

Berechnung der Kosten der  
Sprachzusammenschaltung  
Analytisches Kostenmodell  
für das Breitbandnetz

**Anlage 1 zum Referenzdokument  
Version 2.2**

Autoren:  
Klaus Hackbarth  
Gabriele Kulenkampff  
Thomas Plückebaum

WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef

Bad Honnef, 22. Dezember 2014

In der nun vorliegenden Fassung des Hauptdokuments (Referenzdokument Version 2.2) sind die dienstespezifischen Kostenberechnungen für Sprachzusammenschaltung, Bitstromzugang und Mietleitungen in den Anlagen 1 bis 3 dokumentiert. Das Hauptdokument – jetzt Version 2.2 des Referenzdokuments – wurde gegenüber der Vorversion vom 07. Mai 2014 ausschließlich durch die Ausgliederung der Kostenermittlung für Sprachzusammenschaltung in die Anlage 1 angepasst, so dass das Hauptdokument nun auf die Bestimmung der Transportkosten fokussiert. Der Modellierungsansatz sowie alle anderen Teile des Hauptdokuments sind von der Modellerweiterung unberührt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>1 Vorbemerkung</b>	<b>1</b>
<b>2 Gegenstand der Kostenmodellierung von Sprachzusammenschaltung</b>	<b>1</b>
<b>3 Methodische Vorgehensweise</b>	<b>2</b>
<b>4 Routing des Sprachzusammenschaltungsverkehrs und Tariftypen</b>	<b>2</b>
<b>5 Dimensionierung sprach-inkrementeller Netzelemente</b>	<b>5</b>
5.1 Einrichtungen der Kontrollschicht – spezifische Funktionselemente	6
5.1.1 TDM-basierte Zusammenschaltung	7
5.1.2 IP-basierte Zusammenschaltung (Sprache)	7
5.2 Darstellung der Funktionselemente und Kostentreiber im Breitbandnetz	9
5.3 Systemzuweisung für Einrichtungen der Sprachzusammenschaltung	10
<b>6 Datenanforderungen</b>	<b>12</b>
<b>7 Kapitalkosten und OPEX</b>	<b>13</b>
<b>8 Ermittlung der netzbezogenen Kosten für eine Sprachminute (Sprachzusammenschaltung)</b>	<b>13</b>
8.1 Kosten des Transports im NGN – Kostenzurechnung auf die Zusammenschaltungsminute	13
8.2 Kosten der Kontrollschicht und sprachspezifischen Netzelemente – Kostenzurechnung auf die Zusammenschaltungsminute	14
<b>Anhänge: Eingabeparameter Sprachzusammenschaltung</b>	<b>15</b>
<b>1 Anhang: Traffic Demand</b>	<b>15</b>
<b>2 Anhang: SYSTEM ASSIGNMENT</b>	<b>16</b>
<b>3 Anhang: Inputparameter Kostenmodul</b>	<b>17</b>

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 4-1:	Illustration von Tarifzone I (local interconnection)	4
Abbildung 4-2:	Illustration von Tarifzone II (single tandem)	4
Abbildung 4-3:	Illustration von Tarifzone III (double tandem)	5
Abbildung 5-1:	Einrichtungen der Kontrollschicht	6
Abbildung 5-2:	Schnittstellen am Media Gateway	11
Tabelle 5-1:	Kostentreiber der Einrichtungen der Kontrollschicht	9
Tabelle 6-1:	Eingabeparameter für die Modellierung der Kosten der Sprachzusammenschaltung	12

## 1 Vorbemerkung

Das Analytische Kostenmodell für das Breitbandnetz vom 19.05.2010 wurde initial zur Bestimmung der Kosten für Sprachzusammenschaltung erstellt, im Anschluss kommentiert und überarbeitet. Da das Breitbandnetz im Sinne des NGN ein diensteintegrierendes Netz darstellt und entsprechend für die Modellierung ein Total Element-Ansatz gewählt wurde, fanden neben Sprach- und allgemeinen Breitbanddiensten (mittels Zugang zum Internet) auch Mietleitungen und sonstige Kapazitätsnachfragen bei der Netzdimensionierung Berücksichtigung. In den Jahren 2013/2014 wurde von der Bundesnetzagentur zunächst eine Erweiterung der Modellergebnisse für Bitstrom und dann für Mietleitungen vollzogen. Die Berechnungsmethodik für die einzelnen Dienste wurde in Form von Anhängen zum Referenzdokument auf der Homepage der BNetzA veröffentlicht<sup>1</sup>. Der Anhang über die Modellerweiterung zur Berechnung der Kosten von Mietleitungen wurde einer Konsultation unterzogen. Im Zuge der Konsultation der Kostenmodellierung von Mietleitungen erfolgte eine Umstellung der Dokumentstruktur, der zufolge nun sämtliche dienstespezifischen Kostenberechnungen in separaten Anlagen zum Referenzdokument dargestellt sind. Es wurde daher die Kostenmodellierung für Sprachzusammenschaltung ebenfalls (wie Bitstromzugang und Mietleitungen) in einen eigenständigen Anhang überführt. Inhaltlich ist die methodische Vorgehensweise und Umsetzung der Modellierung (und damit auch die bestehenden Algorithmen) von dieser Darstellung im Referenzdokument unberührt.

In der hier vorliegenden Anlage 1 zum Referenzdokument Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz Version 2.2 ist die Modellierung der sprachinkrementellen Einrichtungen sowie die Kostenberechnung dargestellt. (unter Rückgriff auf die Modellierung des Transports im Next Generation Network NGN).

## 2 Gegenstand der Kostenmodellierung von Sprachzusammenschaltung

Im NGN werden Sprache und andere Breitbanddienste über gemeinsame technische Einrichtungen für Transport und Vermittlung realisiert. Zum Teil weisen jedoch auch im NGN einzelne Netzelemente inkrementellen Charakter für Sprache auf.

---

<sup>1</sup> Veröffentlichung [WIK-14a]: Anhang 9 Berechnung der Kosten von Bitstromzugang – Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Referenzdokument Version 2.1.1, erstellt im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 25. Februar 2014.

