

Technisches Gutachten zu Vorleistungsprodukten im Geschäftskundenbereich

Analyse und Beurteilung der Produkte der Telekom: VPN 2.0 / CVF 2.0 / EC 2.0

DI Wolfgang Reichl
Manuel Kofler
Dr. Ernst-Olav Ruhle

Düsseldorf/Wien, 24.11.2020

Inhaltsübersicht

EXECUTIVE SUMMARY	4
1 Einleitung.....	6
2 Vorleistungsprodukte und Endkundenprodukte	8
2.1 Dienste auf Carrier Ethernet Netzwerken	8
2.2 Carrier Festverbindung Ethernet 2.0	10
2.3 Wholesale Ethernet VPN 2.0.....	11
2.3.1 Wholesale Ethernet Anschlüsse.....	11
2.3.2 Wholesale Ethernet VPN 2.0 Verbindungen.....	12
2.3.3 Qualitätsparameter.....	14
2.4 EthernetConnect 2.0	15
2.4.1 Ethernet Connect 2.0 Anschluss	15
2.4.2 Ethernet Connect 2.0 Verbindung	16
3 Analysen und Schlussfolgerungen.....	20
3.1 Analyse der Vorleistungs- und Endkundenprodukte der Telekom	20
3.1.1 CFV Ethernet 2.0	21
3.1.2 Wholesale Ethernet VPN2.0.....	21
3.1.3 EthernetConnect 2.0	21
3.2 Vergleich von CFV 2.0 mit VPN 2.0.....	22
3.3 Nachbildung von Ethernet Connect 2.0 durch Wettbewerber	23
3.4 UNI vs. NNI	25
4 Beantwortung der Gutachterfragen	27
4.1 Vergleichbarkeit und Einordnung von CFV 2.0 und VPN 2.0.....	27
4.2 Produktion der beiden Produkte aus technischer Sicht.....	27
4.3 Kostenunterschiede aus technischer Sicht.....	27
5 Quellenangaben	29

6	Glossar.....	30
	Annex A MEF Spezifikationen zu Carrier Ethernet Diensten.....	31
A.1	Überblick und Relevanz der Spezifikationen für die Gutachtensfragen.....	31
A.2	Kundenseitige MEF Carrier Ethernet Dienste	32
A.2.1	Ethernet Private Line (EPL).....	34
A.2.2	Ethernet Virtual Private Line (EVPL)	34
A.3	Netzbetreiberseitige Ethernet Dienste gemäß MEF.....	36
A.3.1	O-LINE.....	37
A.3.2	Access E-Line	37
A.4	Quality of Service (QoS) in MEF-Netzwerken.....	38
A.5	Service-Management in MEF-Netzwerken	39

EXECUTIVE SUMMARY

Seit Juni 2019 läuft vor der BK 2 der BNetzA ein Verfahren wegen Preishöhenmissbrauchs der Telekom Deutschland betreffend die Entgelte für das Produkt Wholesale Ethernet VPN 2.0 (auch als VPN 2.0 bezeichnet). In dieser Beschwerde bringen die Wettbewerber der Deutschen Telekom vor, dass VPN 2.0 ein Bausteinprodukt ist und in der Punkt-zu-Punkt Konfiguration aus technischer Sicht mit dem CFV Ethernet 2.0 Produkt (auch als CFV 2.0 bezeichnet) identisch ist. Daraus wird gefolgert, dass die Entgelte für diese mit VPN 2.0 gestalteten vergleichbaren Produkte nicht höher sein dürfen als jene für CFV 2.0. Zur Klärung des technischen Sachverhalts wurde SBR-net Consulting AG beigezogen, um im Rahmen eines Gutachtens die folgenden Fragen zu beantworten:

- Frage 1: Wie kann man die Vorleistungsprodukte der Deutschen Telekom CFV 2.0 und VPN 2.0 vergleichen und einordnen?
- Frage 2: Unterscheidet sich die Produktion der beiden Produkte aus technischer Sicht?
- Frage 3: Ausgehend davon, dass die beiden Produkte bei der Deutschen Telekom auf dem gleichen Netz und auf Basis der gleichen Netzelemente produziert werden, sind Unterschiede in den Kosten aus technischer Sicht zu rechtfertigen?

Nach Analyse der Verfahrensunterlagen, Unterlagen der BNetzA sowie Produktbeschreibungen der Deutschen Telekom und der einschlägigen technischen Standards kommen wir zu folgendem Ergebnis:

Die Telekom Produkte CFV Ethernet 2.0, Wholesale Ethernet VPN 2.0 und EthernetConnect 2.0 sind Carrier Ethernet Dienste und können auf Grundlage der Spezifikationen des Metro Ethernet Forums eingeordnet werden. Basis ist eine Punkt-zu-Punkt Ethernet Verbindung (EVC). Einer Nutzerschnittstelle (UNI) oder einer Netzschnittstelle (NNI) können jeweils ein oder mehrere EVCs zugeordnet werden.

Das Vorleistungsprodukt der Telekom CFV 2.0 bildet eine EPL (Punkt-zu-Punkt EVC zwischen zwei UNI Ports) Verbindung ab. Das Produkt VPN 2.0 bildet sowohl EPL als auch EVPL (mehrere EVCs je Port) ab und enthält auch die eNNI Schnittstelle zwischen Netzbetreibern. Das Endkundenprodukt EthernetConnect 2.0 bildet EPL und EVPL ab.

Entsprechend beantworten wir die o.g. Fragen wie folgt:

Antwort zu Frage 1: Mit beiden Produkten können Ethernet Standverbindungen vom Typ EPL (Ethernet Private Line) in technisch identischer Weise gebildet werden. VPN 2.0 unterstützt auch EVPL und umfasst auch ein NNI, das für den Einsatz zwischen Netzbetreibern verwendet werden kann.

Antwort zu Frage 2: Die Produktion von CFV 2.0 und der gleichen Funktionalität mittels VPN 2.0 unterscheidet sich aus technischer Sicht nicht. Die Deutsche Telekom hat im Schriftsatz vom 25.9.2020 zum Verfahren BK2a-19/018 bestätigt, dass die Produkte CFV 2.0 und VPN 2.0 im gleichen Netz und mit den gleichen Netzelementen realisiert werden.

Antwort zu Frage 3: Der Leistungsumfang von CFV 2.0 ist in VPN 2.0 enthalten. Man kann also Punkt-zu-Punkt Verbindungen (EPL) in technisch identer Weise mit CFV 2.0 und VPN 2.0 realisieren. Unterschiede in den Kosten sind aus gutachterlicher Sicht nicht technisch bedingt.

1 Einleitung

Der VATM sowie seine Mitgliedsunternehmen

- 1&1 Versatel GmbH
- BT (Germany) GmbH & Co. oHG
- Colt Technology Services GmbH
- ecotel communication ag
- HL komm Telekommunikations GmbH
- Plusnet GmbH
- TeleColumbus AG und
- Vodafone GmbH

haben im Juni 2019 ein Verfahren wegen Preishöhenmissbrauchs der Telekom Deutschland betreffend die Entgelte für das Produkt Wholesale Ethernet VPN 2.0 bei der Bundesnetzagentur eingebracht. In dieser Beschwerde wird argumentiert, dass VPN 2.0 ein Bausteinprodukt ist und in der Punkt-zu-Punkt Konfiguration aus technischer Sicht sich nicht von dem CFV 2.0 Produkt unterscheidet. Dementsprechend – so die Beschwerden – dürfen die Entgelte für diese mit VPN 2.0 gestalteten vergleichbaren Produkte nicht höher sein als jene für CFV 2.0 und L2 BSA.

Der VATM und die Mitgliedsunternehmen haben bei SBR-net Consulting AG ein technisches Gutachten beauftragt, das die Vergleichbarkeit der Produkte untersuchen soll. Das Gutachten soll Antworten auf die folgenden Fragen liefern:

- Wie kann man die Vorleistungsprodukte der Deutschen Telekom CFV 2.0 und VPN 2.0 vergleichen und einordnen?
- Unterscheidet sich die Produktion der beiden Produkte aus technischer Sicht?
- Ausgehend davon, dass die beiden Produkte bei der Deutschen Telekom auf dem gleichen Netz und auf Basis der gleichen Netzelemente produziert werden, sind Unterschiede in den Kosten aus technischer Sicht zu rechtfertigen?

Die Deutsche Telekom bietet die Vorleistungsprodukte CFV Ethernet 2.0 und Wholesale Ethernet VPN 2.0 an. Schwerpunkt des Gutachtens ist die Analyse, ob diese Produkte ähnlich

sind bzw. im Netz der Deutschen Telekom (in der Folge „Telekom“¹) in ähnlicher oder gleicher Weise produziert werden. Ferner wird dargestellt, welche Vorleistungsprodukte zur Nachbildung von Endkundenprodukten eingesetzt werden können.

