aggregation genauso provisioniert wie Vorleistungen für andere Carrier
- Nur noch Datenbankeinträge entscheiden, ob Kundentraffic direkt selbst terminiert, oder als Vorleistung an anderen Carrier zu A10-NSP transportiert wird
- Dienst pro Kunde besteht im Netz immer nur, solange DSL-Sync auf der TAL besteht
 - “Port up” → Kunde zu eigener Service-Creation oder A10-NSP durchschalten
 - “Port down” → Kundenspezifische Verschaltung wieder abbauen
 - Dadurch nie “Konfigurationsreste” im Netz

Vectoring-Betreiber: Automatisierung dynamisches Modell

- DSLAM liefert per ANCP Events zum Port-Status der DSL-Lines
- ANCP muß an passender Gegenstelle terminiert werden
- Variante 1: direkt am BNG
 - BNG nimmt ANCP als Trigger für Subscriber-Creation
 - Parameter für Subscriber-Details z.B. von RADIUS
 - Kein externes System notwendig, aber Abhängigkeit von Features/Implementierung im BNG
- Variante 2: externes System/OSS
 - ANCP-Daemon auf separatem System
 - Parameter für Details aus entsprechender Datenbank nach Wahl
 - “Automatisierte statische Konfiguration” beliebiger Netzelemente (nicht beschränkt auf BNG)
 - “SDN-like Approach”

Vectoring-Betreiber: dynamisches Modell



Bewertung dynamisches Modell

- Netzelemente müssen nur einmal vorab identisch provisioniert werden
- Nur reine Datenbankeinträge müssen danach noch jeweils passend “provisioniert” werden
- Für massives Massengeschäft möglicherweise interessantes Modell

- Systeme/Prozesse/Automatisierung müssen vermutlich komplett neu entwickelt werden
- Hohe Dynamik im Netz, Status eines Netzelements/Dienstes kann sich jederzeit ändern
- Vergleichsweise komplexes Troubleshooting – viele Abhängigkeiten im Ende-zu-Ende Konzept

- Dynamisch vergebenes S-VLAN-Tag nur so realisierbar (wenn gewünscht)

NOKIA

NOKIA

Copyright and confidentiality

The contents of this document are proprietary and confidential property of Nokia. This document is provided subject to confidentiality obligations of the applicable agreement(s).

This document is intended for use of Nokia's customers and collaborators only for the purpose for which this document is submitted by Nokia. No part of this document may be reproduced or made available to the public or to any third party in any form or means without the prior written permission of Nokia. This document is to be used by properly trained professional personnel. Any use of the contents in this document is limited strictly to the use(s) specifically created in the applicable agreement(s) under which the document is submitted. The user of this document may voluntarily provide suggestions, comments or other feedback to Nokia in respect of the contents of this document ("Feedback").

Such Feedback may be used in Nokia products and related specifications or other documentation. Accordingly, if the user of this document gives Nokia Feedback on the contents of this document, Nokia may freely use, disclose, reproduce, license, distribute and otherwise commercialize the feedback in any Nokia product, technology, service, specification or other documentation.

Nokia operates a policy of ongoing development. Nokia reserves the right to make changes and improvements to any of the products and/or services described in this document or withdraw this document at any time without prior notice.

The contents of this document are provided "as is". Except as required by applicable law, no warranties of any kind, either express or implied, including, but not limited to, the implied

warranties of merchantability and fitness for a particular purpose, are made in relation to the accuracy, reliability or contents of this document. NOKIA SHALL NOT BE RESPONSIBLE IN ANY EVENT FOR ERRORS IN THIS DOCUMENT or for any loss of data or income or any special, incidental, consequential, indirect or direct damages howsoever caused, that might arise from the use of this document or any contents of this document.

This document and the product(s) it describes are protected by copyright according to the applicable laws.

Nokia is a registered trademark of Nokia Corporation. Other product and company names mentioned herein may be trademarks or trade names of their respective owners.