Veröffentlichung [WIK-14c]: Anhang 10 Berechnung der Kosten von Mietleitungen – Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Referenzdokument Version 2.1.2, erstellt im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 7. Mai 2014.

Die Modellierung der gemeinsam genutzten Netzelemente – welche die Transportleistung im NGN zum Gegenstand haben – ist im Hauptdokument Referenzdokument Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Version 2.2 dargestellt.

In dieser Anlage 1 findet sich die Modellierung der für Sprache inkrementellen Netzelemente. Ebenso ist die Transformation der netzelementbezogenen Investitionen gemeinsamer und inkrementeller Einrichtungen in die Kosten pro Zusammenschaltungsminute erläutert.

### **3 Methodische Vorgehensweise**

Dem Modellierungsansatz des Breitbandkostenmodells entsprechend handelt es sich um einen bottom-up Ansatz, dem eine nachfragegetriebene Dimensionierung der Netzelemente zu Grunde liegt. Ziel der Modellierung ist eine Berechnung effizienter Kosten für die Zusammenschaltungsleistung (Kosten pro Minute – sowohl für Terminierung als auch für Zuführung). Die dem Modellierungsansatz zu Grunde liegenden Annahmen sind im Referenzdokument in Abschnitt 2 ausgeführt.

Die Integration von Diensten in einem gemeinsamen Netz ist in der Praxis mit vielen Freiheitsgraden bei der Umsetzung verbunden. Dies betrifft auch die Kontrollfunktion im NGN. In Abschnitt 6.3 des Referenzdokuments ist dies insbesondere unter der Überschrift „NGN und NGI im Kostenmodell“ verdeutlicht und aufgezeigt, dass für die Kostenbestimmung die Modellierung spezifischer Funktionselemente der Kontrollschicht, wie sie mit dem Konzept des NGN verbunden sind, gewählt wurde.

### **4 Routing des Sprachzusammenschaltungsverkehrs und Tariftypen**

Das Routing der Verkehre ist im Modell für die verschiedenen Dienste methodisch weitestgehend einheitlich umgesetzt worden (eine Ausnahme bildet IPTV bedingt durch die Multicast-Funktionalität). Da die Berechnung der Kosten von Sprachzusammenschaltungsverkehren die initiale Zielgröße bei der Modellerstellung war, wurde dies bereits im Referenzdokument ausgeführt.<sup>2</sup>

„Im Modell soll eine individuelle Parametrisierung für IC-Sprachverkehr einerseits TDM-basiert und andererseits IP-basiert vornehmbar sein. Diese Differenzierung auf der Nachfrageseite ist verbunden mit einer entsprechenden Differenzierung der Standortwahl (Anzahl der Standorte für die jeweilige Zusammenschaltungsart: TDM bzw. IP, können sich unterscheiden).

Da sich die Inputparameter gesteuerte Vorgabe von Zusammenschaltungspunkten auf die Anzahl beschränkt, wird im Modell eine Zuordnungsregel umgesetzt, wonach die

---

<sup>2</sup> [WIK-14e]: Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Referenzdokument Version 2.2, erstellt im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 22. Dezember 2014, Abschnitt 4.2.3.

Verkehrsstärke der Knoten als Auswahlkriterium herangezogen wird, wobei mit der Zuordnung in der obersten Netzebene begonnen wird.“

Ein zentraler Aspekt der Modellierung von Sprach-Interconnectionverkehren ist – bedingt durch das für die TDM-basierte Zusammenschaltung geltende EBC-Regime (element based costing) – die Differenzierung nach Wertschöpfungsstufen bzw. unterschiedlichen Tarifstufen. So werden für die Zusammenschaltung von Sprache die herkömmlichen Tarifstufen local, single und double tandem unterschieden. Die Differenzierung erfolgt im Modell dabei auf Basis der Verkehrsanteile für die verschiedenen Tarifstufen, so dass letztlich der Voice-IC Verkehr eines jeden Anschlusses nach Maßgabe der durch den Modellanwender angegebenen Anteile geroutet wird. – Auf diese Weise ist es möglich, die bisherigen Zusammenschaltungsstrukturen für Sprache im Breitbandmodell abzubilden. Dabei ist es auch möglich, im Modell die Bestimmung der Netzstruktur von der Festlegung der Zusammenschaltungsstandorte zu trennen.

Bei der Art der Zusammenschaltung (TDM oder IP basiert) ist ferner das erforderliche spezifische Equipment<sup>3</sup> zu beachten. Dies erfolgt im Rahmen des Kostenmoduls im Zuge der Systemzuweisung.<sup>4</sup>

„Wir haben uns entschieden, an einer Inputparameter gesteuerten Festlegung des ein- und ausgehenden Interconnection-Verkehrs festzuhalten und Implikationen einer ggf. relevanten Volatilität dieser Verkehre über Sensitivitätsrechnungen abzuschätzen. Diese Vorgehensweise verlagert die Schwierigkeit der Festlegung angemessener Werte auf den Modellanwender. Letztlich gilt auch hier, dass die Qualität der vom Modell generierten Ergebnisse ein Reflex der Eingabedaten ist.“

Entsprechend wird das Routing der Verkehre im Netz wird im Modell durch Eingabeparameter gesteuert. Diese umfassen sowohl die Anzahl von IC Standorten als auch im Fall von Sprachzusammenschaltung Parameter zur Aufteilung des Interconnectionverkehrs auf die verschiedenen Tariftypen.