In dem Gutachten soll der Vergleich der UNIs bei CFV und VPN 2.0 in den Vordergrund gestellt werden. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Analyse, ob das Telekom Endkundenprodukt EthernetConnect 2.0 mit dem Vorleistungsprodukt VPN 2.0 nachgebildet werden kann. Ein dritter Schwerpunkt soll bei der Funktion der Netz-Netz Schnittstelle (NNI) liegen.

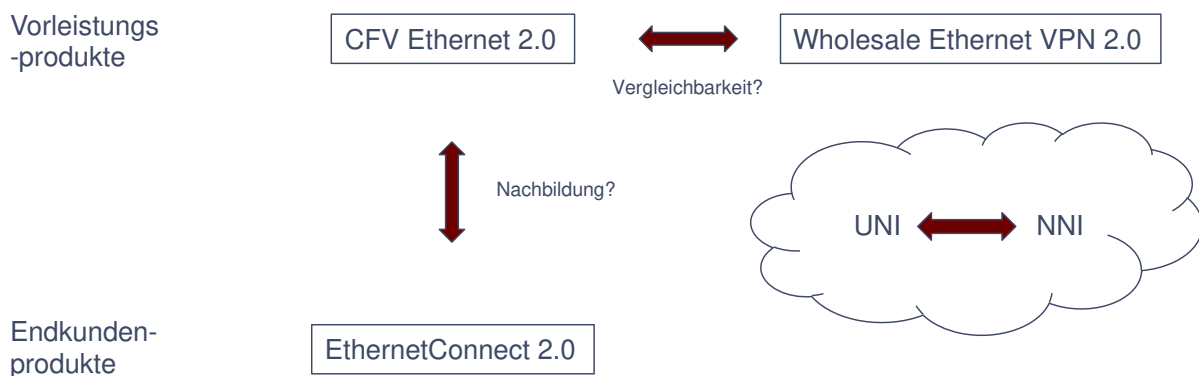


Abbildung 1: Analyisierte Produkte und Schwerpunkte des Gutachtens

¹ Im Folgenden verwenden wir den Begriff „Telekom“ für das Unternehmen Deutsche Telekom AG bzw. all ihre Konzerngesellschaften als jene Einheit, die die hier diskutierten Produkte anbietet.

2 Vorleistungsprodukte und Endkundenprodukte

Zunächst werden die beiden Vorleistungsprodukte der Telekom „CFV Ethernet 2.0“ und „Wholesale Ethernet VPN 2.0“ dargestellt. Basis dazu sind Informationen aus dem Extranet der Deutschen Telekom. Weiters wird das Endkundenprodukt der Telekom EthernetConnect 2.0 beschrieben, welches von den Mitbewerbern mittels der Vorleistungsprodukte nachgebildet werden kann.

Aktuell ist ein Verwaltungsverfahren wegen Überprüfung des Standardangebotes native Ethernet-Mietleitungen mit Bandbreiten von 2 Mbit/s bis einschließlich 150 Mbit/s bei der Beschlusskammer 2 der BNetzA anhängig (BK2c-18/004). In diesem Verfahren wurde am 21. Oktober 2020 ein Teilentscheid veröffentlicht. Demnach hat die Telekom den Entwurf eines Vertrages zur Bereitstellung und Überlassung von Carrier-Festverbindungen Ethernet 2.0 zu ändern und bis zum 23.11.2020 neu vorzulegen. Wir beziehen uns in diesem Gutachten auf die Fassung des Standardangebotes vom 12.2.2019 im Extranet der Telekom.

Zur Klassifizierung und Einordnung der Produkte CFV Ethernet 2.0, Wholesale Ethernet VPN 2.0 und EthernetConnect 2.0 werden die Spezifikationen des Metro Ethernet Forum² (MEF) (nähere Erläuterungen zu den MEF Spezifikationen siehe Annex) als Grundlage verwendet.³ Vorab zum Verständnis eine Übersicht der wichtigsten Begriffe zu Carrier Ethernet Diensten.

2.1 Dienste auf Carrier Ethernet Netzwerken

Grundlage für die Telekom Produkte CFV Ethernet 2.0, Wholesale Ethernet VPN 2.0 und EthernetConnect 2.0 sind Spezifikationen für Carrier Ethernet des Metro Ethernet Forum. Ethernet hat eine lange Geschichte und ist zum Standard für Datenübertragung in lokalen Netzen geworden. Hohe Stückzahlen führen zu niedrigen Equipment Preisen. Ethernet ist ein einfaches Protokoll und wurde für Übertragung von Daten auf einer Busarchitektur in lokalen Netzen entwickelt. Der Bedarf zur Verbindung unterschiedlicher lokaler Netze hat dazu geführt, dass Ethernet für das Weitverkehrsnetz weiterentwickelt wurde. Diese Netze werden Carrier Grade Ethernet (oder Carrier Ethernet) genannt. Das MEF hat eine Anzahl von

² Siehe <https://www.mef.net>

³ Die Analyse der MEF Konformität der Dienste der Deutschen Telekom ist nicht Gegenstand des Gutachtens. MEF Konformität kann durch eine Zertifizierung der Dienste festgestellt werden und wird mit einem Eintrag in der MEF Service Registry (<https://www.mef.net/certify/service-registry/>) bestätigt.

Services spezifiziert, die auf diesen Netzen angeboten werden können. Ziel dieser Services ist es, den Kunden eine Erweiterung ihrer Ethernet-basierenden lokalen Netzwerke zu ermöglichen sowie einen standardisierten Betrieb inkl. Leistungsparameter lokal, national sowie überregional über mehrere Netzbetreiber hinweg bereitzustellen. Aus Sicht des Anwenders können existierende Ethernet-Dienste in der Regel ohne großen Aufwand erweitern werden, ohne dass der Netzbetreiber die installierte Hardware modifizieren muss, dies gilt auch für temporäre bzw. bedarfsweise Bandbreitenerhöhungen.

Grundbaustein der Carrier Ethernet Dienste ist eine **virtuelle Ethernet Verbindung** (Ethernet Virtual Connection oder EVC). Eine EVC ist eine Verbindung zwischen zwei oder mehreren UNIs, welche den Austausch von Ethernet Paketen auf diese UNIs beschränkt (siehe MEF 10.3). EVCs können Punkt-zu-Punkt, Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt oder als Baustuktur ausgeführt sein. Für die zu analysierenden Produkte werden ausschließlich Punkt-zu-Punkt EVCs verwendet. Daher beschränkt sich das Gutachten auf diese Topologie.

UNI bezeichnet die Schnittstelle zwischen Nutzer und Netz (**User – Network Interface**) und trennt die Verantwortlichkeiten zwischen Netzer und Netzbetreiber. Falls Carrier Ethernet Dienste von mehreren Netzen gemeinsam erbracht werden, ist eine Netzzusammenschaltung erforderlich. Die Schnittstelle zwischen Netzen wird eNNI (External Network-Network-Interface)⁴ genannt. Beide Schnittstellen sind als Ethernet Schnittstellen nach IEEE 802.3 ausgeführt.

Einer UNI Schnittstelle können ein oder mehrere EVCs zugeordnet werden. Wird dem UNI nur ein EVC mit Punkt-zu-Punkt Verbindung zugeordnet, spricht man von einer EPL (Ethernet Private Line). Werden dem UNI mehrere Verbindungen zugeordnet, so nennt man dies EVPL (Ethernet Virtual Private Line). Die Funktion der Zuordnung mehrerer EVCs zu einer Schnittstelle bezeichnet man als Service Multiplexing. Die Unterscheidung der einzelnen Verbindungen erfolgt durch VLAN-IDs.

⁴ Die vom MEF definierten Begriffe werden auch in den Produktbeschreibungen der Telekom verwendet. In der Produktbeschreibung VPN 2.0 findet man die Begriffe EPL, EVPL, eNNI, Access EPL und Access EVPL. In den Erläuterungen zur technischen Realisierung von Wholesale Ethernet CFV 2.0 wird auf Seite 5 bestätigt: „Das Produkt CFV Ethernet 2.0 entspricht inhaltlich der port-basierten Service Typ Definition deiner E-Line und damit bezogen auf die Ethernet Services einer „Ethernet Private Line (EPL)“. In der Kundenpräsentation der Telekom für EthernetConnect 2.0 werden die Begriffe EPL und EVPL verwendet.

In ähnlicher Form werden Verbindungen von einer UNI zu einer Netzschnittstelle definiert. UNI-eNNI Verbindungen mit einem EVC bezeichnet man als Access-EPL, werden mehrere Verbindungen zugeordnet, spricht man von Access EVPL.