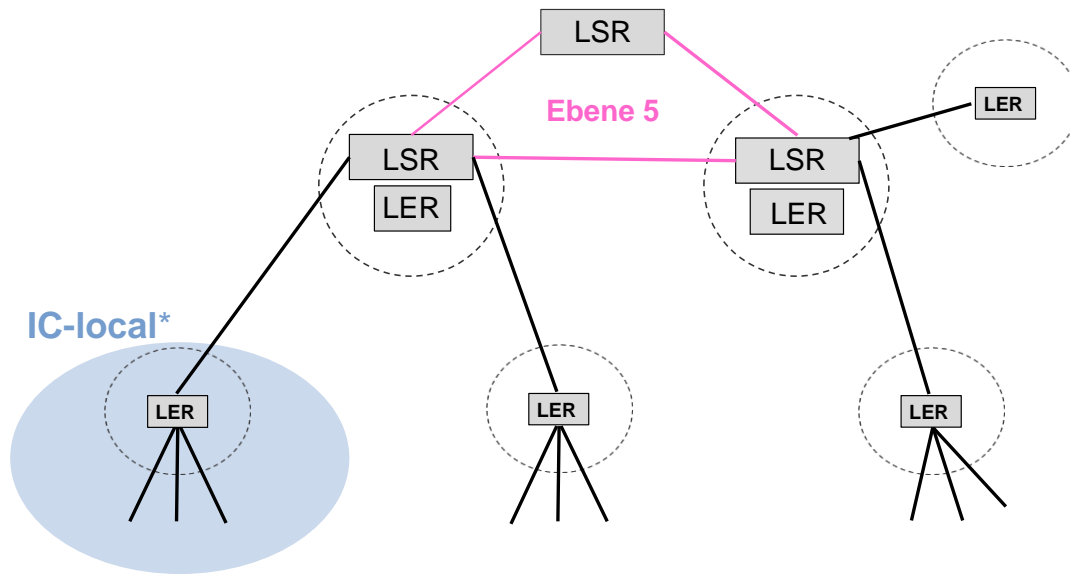
Wie bereits oben ausgeführt, kann für die Sprachzusammenschaltung eine Differenzierung in max. 3 Tarifstufen erfolgen, die in den nachfolgenden Abbildungen charakterisiert sind. Dabei ist der jeweilige IC-Standort durch die blauen Schattierungen kenntlich gemacht, ebenso der Versorgungsbereich durch die blaue(n) Ellipse(n).

---

<sup>3</sup> Z.B. Mediagateway (MGW) bzw. Session Border Controller (SBC).

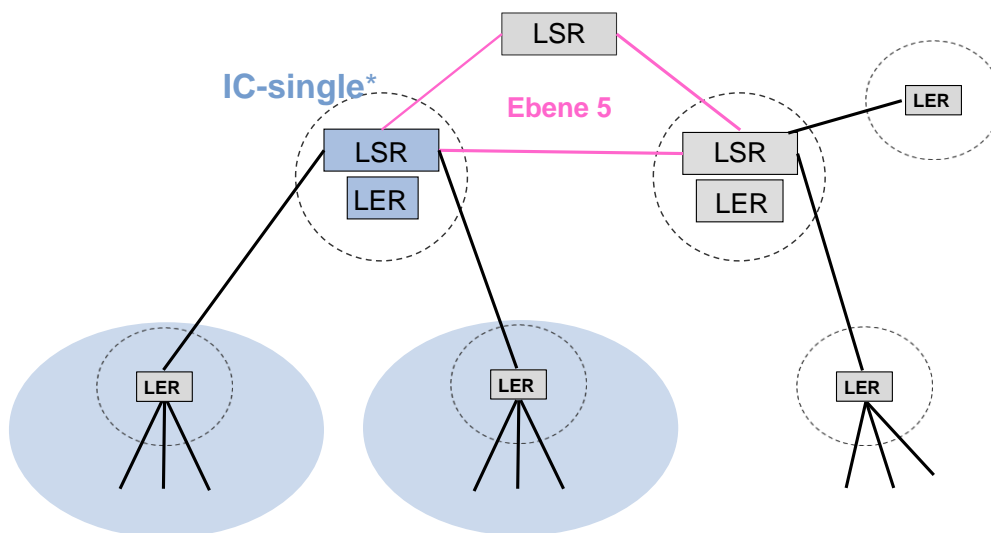
<sup>4</sup> [WIK-14e]: Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Referenzdokument Version 2.2, erstellt im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 22. Dezember 2014, S. 65.

Abbildung 4-1: Illustration von Tarifzone I (local interconnection)



\* Serving the respective IP-PoP cluster

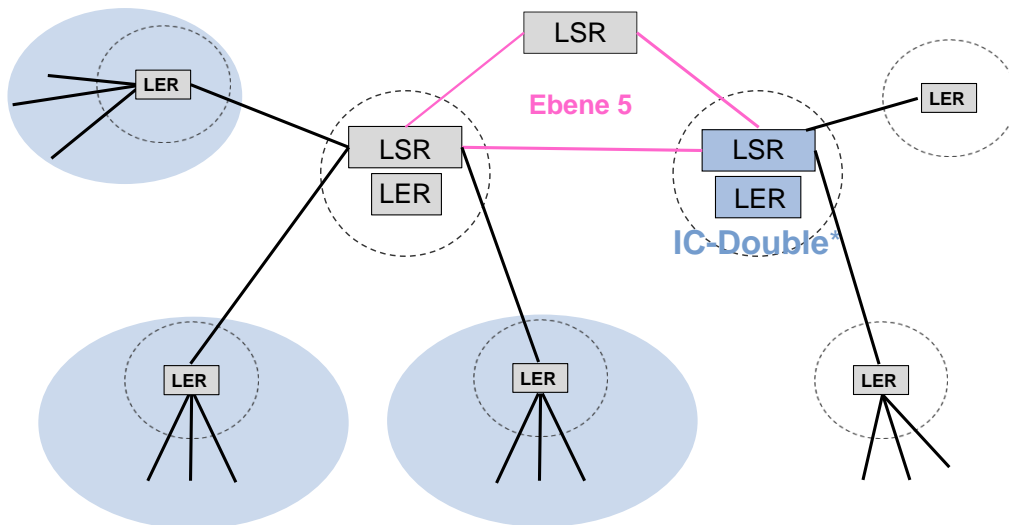
Abbildung 4-2: Illustration von Tarifzone II (single tandem)



\* Except: IP-PoP-cluster at respective IC-location



Abbildung 4-3: Illustration von Tarifzone III (double tandem)



\* Serving all IP-PoP-clusters except those hierarchically connected to the respective IC-level 5 location

## 5 Dimensionierung sprach-inkrementeller Netzelemente

Für die Realisierung des Sprachdienstes ist neben dem gemeinsamen Transport mit anderen Diensten sowohl die Steuerung des Sprachdienstes als auch die dienstespezifische Netzübergabe zu berücksichtigen.