Es ist technisch möglich, ein UNI als Schnittstelle zwischen Netzbetreibern zu verwenden, wie zum Beispiel beim Vorleistungsprodukt CFV 2.0 der Telekom. Es ist zu beachten, dass bei CFV 2.0 für jede EPL Verbindung ein eigenes Endgerät im Kollokationsbereich eingesetzt wird, was bei höheren Stückzahlen für beide Netzbetreiber ineffizient ist. Auch bei VPN 2.0 kann ein UNI aus technischer Sicht als Netzschnittstelle eingesetzt werden. Bei VPN 2.0 können einem UNI auch mehrere Verbindungen zugeordnet werden (EVPL).

2.2 Carrier Festverbindung Ethernet 2.0

Das Telekom Produkt „CFV Ethernet 2.0“ ist eine Datenverbindung zwischen zwei Endstellen (UNI – User Network Interface) inklusive Netzabschlussgeräten. Laut Telekom entspricht das Produkt „CFV Ethernet 2.0“ inhaltlich der port-basierten Service Typ Definition einer E-Line und damit einer “Ethernet Private Line (EPL)” gemäß den Spezifikationen des Metro Ethernet Forum.⁵

Telekom unterscheidet zwischen upgradefähigen (glasfaserbasierten) und nicht-upgradefähigen (kupferbasierten) Produkten. Die Bandbreiten reichen im regulierten Bereich von 2 Mbit/s bis 150 Mbit/s und beschreiben den Ethernetdurchsatz. Unreguliert werden von der Telekom Bandbreiten bis zu 1 Gbit/s angeboten. Der Netzabschluss ist ein UNI nach IEEE 802.3 (10BaseT, 100BaseT oder 1000BaseT/LX/SX mit unterschiedlicher Reichweite). Die Qualitätsparameter der Ethernet Verbindung sind in folgender Tabelle dargestellt:

Qualitätsparameter	nicht upgradefähig	upgradefähig
Ethernet Frame Transfer Delay	≤ 49 ms	≤ 21 ms
Ethernet Frame Loss Ratio	≤ 0,3 %	≤ 0,1 %
Ethernet Frame Delay Variation	≤ 3 ms	≤ 2 ms
Verfügbarkeit im Jahresdurchschnitt	≥ 99,5 %	≥ 99,5 %

Tabelle 1: Qualitätsparameter für CFV Ethernet 2.0

⁵ Siehe Erläuterungen zur technischen Realisierung von Wholesale Ethernet CFV 2 (BK2-18-0003)

Ethernet Private Lines dienen zur transparenten Übertragung von Ethernet Frames. Alle Frames werden über die gleiche virtuelle Verbindung (EVC) mit den gleichen Qualitätsparametern transportiert. Für den Kunden ist diese Verbindung eine Erweiterung des internen LAN zu einem externen Standort.

Mitbewerber haben kein flächendeckendes Anschlussnetz und sind daher für das Angebot von Datenverbindungen an ihre Endkunden auf Vorleistungsprodukte der Telekom angewiesen. Um CFV 2.0 als Vorleistungsprodukt zu verwenden, kann einer der beiden Endpunkte in einem Kollokationsraum der Telekom als UNI realisiert werden. Es ist zu beachten, dass bei Verwendung von CFV 2.0 für jede Verbindung (EPL) ein eigenes Endgerät benötigt wird.

2.3 Wholesale Ethernet VPN 2.0

Das Telekom Vorleistungsprodukt „Wholesale Ethernet VPN 2.0“ besteht aus mindestens zwei Wholesale Ethernet Anschlüssen und mindestens einer Wholesale Ethernet Verbindung. Während bei CFV Ethernet 2.0 Anschlüsse und Verbindung kombiniert sind, können beim Produkt Ethernet VPN 2.0 Anschlüsse und Verbindungen unabhängig voneinander festgelegt werden.

Wholesale Ethernet VPN 2.0 kann daher als „Baukasten“-Produkt bezeichnet werden, mit dem eine Vielzahl von möglichen Konfigurationen realisiert werden kann. Diese Baukasten Struktur erkennt man auch daran, dass die Telekom zwischen Wholesale Ethernet Anschlüssen und Verbindungen unterscheidet.

2.3.1 Wholesale Ethernet Anschlüsse

Die Wholesale Ethernet Anschlüsse beginnen immer an der Netzabschlusseinrichtung beim Endkunden und enden am Netzknoten der Telekom. Es sind folgende Anschlussvarianten vorgesehen:

- Wholesale Ethernet Anschluss UNI 2M, 4M, 8M, 10M, 20M und 1G
- Wholesale Ethernet Anschluss NNI 1G (unreguliert auch 10G)

UNI können entweder Port-basiert (nur ein EVC) oder VLAN-basiert (Service Multiplexing mit mehreren EVCs) ausgeführt sein. Die eingesetzten Endgeräte haben zwei physikalische Ports.

Die Netzschnittstelle NNI ist physikalisch als 1000Base LX oder 1000Base SX ausgeführt. Als Porttyp kann eNNI VLAN basiert verwendet werden. Ein Port-basierende Implementierung ist ebenfalls möglich.

Die Anzahl der Ethernet Verbindungen pro UNI hängt von der Durchsatzrate ab und beträgt zwischen 2 und 10. Über ein eNNI können bis zu 80 Ethernet Verbindungen geschaltet werden.

2.3.2 Wholesale Ethernet VPN 2.0 Verbindungen

Zur logischen Verknüpfung der Wholesale Ethernet Anschlüsse werden folgende Wholesale Ethernet Verbindungen angeboten:

- Access Ethernet Private Line (Access-EPL)
- Access Ethernet Virtual Private Line (Access-EVPL)
- Ethernet Private Line (EPL)
- Ethernet Virtual Private Line (EVPL)

Damit können aus Kundensicht sowohl einfache Punkt-zu-Punkt Verbindungen als auch Verbindungen zu mehreren Zielen (d.h. einem UNI sind mehrere EVCs zugeordnet) abgebildet werden. Es ist aber zu beachten, dass das Telekom Netz ausschließlich Punkt-zu-Punkt Verbindungen unterstützt. Benötigt ein Kunde Verbindungen zu mehreren Zielen, so sind dazu im Netz der Telekom mehrere Punkt-zu-Punkt Verbindungen zu schalten.

2.3.2.1 Access Ethernet Private Line

Die Access-EPL (kurz: A-EPL) ermöglicht die Verknüpfung einer Ethernet Schnittstelle vom Typ UNI Port-basiert mit einer Ethernet Schnittstelle vom Typ eNNI zwischen Wholesale Ethernet Anschlüssen vom Typ UNI und NNI.

Auf einer Ethernet Schnittstelle vom Typ UNI Port-basiert kann eine Access-EPL abgeschlossen werden. Auf einer Ethernet Schnittstelle vom Typ eNNI können mehrere Access-EPL und Access-EVPL (auch gemischt) mit gleicher Ethertype abgeschlossen werden.

2.3.2.2 Access Ethernet Virtual Private Line (Access-EVPL)

Die Access-EVPL (kurz: A-EVPL) ermöglicht die Verknüpfung einer Ethernet Schnittstelle vom Typ UNI VLAN-basiert mit einer Ethernet Schnittstelle vom Typ eNNI zwischen Wholesale Ethernet Anschlüssen vom Typ UNI und NNI.

Auf einer Ethernet Schnittstelle vom Typ UNI VLAN-basierend können mehrere Access-EVPL oder EVPL verschalten werden. Bei einer Ethernet Schnittstelle vom Typ eNNI können mehrere Access-EPL und Access-EVPL abgeschlossen werden (vorausgesetzt gleicher Ethertyp).

2.3.2.3 Ethernet Private Line (EPL)

Die Ethernet Private Line (kurz EPL) ermöglicht die Verknüpfung von zwei Ethernet Schnittstellen vom Typ UNI Port-basiert auf unterschiedlichen Wholesale Ethernet Anschlüssen.

Auf einer Ethernet Schnittstelle vom Typ UNI Port-basiert kann eine Ethernet Privat Line abgeschlossen werden. Die Zuordnung der EPL zu den Ethernet-Ports erfolgt anhand der UNI Port-basiert.

2.3.2.4 Ethernet Virtual Private Line (EVPL)

Die EVPL ermöglicht die Verknüpfung von zwei Ethernet Schnittstellen vom Typ UNI VLAN-basiert auf unterschiedlichen Wholesale Ethernet VPN Anschlüssen.

Auf einer Ethernet Schnittstelle vom Typ UNI VLAN-basiert können mehrere EVPL oder Access EVPL (auch gemischt) abgeschlossen werden.