- Für die Steuerung des Sprachdienstes wird bei der Kostenmodellierung angenommen, dass diese von sprachinkrementellen Einrichtungen übernommen wird. Diese funktionale Separierung im Modellierungsansatz ist dadurch motiviert, die Kostenmodellierung auf Basis eines überschaubaren Datenaufwandes möglich zu machen.
- Die Netzübergabe wird – nicht zuletzt aufgrund der geltenden Dienstedefinition – dienstespezifisch modelliert und berücksichtigt die Wandlung von IP auf TDM. Um das Modell auch auf eine zukünftig erwartete IP-basierte Zusammenschaltung auszurichten, wurde diese technische Realisierungsform im Modell ebenfalls berücksichtigt.

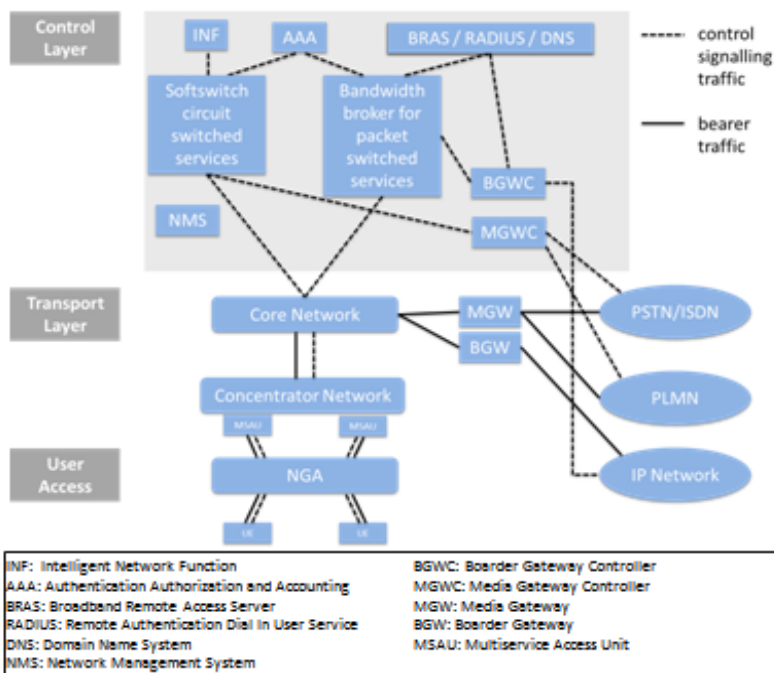
In dem verwendeten Modellierungsansatz sind sämtliche Einrichtungen der Sprachzusammenschaltung inkrementell für den hier betrachteten Dienst. Die Dimensionierung, Investitionswertbestimmung und Kostenberechnung dieser Einrichtungen ist folglich auch in dieser Anlage dargestellt.

## 5.1 Einrichtungen der Kontrollschicht – spezifische Funktionselemente

In den folgenden Unterabschnitten sind die technischen Einrichtungen der Kontrollschicht beschrieben, die im Rahmen der Systemspezifikation ausformuliert wurden und für die Modellanwendung verfügbar sind. Dabei wird unterteilt in allgemeine und spezifische Funktionselemente, wobei erste der Steuerung des allgemeinen Netzzugangs und zweite der Steuerung des Sprachverkehrs dienen. Das Modell ist so aufgebaut, dass weitere Funktionselemente über vorgesehene Inputparameter (Systemparameter) eingepflegt werden können.

In der nachfolgenden Abbildung 5-1 sind neben den allgemeinen auch die sprachspezifischen Funktionselemente dargestellt.<sup>5</sup>

Abbildung 5-1: Einrichtungen der Kontrollschicht



Das hier beschriebene Modell soll die Kosten von Sprachterminierung und ggf. Originierung bestimmen. Dabei können Kosten sowohl für eine TDM-basierte Zusammenschaltung des Breitbandnetzes als auch eine IP-basierte Zusammenschaltung berechnet werden.

<sup>5</sup> Diese Darstellung findet sich auch zu den allgemeinen Funktionselementen der Kontrollschicht im Referenzdokument; [WIK-14e]: Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Referenzdokument Version 2.2, erstellt im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 22. Dezember 2014, S. 115.

Sprachverkehr wird im NGN Kostenmodell in der Kontrollschicht durch einen Softswitch gesteuert, der die Sprachanforderung annimmt und kontrolliert, ob im IP basierten Transportnetz ausreichend Kapazitäten vorliegen. Er behandelt sowohl den internen Verkehr als auch den Verkehr von und zu Zusammenschaltungspunkten. D.h. als gemeinsames Netzelement wird ein durch die Busy Hour Call Attempts (BHCA) gesteuerter Softswitch benötigt, der typischerweise einen SIP Server integriert.

Da zur Realisierung der beiden Arten von Zusammenschaltung (leitungsvermittelnd zu PSTN/ISDN oder PLMN<sup>6</sup> bzw. paketvermittelnd zu IP bzw. anderen NGN) unterschiedliche Netzelemente erforderlich sind, werden beide implementierten Varianten im Folgenden vorgestellt.

### 5.1.1 TDM-basierte Zusammenschaltung

Es werden folgende Netzelemente vorgesehen:<sup>7</sup>

- Softswitch (mit integriertem SIP-Server)
- Mediagateway
- Mediagateway Controller

Das Mediagateway muss dabei an allen für TDM-basierte Zusammenschaltung vorgesehenen Standorten installiert werden. Neben dem Übertragungsvolumen treibt die Anzahl der IC-Ports die Kosten des Mediagateways. Die Funktionen des Softswitches und des Mediagateway Controllers werden typischerweise remote durch zentral angesiedelte Systeme ausgeführt.

### 5.1.2 IP-basierte Zusammenschaltung (Sprache)

Es werden folgende Netzelemente vorgesehen:

- Softswitch (mit integriertem SIP-Server)
- Label Edge Router (am Netzübergang)
- Session Border Controller (SBC)<sup>8</sup>

Bei einer IP-basierten Zusammenschaltung entfällt die Notwendigkeit eines Mediagateways. Der am Standort vorgesehene Router erfüllt die Aufgabe der Netzübergabe.

---

<sup>6</sup> PLMN steht für Public Land Mobile Network.

<sup>7</sup> Siehe hierzu auch die Darstellung der sprachzusammenschaltungsspezifischen Inputparameter im Anhang zu diesem Dokument.

<sup>8</sup> Die Funktion des SBC kann auch in der Einrichtung des Softswitches oder im LER integriert sein.

Sofern die Anzahl der für Interconnection benötigten Ports nicht hinreichend ist, müssen weitere Router installiert werden.

Der Session Border Controller übernimmt diverse Verwaltungs- und Signalisierungsaufgaben, u.a. Aufgaben für die Abrechnung, aber auch für die Signalisierungsanpassung und ersetzt den Mediagateway Controller und den Softswitch. Er kann als Vorläufer einer IMS Implementierung angesehen werden, die auch die Ressourcenverwaltung und Steuerung durchführt. Der SBC kann ebenfalls zentralisiert installiert werden (Inputgesteuert<sup>9</sup>), benötigt für die Steuerung der TDM Ports an den PSTN Netzübergängen jedoch immer noch die Media Gateways. Der Session Border Controller zieht den durch ihn gesteuerten Verkehr auf sich und verlängert dadurch Wege, Laufzeiten und vergrößert den Paket Loss. Wir halten daher dieses Konzept der Zentralisierung des SBC für die Modellierung eines effizienten Netzes eines marktbeherrschenden Anbieters für ungeeignet.

---

<sup>9</sup> Der Ausdruck „Inputgesteuert“ soll zum Ausdruck bringen, dass dem Modellanwender ein Eingabeparameter zur Verfügung steht, mit dem er die Anzahl an SBC Standorten vorgeben kann.

## 5.2 Darstellung der Funktionselemente und Kostentreiber im Breitbandnetz

Die Umsetzung der technischen Funktionalitäten ist aufgrund verschiedener technischer Lösungsmöglichkeiten mit Freiheitsgraden verbunden. Die für die Kostenmodellierung gewählte Realisierungsform und die dazu definierten technischen Funktionseinheiten werden in diesem Abschnitt beschrieben. In der sich anschließenden Tabelle 5-1 sind ergänzend die Kostentreiber der Einrichtungen der Kontrollschicht, die für die Sprachzusammenschaltung erforderlich sind, dargestellt. Die Tabelle ist letztlich eine Erweiterung der Darstellung im Referenzdokument, Abschnitt 6.4, hier ergänzt um die für Sprachzusammenschaltung zu berücksichtigenden Einrichtungen. Dabei ist auch hier in der zweiten Spalte kenntlich gemacht, ob es sich um eine zentralisierte oder dezentralisierte Einrichtung handelt.

Tabelle 5-1: Kostentreiber der Einrichtungen der Kontrollschicht<sup>10</sup>

Funktionseinheit	zentral/dezentral	Standort	Kostentreiber
Softswitch	zentral	begrenzte Anzahl an Kernnetzstandorten (Input Parameter je Netzebene und Anzahl Standorte)	BH (voice) Verbindungswünsche sämtlicher voice calls im Netz (egal ob IC oder ON Net traffic)
Media Gateway	dezentral	An allen Kernnetzstandorten, an denen IC mit Netzen alter Systeme (PSTN/ISDN, PLMN) angeboten wird	BH-Verkehr für TDM-IC und entstehende Anzahl von E1 Gruppen
BRAS	zentral	begrenzte Anzahl an Kernnetzstandorten (Input Parameter je Netzebene und Anzahl Standorte)	BH (network) Breitbandsitzungswünsche / parallele Sessions
DNS server	zentral	An einem oder zwei Kernnetzstandorten	BH Verbindungswünsche Voice
Session Border Controller (SBC)	zentral	begrenzte Anzahl an Kernnetzstandorten (Input Parameter je Netzebene und Anzahl Standorte)	BH Verbindungswünsche (parallel) (für voice IC-calls – VoIP Interconnection)
Mediagateway Controller	zentral	begrenzte Anzahl an Kernnetzstandorten (Input Parameter je Netzebene und Anzahl Standorte)	BH Verbindungswünsche (voice TDM IC-calls)

Die Dimensionierung des Transportnetzes erfolgt zur Gesamt-Busy-Hour des NGN. Diese muss zeitlich nicht mit der Busy Hour des Sprachdienstes übereinander liegen. Entsprechend ist bei der Dimensionierung der sprachspezifischen Einrichtungen die entsprechende Busy Hour für Sprache heranzuziehen. Die einzige Ausnahme bei den in Tabelle 5-1 aufgeführten Einrichtungen ist der Broadband Remote Access Server

<sup>10</sup> Vgl. [WIK-14e]: Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Referenzdokument Version 2.2, erstellt im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 22. Dezember 2014, Tabelle 6-2.

(BRAS), welcher im Modellierungsansatz nicht ausschließlich für Sprachdienste zur Verfügung steht. Funktional wird auch ein Domain Name Server (DNS) eingesetzt werden. Im Modellierungsansatz erfolgt seine Dimensionierung des DNS ausschließlich auf Basis der sprachspezifischen Aufgaben (Auflösung E.164 Adressierung, URL, ...). Zum einen gehen wir davon aus, dass der Umfang der Nachfrage hinreichend ist, um derartige Einrichtungen auszulasten. Zum anderen müssten zur Bestimmung der gesamten Nachfrage weitaus umfangreichere Informationen über die Inanspruchnahme des DNS durch andere Dienste in der Hauptverkehrsstunde herangezogen werden, von denen nicht zu erwarten ist, dass sie vorliegen.