2.3.2.5 Beispiele

Die folgenden Abbildungen zeigen einige unterschiedliche Verbindungstypen:

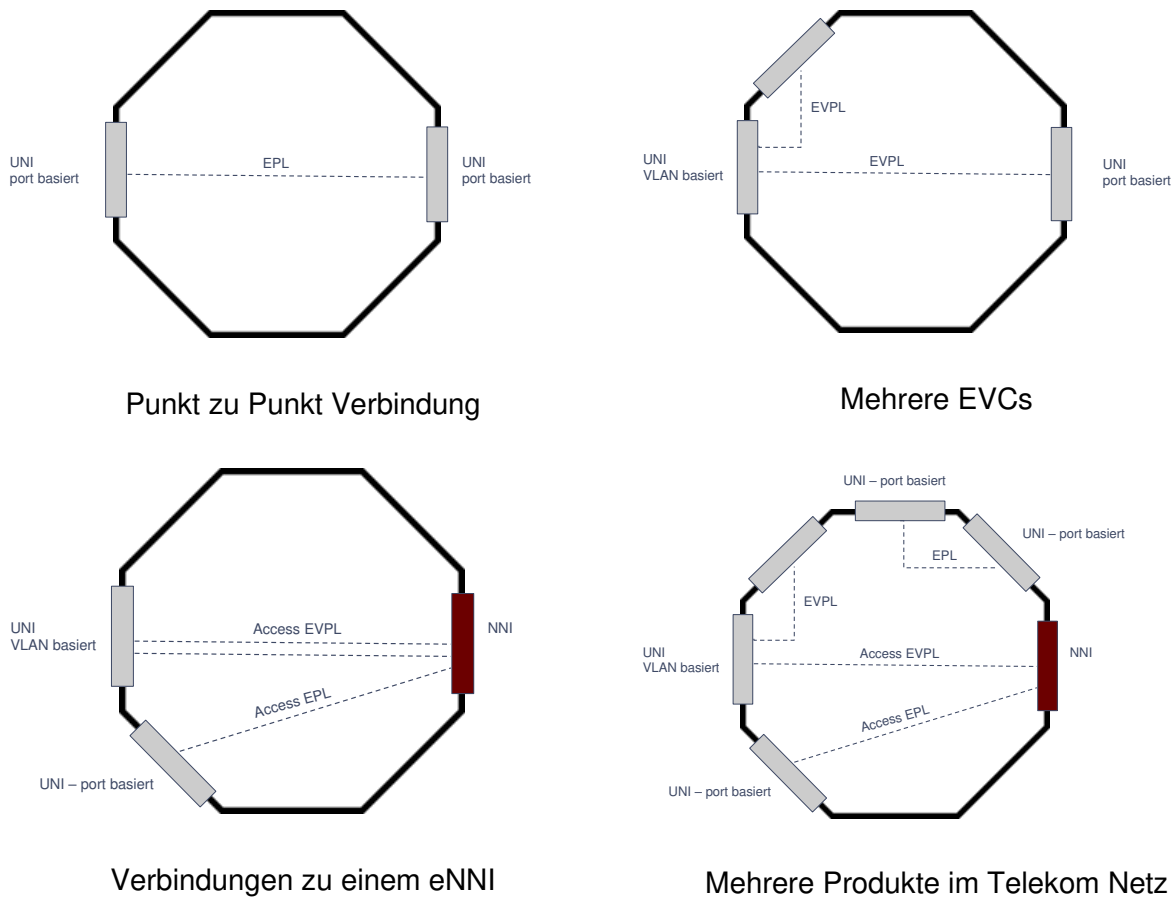


Abbildung 2: Darstellung der Verbindungstypen bei Wholesale Ethernet VPN 2.0 (Beispiele)

2.3.3 Qualitätsparameter

Folgende bundesweite Qualitätsparameter sind Ende-zu-Ende für die einzelnen Verkehrsklassen (Premium, Priority, Critical, Standard) definiert:

Bundesweit	Ethernet Frame Transfer Delay	Ethernet Frame Loss Ratio	Ethernet Frame Delay Variation
Premium	≤ 21 ms	$\leq 0,1$ %	≤ 3 ms
Priority	≤ 26 ms	$\leq 0,1$ %	≤ 5 ms
Critical	≤ 41 ms	$\leq 0,01$ %	-
Standard	-	-	-

Abbildung 3 - Qualitätsparameter Bundesweit

Folgende Qualitätsparameter werden an sogenannten Performance-Standorten für NNI angeboten:

Qualitätsparameter Performance-Standorte	Ethernet Frame Transfer Delay	Ethernet Frame Loss Ratio	Ethernet Frame Delay Variation
Premium	≤ 12 ms	≤ 0,1 %	≤ 3 ms
Priority	≤ 17 ms	≤ 0,1 %	≤ 5 ms
Critical	≤ 32 ms	≤ 0,01 %	-
Standard	-	-	-

Abbildung 4 - Qualitätsparameter Performance-Standorte

2.4 EthernetConnect 2.0

Als Endkundenprodukt zur Verbindung von Standorten mit Ethernet Technologie bietet Telekom das Produkt Ethernet Connect 2.0 an. Als Grundlage der Darstellung werden die Leistungsbeschreibung sowie die Qualitätsparameter, Stand, 23.10.2020 verwendet. Ferner beziehen wir uns auf die Kundenpräsentation der Telekom mit Stand 30.9.2020.

Das Produkt EthernetConnect 2.0 besteht aus den Komponenten Anschluss und Verbindung, ist also ebenfalls als „Baukasten“-Produkt zu sehen, wie auch das Vorleistungsprodukt Wholesale Ethernet VPN 2.0. Der Unterschied liegt darin, dass bei VPN 2.0 eine Schnittstelle zwischen Netzbetreibern (eNNI) angeboten wird. Diese externe Schnittstelle entfällt beim Endkundenprodukt.

Auch EthernetConnect 2.0 bildet im Netz der Telekom ausschließlich Punkt-zu-Punkt Verbindungen zwischen UNI ab. Eine Mehrfachbelegung eines UNI ist möglich (EVPL siehe Abbildung 7). Damit kann ein Kunde über ein UNI mehrere Datenverbindungen (EVC) zu unterschiedlichen Zielen realisieren.

2.4.1 Ethernet Connect 2.0 Anschluss

Ethernet Anschlüsse werden mit Schnittstellen nach IEEE 802.3 abgeschlossen. Die angebotenen Bandbreiten reichen von 2Mbit/s bis 10Gbit/s. Alle Anschlussvarianten sind für mehrere EVCs geeignet (bis 20 Mbit/s 10 EVCs, für höhere Bandbreiten 80 EVCs). Alle eingesetzten Endgeräte haben 4 physikalische Ports (UNIs).

Die von Telekom eingesetzten Endgeräte werden als Remote Devices (RD) bezeichnet. Telekom beschreibt RD wie folgt⁶:

Die BNG Remote Devices (RD) werden als Netzabschlüsse für Business-Produkte eingesetzt. Das RD ist ein Hardware-System, das Business Ethernet- und Business IP-Services (Layer-2- und Layer-3-Services) beim Kunden terminiert. Die Konfiguration der RD erfolgt ausschließlich dynamisch. Dieses Dokument gibt grundsätzliche Informationen zu den eingesetzten RD.

Das konkrete Modell kann nicht für einen bestimmten Anschluss gewählt werden. Nicht alle physisch oder logisch auf den RD vorhandenen Funktionen (z. B. Ports, Geschwindigkeiten) sind in allen unterstützten Produkten/Diensten freigegeben. Alle Rechte vorbehalten.

Anmerkung: Das RD ist Eigentum der Telekom. Änderungen durch technischen Fortschritt jederzeit möglich. Keine Haftung für Druckfehler.

Abbildung 5: Beschreibung der BNG Remote Devices (Quelle: Telekom)

Es ist daher zwischen den Endgerätefunktionalitäten und Netzfunktionalitäten zu unterscheiden. Laut Telekom sind nicht alle physisch oder logisch auf den RD vorhandenen Funktionen in allen Produkten freigegeben.

2.4.2 Ethernet Connect 2.0 Verbindung

Die EthernetConnect 2.0 Verbindungen (EVC) werden als unterschiedliche Verbindungstypen (von 1 Mbit/s bis 1 Gbit/s) in den Ausprägungen Ethernet Privat Line (EPL) oder Ethernet Virtual Privat Line (EVPL) angeboten. EPL sind port-basierende Verbindungen, bei denen der gesamte an einem UNI angelieferte Verkehr in einer Verbindung (EVC) gebündelt und an einen anderen Anschluss/UNI übertragen wird. Bei EVPL kann der Kunde den an einem UNI angelieferten Verkehr auf mehrere Verbindungen (EVC) aufteilen. Die Zuordnung erfolgt anhand der mit dem Kunden vereinbarten VLAN-ID.