Zentraler Kostentreiber für die sprachspezifischen Kontrollschichteinrichtungen ist die Zahl der gleichzeitigen Verbindungswünsche. Dabei ist darauf zu achten, ob es sich um Einrichtungen handelt, die ausschließlich für die Zusammenschaltung benötigt werden und daher nur ein Teil der sprachbezogenen Verbindungsnachfrage auf sich ziehen, wie es für den Mediagateway Controller (MGWC) oder den Session Border Controller (SBC) gilt.

Das Mediagateway ist ebenfalls sprach-zusammenschaltungsspezifisch, hinsichtlich seiner Funktionalität ist es jedoch dem Transport von Sprachzusammenschaltungsverkehr zuzuordnen. Der Kostentreiber sind die in der Busy Hour zu bewältigenden TDM-IC Sprachminuten. Aufgrund der Transportfunktion ist das MGW standortspezifisch im Rahmen des Netzplanungsmoduls abgebildet.

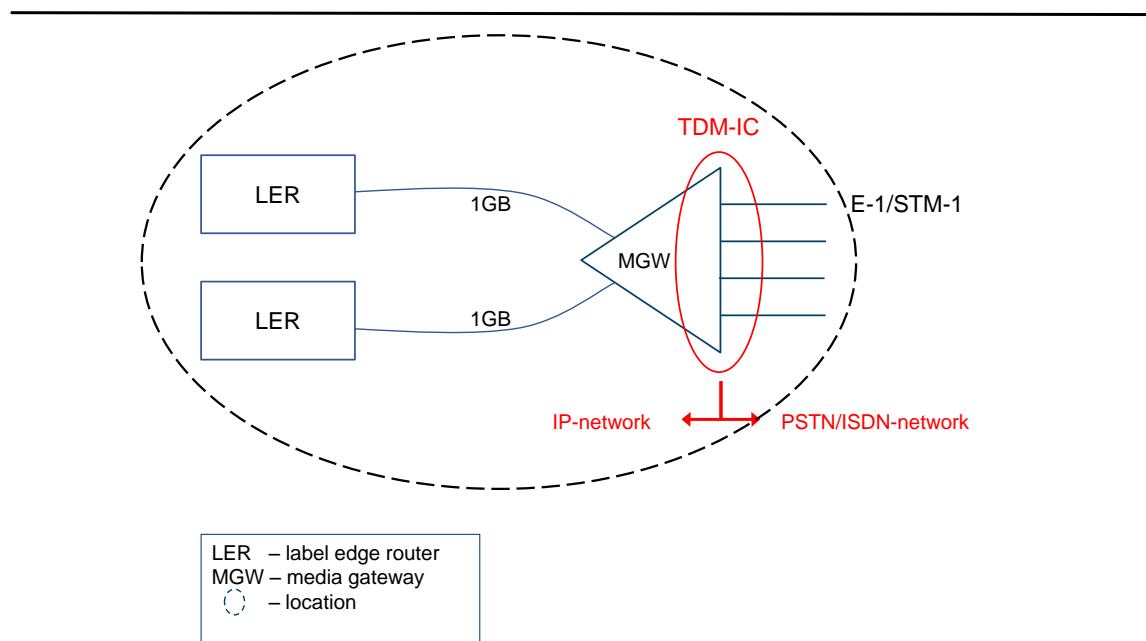
### **5.3 Systemzuweisung für Einrichtungen der Sprachzusammenschaltung**

In Kapitel 7 des Referenzdokuments ist dargestellt, wie im Modell aus den Verkehrsinformationen, die für die einzelnen Netzknoten und Kanten berechnet werden, technische Einrichtungen zugewiesen werden, um die jeweils vorliegenden Nachfragemengen bewältigen zu können. In diesem Abschnitt ist die Systemzuweisung für die sprachinkrementellen Einrichtungen der Kontrollschicht sowie für das Mediagateway dargestellt. Für all diese Einrichtungen haben die generellen Aussagen für das generische Equipment (Abschnitt 7.1 des Referenzdokuments) ebenfalls Gültigkeit.

In Abschnitt 5.1 wurde der Modellierungsansatz für die Einrichtungen der Kontrollschicht ausgeführt. Die Systemzuweisung basiert auf dem dort vorgestellten Modellierungsansatz, der für die Einrichtungen der Kontrollschicht entweder zentrale oder dezentrale Lösungen vorsieht. Dabei sind die Gateways aufgrund ihrer Transportfunktion prinzipiell dem Transportnetz zuzuordnen, aber aufgrund ihrer funktionalen Bedeutung für die Sprachzusammenschaltung und zur Verdeutlichung der Realisierung des IC-Verkehrs im Zusammenspiel der Einrichtungen hier dargestellt. Für die Modellimplementierung wurde der Ansatz einer verteilten Kontrollschicht gewählt.

Lediglich für die Gateways erfolgt im Rahmen der Systemzuweisung eine Berücksichtigung der netzseitigen Schnittstellenkarten, da diese vom zu transportierenden Verkehrsvolumen abhängen, wie es auch bei den Einrichtungen des logischen Netzes der Fall ist. Siehe hierzu auch die schematische Darstellung in der nachfolgenden Abbildung 5-2. Die Kapazitäten von Plug-In-Unit (PIU), Linecards und Ports wird wie bei allen technischen Einrichtungen durch generische Systemfamilien mit unterschiedlichen Kapazitäten beschrieben. Die Besonderheit des Media Gateways ist es, auf der Kernnetz-Seite über Ethernet-Schnittstellen und auf der PSTN/ISDN-Seite über die traditionellen E1 Schnittstellen des SDH oder auch aggregiert in einer STM-1 Schnittstelle (63 x E1) zu arbeiten.<sup>11</sup>

Abbildung 5-2: Schnittstellen am Media Gateway



Für alle zentralen Kontrolleinrichtungen wie den Softswitch, DNS oder BRAS wird auf eine explizite Berücksichtigung der Anbindung an das Transportnetz ebenso wie auf die sich aus der Kontrollschicht ergebenden Übertragungsvolumina verzichtet.