EthernetConnect 2.0 Verbindungen werden in folgende Qualitätsklassen (Class of Service/CoS) angeboten:

- Premium (für Live Audio- und Video- Übertragungen mit kleinen Datenpaketen)
- Priority (Zeitkritische Anwendungen)
- Critical (für Anwendungen die keinen Paketverlust tolerieren) und
- Standard (für Anwendungen die keine besonderen Anforderungen stellen, wie z. B. E-Mail)

⁶ Siehe <https://www.telekom.de/hilfe/geraete-zubehoer/downloads-zu-remote-devices-fuer-produkte-ueber-bng?samChecked=true>

Der Kunde kann neben den vier Standard-Profilen weitere Mischprofile für die Verbindungen (EVC) auswählen. Die Qualitätsklassen sind wie folgt definiert:

Profil	Verkehrsklassen				Verfügbar für:
	Premium	Priority	Critical	Standard	
Premium	100%	0	0	0	EPL und EVPL
Priority	0	100%	0	0	EPL und EVPL
Critical	0	0	100%	0	EPL und EVPL
Standard	0	0	0	100%	EPL und EVPL

Profil	Verkehrsklassen				Verfügbar für:
	Premium (p-Bit 5)	Priority (p-Bit 4)	Critical (p-Bit 3)	Standard (p-Bit 0)	
Mischprofil 1	30%	30%	30%	Rest	EVPL
Mischprofil 2	0	40%	40%	Rest	EVPL
Mischprofil 3	50%	0	0	Rest	EVPL
Mischprofil 4	0	50%	0	Rest	EVPL
Mischprofil 5	0	0	50%	Rest	EVPL
Mischprofil 6	10%	20%	20%	Rest	EVPL

Tabelle 2: Qualitätsklassen für Ethernet Connect 2.0

Bei den Mischprofilen entsprechen die Anteile in den Klassen Premium, Priority und Critical garantierte Bandbreiten (Committed Information Rate (CIR)). Dazu werden die P-Bits im Netz ausgewertet.

Jeder Qualitätsklasse entspricht ein Set an Qualitätsparametern. Die Telekom erwähnt allerdings, dass die in der Tabelle angegebenen Qualitätsparameter von den tatsächlichen Werten einzelnen Verbindungen abweichen können. Die Parameter sind u. a. von der tatsächlichen Länge der Anschlussleitungen und den Führungsabschnitten im Netz der Telekom, sowie von der Art und Weise der Nutzung (z. B. genutzte Dienste/Anwendungen und Größe der Frames) abhängig.

Cos-Bezeichnung	Typischer Delay ¹⁾	Maximaler Delay	Delay-Variation	Loss Ratio
Premium	10 ms	21 ms	≤ 3 ms	≤ 0,1 %
Priority	10 ms	26 ms	≤ 5 ms	≤ 0,1 %
Critical	12 ms	41 ms	–	≤ 0,01 %
Standard	–	–	–	–
Aufschlag für Anschlusstyp < Variante L ²⁾ (980Mbit/s) um bis zu	10 ms	14 ms	–	0,1 %

Tabelle 3: Qualitätsparameter für EthernetConnect 2.0 Verbindungen

In der Kundenpräsentation für EthernetConnect 2.0 werden sowohl EPL als auch EVPL Verbindungen grafisch dargestellt:

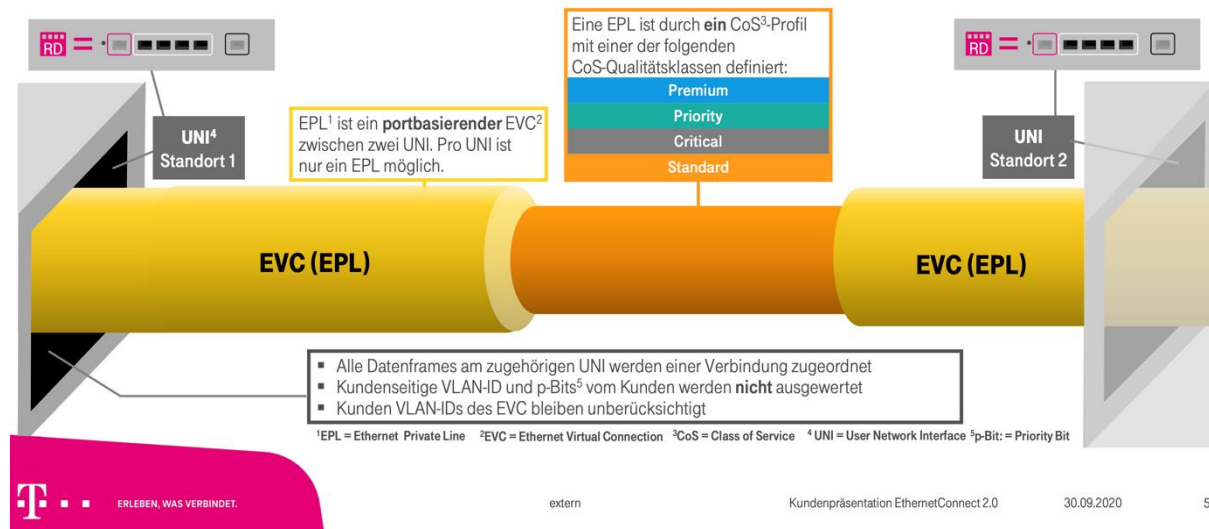


Abbildung 6: EPL – Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen zwei Standorten

Eine Ethernet Private Line (EPL) verbindet zwei UNI Ports an Remote Devices (RD) mit einer virtuellen Ethernet Verbindung (EVC). Jedem Port ist genau ein EVC zugeordnet. Eine EPL kann einem Qualitätsprofil zugeordnet werden. VLAN Informationen und p-Bits (Priority Bits) werden im Netz nicht ausgewertet. Zu beachten ist, dass die verwendeten Endgeräte mehrere Ports besitzen, die mit EPL oder auch EVPL konfiguriert werden können.

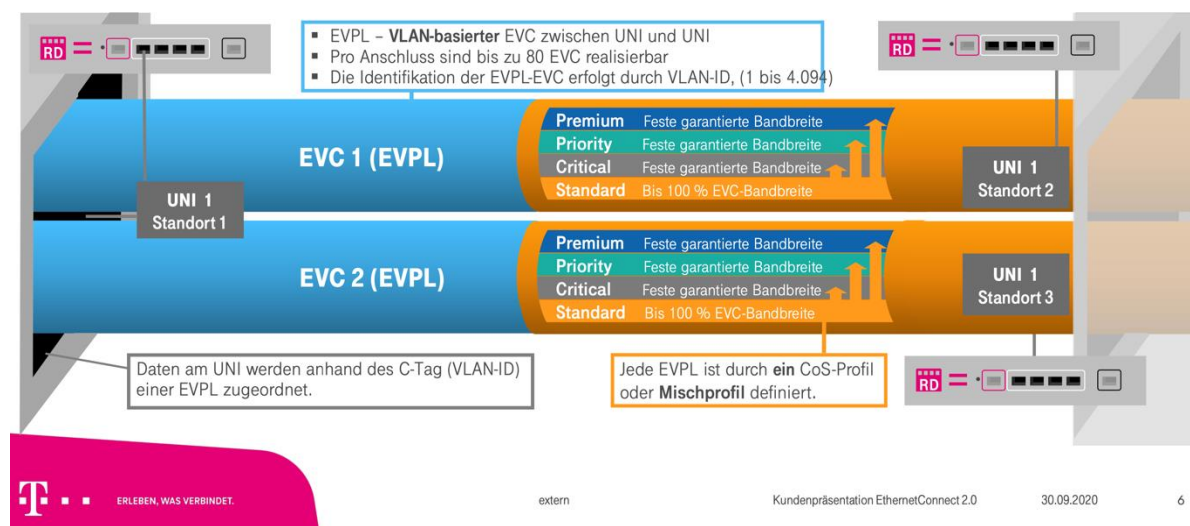


Abbildung 7: EVPL mit Mehrfachbelegung eines UNI

Beim Verbindungstyp Ethernet Virtual Private Line (EVPL) werden ebenfalls zwei UNI Ports Punkt-zu Punkt mit virtuellen Ethernet Verbindungen zusammengeschaltet. Den Ports können aber jeweils mehrere virtuelle Verbindungen (EVCs) zu unterschiedlichen Ziel-Ports zugeordnet werden. Diese EVCs werden durch vom Kunden gesetzte VLAN-IDs unterschieden. Die vom Kunden gesetzten Priority Bits werden ausgewertet. Die mit Prioritäten gekennzeichneten Frames werden im Netz gemäß CoS-Profil behandelt.

3 Analysen und Schlussfolgerungen

3.1 Analyse der Vorleistungs- und Endkundenprodukte der Telekom

Beide Vorleistungsprodukte CFV Ethernet 2.0 und Wholesale Ethernet VPN 2.0 sowie das Endkundenprodukt EthernetConnect 2.0 dienen der Verbindung von Standorten mit Datenleitungen. Ursprünglich auch Standleitungen genannt, ist dies eine dauerhafte Verbindung zwischen zwei Kommunikationspartnern. Diese Datenverbindungen können für Sprachtelefonie und für Datenverbindungen jeglicher Art genutzt werden.