Die Investitionen ergeben sich aus der Größe und Anzahl der benötigten zentralisierten Einrichtungen. Da die Anzahl der Standorte, an denen zentrale Kontrolleinrichtungen vorzuhalten sind, durch Inputparameter gesteuert wird, ist dies entsprechend zu berücksichtigen. Letztlich muss die sich aus dem gesamten Netzverkehr zur Hauptverkehrsstunde (bei den spezifischen Funktionselementen nach Maßgabe der

<sup>11</sup> Die Kosten der IC-Partner-seitigen SDH Schnittstellen sind kostenmäßig der Vorleistung „ICA“ (Interconnection-Anschluss) zuzuordnen und werden daher hier für die Berechnung der Zusammenschaltungskosten pro Minute nicht beachtet.

Dienste spezifischen Busy Hour) ergebende Nachfrage (gleichzeitige Verbindungswünsche) durch die Zahl der Standorte dividiert werden, um die vorzuhaltende Kapazität von Einrichtungen an einem Standort zu ermitteln. Dieser Investitionswert wird dann wiederum mit der Zahl der Standorte multipliziert. Zudem wird parametrisiert, in welchem Ausmaß Kapazität vorgehalten werden soll, um den Ausfall einzelner Systeme auffangen zu können, ohne Leistungseinbußen zu erfahren. Dazu werden drei weitere Parameter vorgehalten:

- Auslastungsgrad (gibt an, bis zu welchem Umfang die Kapazität einer Einrichtung ausgeschöpft wird, in %)
- Anzahl an Einrichtungen, die aus Absicherungsgründen zusätzlich vorzuhalten sind
- Umfang der redundant bereitzustellenden Kapazität, ausgedrückt als Anteil der durchschnittlichen Nachfrage pro Einrichtung (in %).

## 6 Datenanforderungen

Die spezifischen Datenanforderungen zur Modellierung der Kosten der Sprachzusammenschaltung sind bereits im Referenzdokument und den zugehörigen Anhängen dokumentiert. Im Einzelnen wird nachfolgend auf die entsprechenden Passagen verwiesen:

Tabelle 6-1: Eingabeparameter für die Modellierung der Kosten der Sprachzusammenschaltung

Eingabeparameter	Netzplanungsmodul	Kostenmodul
Eigenschaften des Sprachdienstes	Anhang 7.2 Referenzdokument Service Input	./.
Dimensionierung des Transportnetzes	Anhang 7.5 Referenzdokument System assignment	./.
Struktur der Zusammenschaltungsverkehre (Voice) (Standort- und Tarif-bezogen)	Anhang 7.4.2 Referenzdokument Locations, Voice-IC, Design and Protection	./.
Busy Hour und Jahresverkehr (Voice)	Anhang 7.3 Referenzdokument Traffic demand	Anlage 1 Anhang 3 Referenzdokument Traffic parameters
Systemparameter (Kontrollschicht mit MGWC und SBC sowie MGW)	Anhang 3 Anlage 1 Referenzdokument (MGW)*)	Anhang 8.1 Referenzdokument Control Layer (SBC, MGWC) *)

\*) Die Spezifikation der Eingabeparameter Media Gateway Controller (MGWC) und Session Border Controller (SBC) findet sich bereits im Referenzdokument im Anhang 8.1 in Form der allgemeinen Kontrollschichteinrichtungen [WIK-14e]



## 7 Kapitalkosten und OPEX

Die methodische Vorgehensweise der Transformation der Investitions- in Kostengrößen sowie die Berechnung der OPEX ist im Hauptdokument des Referenzdokuments ausgeführt. Siehe hierzu Abschnitt 8 des Referenzdokuments.

## 8 Ermittlung der netzbezogenen Kosten für eine Sprachminute (Sprachzusammenschaltung)

### 8.1 Kosten des Transports im NGN – Kostenzurechnung auf die Zusammenschaltungsminute

Für die Berechnung der Transportkosten ist im Referenzdokument<sup>12</sup> folgendes ausgeführt:<sup>13</sup>

„Wir gehen an dieser Stelle davon aus, dass die Informationen zur Struktur des jeweiligen Netzes mit all seinen Netzelementen vorliegen und die Investitionswerte berechnet sind (siehe entsprechende Darstellungen in den vorangegangenen Abschnitten) und somit die Kostenberechnung vorgenommen werden kann. Netzkosten bestehen im Wesentlichen aus den annualisierten Capex und den Opex, auf die je nach Ansatz und Dienst ein Aufschlag für Gemeinkosten erfolgt. Die in diesem Modell vorgestellte Investitionswertermittlung beschränkt sich auf die direkten Investitionen in Netzelemente und lässt indirekte Investitionen und Opex außen vor. In den folgenden Unterabschnitten werden wir unsere Ansätze zur Bestimmung der Capex beschreiben, wie auch seine Zuordnung zu den verschiedenen Diensten und zur Berechnung der Kosten pro Einheit eines Dienstes – hier die Sprachminute –, wobei der letzte Schritt sowohl für Terminierung als auch für Originierung erfolgt. Die im Modell berücksichtigten Inputparameter sind in Anhang 8.2 bis 8.6 dargestellt.“

Die Kostenzurechnung erfolgt im Modell auf Basis von Minutenäquivalenten. Unter Rückgriff auf statistische Kennziffern, die den Zusammenhang zwischen der Nachfrage in der Hauptverkehrsstunde, dem Tagesverkehr und den Jahresminuten beschreiben, wird im Modell der Busy Hour Verkehr in Jahresminuten umgerechnet. Die nachfolgende Formel zeigt diesen Zusammenhang:

$$\begin{aligned} \text{Jahresminuten} &= \text{BH-Erlang} * 60 \\ & * (1 - \% \text{ nicht fakturierte Minuten}) \\ & * \text{Anzahl BH-Tage im Jahr} \\ & / \% \text{ des BH-Verkehrs am Gesamttagesverkehr} \end{aligned}$$

Sofern individuelle Hauptverkehrsstunde des Sprachverkehrs und Netz-Busy Hour auseinanderfallen, wird dazu im Modell ein Umrechnungsfaktor vorgehalten. Dieser gibt

<sup>12</sup> Mit Blick auf die Inputparameter zu OPEX wird hier ergänzend auf Anhang 8.7 verwiesen.