Die technische Realisierung der Standleitungen hat sich in den letzten Jahrzehnten verändert. Unabhängig von der eingesetzten Technologie, soll die Übertragungskapazität mit hoher Ausfallsicherheit und immer verfügbar sein (in dem Sinne, dass diese nicht von der Netzauslastung abhängt). Standleitungen waren von Anfang an ein Thema für die Regulierung im Telekommunikationsmarkt aufgrund der beträchtlichen Marktmacht traditioneller Betreiber. Mitbewerber waren zumindest auf die Access Segmente des marktmächtigen Unternehmens als Vorleistungen angewiesen, um Produkte auf dem Endkundenmarkt anbieten zu können.

Die mit den Produkten CFV 2.0, VPN 2.0 und EC 2.0 realisierten Dienste sind als Carrier Ethernet Dienste einzuordnen. Grundlage für Interoperabilität von Carrier Ethernet Diensten sind die Spezifikationen des Metro Ethernet Forum (siehe Annex A).⁷ Grundbaustein einer Ethernetverbindung ist eine EVC (Ethernet Virtual Connection), also eine virtuelle Punkt-zu-Punkt Verbindung durch das Netz des Providers, über die alle Ethernet Frames transportiert werden.

Die EVCs können physikalischen Ports zugeordnet werden:

- Bei EPL (Ethernet Private Line) ist einem physikalischen Port genau eine EVC zugeordnet.
- Bei EVPL (Ethernet Virtual Private Line) können einem physikalischen Port mehrere EVCs zugeordnet sein. Die EVCs werden durch VLAN-IDs unterschieden, die vom Kunden festgelegt werden können. EVCs können unterschiedliche Routen durch das Netz nehmen.

⁷ Eine Analyse der Konformität zu den MEF Spezifikationen ist nicht Gegenstand des Gutachtens. Die MEF Spezifikationen werden aber als Grundlage zur Klassifizierung und Einordnung der von Telekom angebotenen Dienste verwendet.

Eine weitere Unterscheidung in den Spezifikationen betrifft UNI und NNI. Ursprünglich waren die Spezifikationen des MEF nur für UNI ausgelegt. Etwa 2012 wurden die Spezifikationen auch für die Verwendung zwischen den Netzbetreibern angepasst. Dazu wurden OVCs (Operator virtual circuit) und eNNI (external NNI) definiert. Dieses eNNI ist Teil des Produktes Wholesale Ethernet VPN 2.0.

3.1.1 CFV Ethernet 2.0

CFV Ethernet 2.0 ist eine Punkt-zu-Punkt Ethernet Verbindung EPL zwischen UNIs. Die Abschlussstandorte können dabei entweder beim Kunden oder auch in einem Kollokationsraum sein. Dieses Vorleistungsprodukt hat für die Verwendung zwischen Netzbetreibern den Nachteil, dass für jeden Anschluss eigene Endgeräte mit eigenen physikalischen Ports aufgebaut werden müssen.

3.1.2 Wholesale Ethernet VPN2.0

Wholesale Ethernet VPN 2.0 unterstützt sowohl EPL als auch EVPL zwischen UNI und UNI bzw. NNI. Für die Zusammenschaltung von Netzbetreibern ist eine eNNI Schnittstelle enthalten, welche eine Aggregation von EVCs mit einer physikalischen Schnittstelle am NNI erlaubt. Die Unterscheidung der EVCs am eNNI erfolgt durch S-VLAN Id.

3.1.3 EthernetConnect 2.0

EthernetConnect 2.0 ist das Endkundenprodukt der Telekom für Ethernet Dienste. Hier wird zwischen EPL und EVPL unterschieden.

Die Unterschiede zwischen den Produkten lassen sich durch einen Vergleich mit den vom MEF definierten Services darstellen:

Produkt	EPL	EVPL	Access E-Line
CFV Ethernet 2.0	√	-	-
VPN 2.0	√	√	√
EthernetConnect 2.0	√	√	-

Tabelle 4: Mapping der Telekom Produkte zu MEF Services

3.2 Vergleich von CFV 2.0 mit VPN 2.0

Wholesale Ethernet VPN 2.0 ist ein Baukasten-System, welches identisch zu CFV Ethernet 2.0 konfiguriert werden kann. Dies wird im Folgenden am Beispiel eines upgrade-fähigen 20 Mbit/s Produktes abgeleitet. Annahme ist eine Verbindung zwischen einem Kundenanschluss und einem Kollokationsraum.

- CFV Ethernet 2.0 ist eine Datenverbindung zwischen Netzabschlussgeräten. Das Produkt enthält sowohl den Zugang inkl. Netzabschlussgeräten als auch die Verbindung.
- Um die gleiche Funktionalität mit dem Vorleistungsprodukt VPN 2.0 abzubilden, sind zwei „Wholesale Ethernet Anschlüsse 20M“ und eine Verbindung „Wholesale Ethernet Service EPL 20M“ und Verkehrsklasse „Premium“ zu schalten.

Die folgende Tabelle beschreibt die Eigenschaften der beiden Konfigurationen:

Eigenschaften	CFV 2.0	VPN 2.0
UNI	port basiert	port basiert
Protokolle	Die Übertragung der Protokolle (transparent bzw. mit Einschränkungen) ist in beiden Produktbeschreibungen identisch	
Technische Eigenschaften des UNI	Die technischen Eigenschaften der UNI sind ident	
Qualitätsparameter	Die Qualitätsparameter bei CFV2.0 entsprechen jenen der Kategorie „Premium“ bei VPN 2.0. Beim Parameter Ethernet Frame Relay Variation wird für VPN 2.0 ein Wert $\leq 3\text{ms}$ angeführt, bei CFV2.0 ein Wert von $\leq 2\text{ms}$. ⁸	
Endgeräte	nicht näher beschrieben	Endgeräte haben zwei Ports und unterstützen 10 EVCs. Diese Funktionalität ist aber für diese Konfiguration nicht relevant

Tabelle 5: Vergleich von CFV2.0 und VPN 2.0 in EPL Konfiguration

Aus gutachterlicher Sicht sind diese Produkte technisch identisch. Unterschiede in den Kosten sind aus gutachterlicher Sicht nicht technisch bedingt.

⁸ Da CFV2.0 und VPN 2.0 mit dem gleichen Netzelemente und im gleichen Netz produziert werden, gehen wir davon aus, dass dies keinen Qualitätsunterschied zwischen den Produkten bedeutet.

Im Schriftsatz der Telekom vom 25.9.2020 im Missbrauchsverfahren BK 2a-19/018 wird auch bestätigt, dass CFV Ethernet 2.0 und Wholesale Ethernet VPN 2.0 auf dem gleichen Netz und auf Basis der gleichen Netzelemente produziert werden (Seite 5, zweiter Absatz).

Das ist richtig, weil die CFV2.0 und das VPN2.0 auf dem gleichen Netz und auf Basis der gleichen Netzelemente produziert werden. Dass ein

Diese Aussage der Telekom ist aus gutachterlicher Sicht plausibel.

3.3 Nachbildung von Ethernet Connect 2.0 durch Wettbewerber

Ethernet Connect 2.0 unterstützt sowohl EPL als auch EVPL. Dieses Produkt kann durch Mitbewerber sowohl mit dem Vorleistungsprodukt CFV 2.0 als auch mit VPN 2.0 nachgebildet werden.

Zunächst wird der Unterschied zwischen EPL und EVPL (Mehrfachbelegung eines UNI) dargestellt. Die folgende Abbildung zeigt auf der linken Seite eine Realisierung mit zwei EPL Produkten, wie dies sowohl mit CFV 2.0 als auch mit VPN 2.0 möglich ist. Auf der rechten Seite ist eine Realisierung mit einer Mehrfachbelegung eines UNI dargestellt. Diese Funktionalität gibt es bei VPN 2.0, aber nicht bei CFV 2.0. Die beiden dargestellten Varianten unterscheiden sich in der Realisierung auf Kundenseite. In der linken Abbildung trennt der Kunde bereits die Datenströme und leitet diese auf getrennte physikalische Ports, in der rechten Abbildung kann ein Datenstrom verwendet werden, die Unterscheidung erfolgt durch VLAN-Ids, die im Netz ausgewertet werden.