<sup>13</sup> Siehe [WIK-14e]: Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz, Referenzdokument Version 2.2, erstellt im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 22. Dezember 2014, Abschnitt 7.5.

das Verhältnis vom Sprachverkehr in der Sprach-Busy Hour zum Sprachverkehr in der Netz-Busy Hour an.

## **8.2 Kosten der Kontrollschicht und sprachspezifischen Netzelemente – Kostenzurechnung auf die Zusammenschaltungsminute**

Für die Elemente der Kontrollschicht wird anstelle der Minuten-Äquivalente die Zahl der Verbindungen als Divisor herangezogen und auf Basis der durchschnittlichen Gesprächslänge auf die Verbindungsminute umgerechnet.

Die Kostenzurechnung für das Mediagateway erfolgt nach der selben Methodik wie die Kostenzurechnung für das Transportnetz, mit anderen Worten, die Kosten der bereitgestellten Kapazität werden auf Minutenäquivalente umgelegt. Die für das Mediagateway relevanten Minuten entsprechen dabei den gesamten Zusammenschaltungsminuten.

## Anhänge: Eingabeparameter Sprachzusammenschaltung

In den nachfolgenden Anhängen sind die spezifischen Eingabeparameter für die Sprachzusammenschaltung dargestellt. Im Referenzdokument (Hauptdokument) findet sich im Anhang eine Auflistung der Eingabeparameter für das Netzplanungs- sowie Kostenmodul, welches unter anderem auch allgemeine Inputgrößen zur Spezifizierung des Sprachdienstes enthalten (in Abgrenzung zu den hier dargestellten Sprachzusammenschaltungsparametern).

### 1 Anhang: Traffic Demand

#### Voice BH conversion factor

Bestimmt das Verhältnis von Netz-Busy Hour zu der spezifischen Busy Hour des Sprachdienstes.

Parameter	Type	Description	Base Value
BHv_to_BHn	float	conversion factor for voice traffic in the voice BH on voice traffic in total network BH	

#### TDM spezifische Parameter für Voice IC

Parameter	Type	Real Range	Description	Base Value
bprob	float		Blocking probability	0,01
Maxce1	int		Maximum number of circuits per E1 group	28
rln	float		Ratio of local incoming traffic	
rsin	float		Ratio of single tandem incoming traffic	
rdin	float		Ratio of double tandem incoming traffic	
rlout	float		Ratio of local outgoing traffic	
rsout	float		Ratio of single tandem outgoing traffic	
rdout	float		Ratio of double tandem outgoing traffic	
nbsE0	int		Number of locations with level 0 bitstream Ethernet interconnection points	
nbsE1	int		Number of locations with level 1 bitstream Ethernet interconnection points	
nbsE2	int		Number of locations with level 2 bitstream Ethernet interconnection points	
nbsE3	int		Number of locations with level 3 bitstream IP interconnection points	
nbsE4	int		Number of locations with level 4 bitstream IP interconnection points	
nbsE5	int		Number of locations with level 5 bitstream IP interconnection points	

## 2 Anhang: SYSTEM ASSIGNMENT

### Mediagateway

Parameter	Type	Base Value	Description
First line:			
Ix_PIU	int		Plug-in unit index
Cix_PIU	String		Plug-in unit identifier
BW_PIU_max	int		Maximum bandwidth (in Gbps)
N_avail_voice_LC	int		Number of available voice linecards
N_avail_ngn_LC	int		Number of available next generation networks linecards
N_slots_voice_LC	int		Number of slots for voice linecards
N_slots_ngn_LC	int		Number of slots for next generation networks linecards
P_PIU	float		Price (in €) per plug-in unit
N_PIU_rack	int		Number of plug-in units per rack
P_rack	float		Price (in €) per rack
Next line: For each available voice LC (j =1 to N_avail_voice_LC):			
Ix_voice_j_LC	int		Voice linecard index
Cix_voice_j_LC	String		Voice linecard identifier
Lx_BW_voice_j	float		Mean bandwidth per port (in Gbps)
Lx_voice_j_nLC	int		Maximum number of ports per linecard
p_Lx_voice_j_LC	float		Price per voice linecard (in €)
Next line: For each available voice LC (j =1 to N_avail_ngn_LC):			
Ix_ngn_j_LC	int		Next generation network linecard index
Cix_ngn_j_LC	String		Next generation network linecard identifier
Lx_BW_ngn_j	float		Mean bandwidth per port (in Gbps)
Lx_ngn_j_nLC	int		Maximum number of ports per linecard
p_Lx_ngn_j_LC	float		Price per voice linecard (in €)

### 3 Anhang: Inputparameter Kostenmodul

#### Traffic Parameters

Parameter	Range	Description	Base Value
<b>ndays</b>	>0	Number of days for the conversion of day traffic to annual traffic	
<b>pbhd</b>	[0,1]	Percentage of busy hour traffic in relation to total day traffic	
<b>share_Voicebh_networkbh</b>	[0,1]	Voice traffic in Voice BH relative to voice traffic in network BH	
<b>unb_min</b>	[0,1]	Share of unbilled traffic	
<b>share_voice_TDM_IC</b>	[0,1]	Share of voice TDM traffic from total voice IC traffic	
<b>Voice_min_pyear</b>	>0	Total minutes per year	

## Impressum

WIK-Consult GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef  
Deutschland  
Tel.: +49 2224 9225-0  
Fax: +49 2224 9225-63  
eMail: info(at)wik-consult.com  
www.wik-consult.com

### Vertretungsberechtigte Personen

Geschäftsführer	Dr. Karl-Heinz Neumann
Abteilungsleiter Post, Logistik und Verkehr	Alex Kalevi Dieke
Direktor	J. Scott Marcus
Direktor	Dr. Ulrich Stumpf
Leiter Verwaltung	Karl-Hubert Strüver

Vorsitzender des Aufsichtsrates Winfried Ulmen

Handelsregister Amtsgericht Siegburg, HRB 7043

Steuer Nr. 222/5751/0926

Umsatzsteueridentifikations Nr. DE 123 383 795