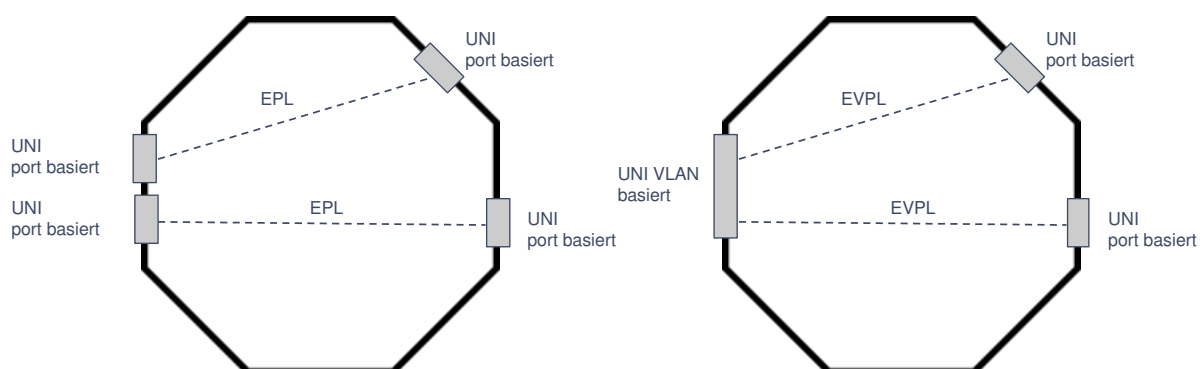


Abbildung 8: Nachbildung einer EVPL durch zwei EPL

EthernetConnect 2.0 unterstützt sowohl EPL als auch EVPL und kann daher sowohl mittels CFV 2.0 als auch VPN 2.0 nachgebildet werden. Für die Verbindung zwischen Netzen können UNI und eNNI verwendet werden.

Für die Nachbildung der EthernetConnect 2.0 Funktionen EPL und EVPL gibt es insgesamt acht Möglichkeiten. Sowohl EPL als auch EVPL können entweder mit CFV2.0 als auch mit VPN2.0 nachgebildet werden. Eine weitere Unterscheidung liegt in der Verwendung von UNI oder NNI zwischen Netzbetreibern. CFV2.0 bietet nicht die Möglichkeit eines NNI, daher ergeben sechs sinnvolle Möglichkeiten. Die Varianten unterscheiden sich in den physikalischen Schnittstellen bei der Netzzusammenschaltung als auch beim Kunden (siehe folgende Abbildung).

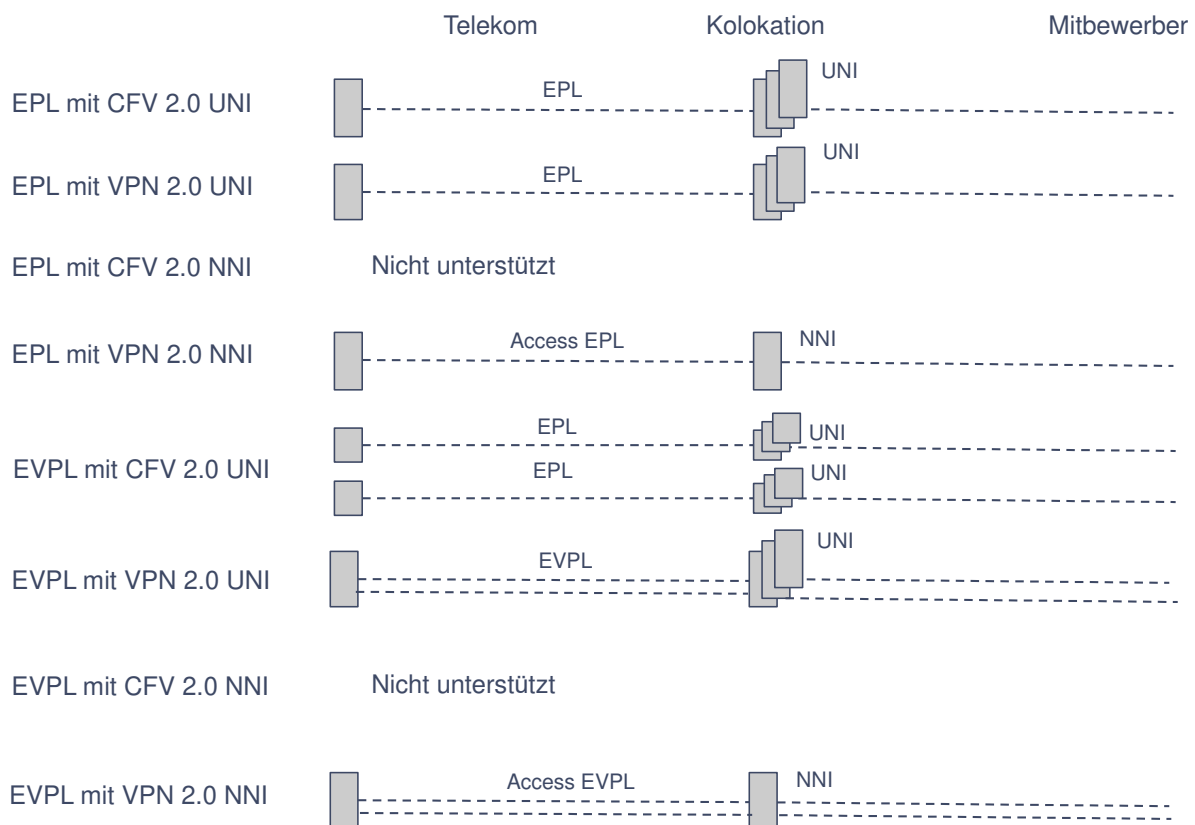


Abbildung 9: Nachbildung von EPL und EVPL mittels CFV2.0 und VPN 2.0 mit UNI / NNI

Unterschiede auf der Netzseite sind, dass je nach verwendetem Vorleistungsprodukt mehrere physikalische Schnittstellen verwendet werden müssen. Auf Kundenseite werden je Produkt unterschiedliche Endgeräte eingesetzt und unterschiedlich konfiguriert.

3.4 UNI vs. NNI

Unter NNI versteht man eine Schnittstelle, die den Anforderungen für die Verbindung zwischen Netzbetreibern angepasst ist. Wesentlich ist, dass im Gegensatz zum UNI auf dieser Schnittstelle die Datenströme mehrerer Teilnehmer aggregiert werden können. Um diese Datenströme am NNI unterscheiden zu können, ist ein zusätzliches Mapping erforderlich. Auf physikalischer Ebene sind UNI und NNI als Ethernet Port ausgeführt (NNI als 1 GE oder 10 GE).

Für die Realisierung eines Carrier Ethernet Service über mehrere Betreiber wurde die Architektur erweitert. Neben der Verbindung der UNI wurde der Begriff eines OVC ergänzt. Wenn ein EVC zwischen UNIs an unterschiedlichen Netzen erforderlich ist, wird dies durch eine Verbindung von OVCs realisiert. Ein OVC ist immer im Bereich eines Netzbetreibers eindeutig gekennzeichnet. Für diesen OVC kann der Netzbetreiber Managementfunktionen, Verkehrsklassen und Routing realisieren. Ein Dies ist schematisch in der folgenden Abbildung dargestellt:

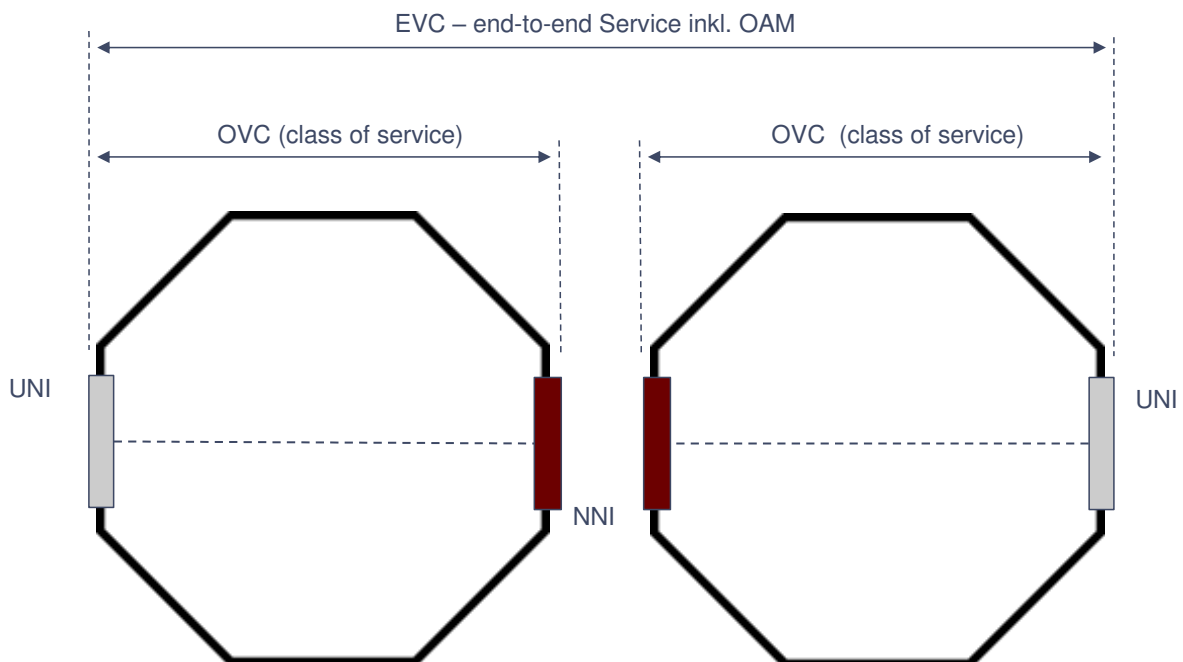


Abbildung 10: Verbindung zwischen UNI an unterschiedlichen Netzen

Die eNNI Schnittstelle im Produkt Wholesale Ethernet VPN 2.0 erlaubt die Aggregation von bis zu 80 Ethernet Verbindungen auf einem Gigabit/s Port.

Eine Realisierung von netzübergreifenden Diensten durch Verwendung von UNI zur Netzzusammenschaltung ist technisch möglich, kann aber den Einsatz zusätzlicher technischer Komponenten bedingen und hat konzeptionelle Einschränkungen.

Innerhalb des Netzes der Telekom ist es ebenfalls notwendig, die Datenströme der einzelnen Teilnehmer auf den Schnittstellen zwischen den Netzelementen zusammenzufassen. Daher wird es NNI-ähnliche Schnittstellen⁹ auch im Netz der Telekom geben. Würde man das Prinzip des Equivalence of Input zugrunde legen, so müsste der Retail Arm der Telekom zu den gleichen Bedingungen, d.h. über die gleichen Schnittstellen, mit den gleichen Prozessen, mit der gleichen Fristigkeit sowie zu den selben Preisen auf das Netz zugreifen, wie die Mitbewerber.

⁹ Diese werden in der Carrier Ethernet Architektur des MEF auch als I-NNI (internal NNI) bezeichnet.

4 Beantwortung der Gutachterfragen

Die Gutachtensfragen lauten:

- Wie kann man die Vorleistungsprodukte der Deutschen Telekom CFV 2.0 und VPN 2.0 vergleichen und einordnen?
- Unterscheidet sich die Produktion der beiden Produkte aus technischer Sicht?
- Ausgehend davon, dass die beiden Produkte bei der Deutschen Telekom auf dem gleichen Netz und auf Basis der gleichen Netzelemente produziert werden, sind Unterschiede in den Kosten aus technischer Sicht zu rechtfertigen?

4.1 Vergleichbarkeit und Einordnung von CFV 2.0 und VPN 2.0

Frage: Wie kann man die Vorleistungsprodukte der Deutschen Telekom CFV 2.0 und VPN 2.0 vergleichen und einordnen?

Es ist im UNI bei CFV 2.0 und VPN 2.0 kein technischer Unterschied zu erkennen. Es ist seitens Telekom natürlich möglich unterschiedliche Bandbreiten im Netz zu konfigurieren und die Preise unterschiedlich zu gestalten.

Mit beiden Produkten können Ethernet Standverbindungen vom Typ EPL (Ethernet Private Line) in technisch identischer Weise gebildet werden. VPN 2.0 unterstützt auch EVPL und umfasst auch ein NNI, das für den Einsatz zwischen Netzbetreibern verwendet werden kann.

4.2 Produktion der beiden Produkte aus technischer Sicht

Frage: Unterscheidet sich die Produktion der beiden Produkte aus technischer Sicht?

Antwort: Die Produktion von CFV 2.0 und der gleichen Funktionalität mittels VPN 2.0 unterscheidet sich aus technischer Sicht nicht. Die Deutsche Telekom hat im Schriftsatz vom 25.9.2020 zum Verfahren BK2a-19/018 bestätigt, dass die Produkte CFV 2.0 und VPN 2.0 im gleichen Netz und mit den gleichen Netzelementen realisiert werden.

4.3 Kostenunterschiede aus technischer Sicht

Frage: Ausgehend davon, dass die beiden Produkte bei der Deutschen Telekom auf dem gleichen Netz und auf Basis der gleichen Netzelemente produziert werden, sind Unterschiede in den Kosten aus technischer Sicht zu rechtfertigen?

Antwort: Der Leistungsumfang von CFV 2.0 ist in VPN 2.0 enthalten. Man kann also Punkt-zu-Punkt Verbindungen (EPL) in technisch identer Weise mit CFV 2.0 und VPN 2.0 realisieren. Unterschiede in den Kosten sind aus gutachterlicher Sicht nicht technisch bedingt.

5 Quellenangaben

- [1] Deutsche Telekom: Wholesale Ethernet CFV 2.0 – Erläuterungen zur technischen Realisierung (QoS und Kategorisierung nach MEF). Präsentation im Rahmen der ÖMV am 24.8.2018
- [2] Extranet der deutschen Telekom: Informationen zu Carrier Services Vorleistungsprodukten CFV 2.0 und VPN 2.0
- [3] Deutsche Telekom: Leistungsbeschreibung EthernetConnect 2.0. Stand 23.10.2020
- [4] Deutsche Telekom: Kundenpräsentation Ethernet Connect. Stand September 2020
- [5] Metro Ethernet Forum: MEF 6.3 – Subscriber Ethernet Services Definitions. November 2019
- [6] Metro Ethernet Forum: MEF 10.3 – Ethernet Services Attributes Phase 3
- [7] Metro Ethernet Forum: MEF 26.2 – External Network Network Interfaces (ENNI) and Operator Service Attributes. August 2016
- [8] Metro Ethernet Forum: MEF 51.1 – Operator Ethernet Service Definitions. Dezember 2018
- [9] Metro Ethernet Forum: CE Interconnect Reference Presentation. November 2011
- [10] ITU-T Recommendation G.8011: Packet over Transport aspects – Ethernet over Transport aspects (10/2012)
- [11] Schriftsätze im Verfahren vor der BNetzA BK2a-19/018 – Verfahren zur Überprüfung des Standardangebotes Wholesale Ethernet VPN 2.0
- [12] BNetzA BK2c-18/004: Verwaltungsverfahren wegen Überprüfung des Standardangebotes native Ethernet-Mietleitungen mit Bandbreiten von 2 Mbit/s bis einschließlich 150 Mbit/s.

6 Glossar

Bezeichnung	Erklärung
All to One Bundled UNI	Ein UNI, welcher einen einzelnen EVC für alle Serviceframes und CoS-Parameter verschaltet.
CEN	Carrier Ethernet Network – Netz, das Carrier Ethernet Dienste anbietet
CFV	Carrier Festverbindung - Standleitung
CoS	Class of Service – Steuerung der Qualitätsparameter durch p-Bits
DTAG	Deutsche Telekom AG
ENNI	External Network Network Interface – Übergabeschnittstelle zwischen zwei Carrier Ethernet Netzbetreibern
EPL	Ethernet Private Line – portbasierende EVC zwischen zwei UNIs
EVC	Ethernet Virtual Connection – Virtuelle Verbindung, über welche Daten zwischen den Kundenanschlüssen übertragen werden.
EVC EP	EVC End Point
EVPL	Ethernet Virtual Private Line – vlanbasierende EVC zwischen zw. zwei UNIs, kundenindividuelle VLAN-IDs des Kunden werden verwaltet. Bandbreitenaufteilung auf VLAN-Basis des Kunden möglich.
MEF	Metro Ethernet Forum – Standardisierungsgremium für Carrier Ethernet Dienste
NNI	Network to Network Interface – Übergabeschnittstelle Netzbetreiber
OVC	Operator Virtual Connection – virtuelle Verbindung innerhalb eines Carrier Ethernet Netzwerks eines Betreibers zwischen den Kundenanschlüssen oder ENNI-Anschlüssen Daten übertragen werden können.
QoS	Quality of Service -
RD	Remote Device – Endgerät von der Telekom zur Verfügung gestellt
SD-WAN	Software Defined Wide Area Network
UNI	User to Network Interface – Übergabeschnittstelle Kundennetzwerk
VLAN	Virtual Local Area Network – virtuelles Netz
VPN	Virtuelles privates Netz
WDM	Wavelength division multiplexing - Wellenlängenmultiplex

Annex A MEF Spezifikationen zu Carrier Ethernet Diensten

A.1 Überblick und Relevanz der Spezifikationen für die Gutachtensfragen

Grundlage für die Klassifizierung und Analyse der Produkte CFV Ethernet 2.0, Wholesale Ethernet VPN 2.0 und EthernetConnect 2.0 sind die Spezifikationen für Carrier Ethernet des Metro Ethernet Forum (kurz MEF¹⁰). Diese Spezifikationen sind Grundlage für die Interoperabilität von Produkten, die für Carrier Ethernet entwickelt werden.

MEF spezifiziert Dienste für Verbindungen am Ethernet Layer. Vom MEF wurden zuerst kundenseitige Dienste definiert. Diese verbinden Kundenanschlüsse mit Ethernetdiensten und gehen davon aus, dass die Dienste von einem Carrier erbracht werden. Etwa 2012 hat das MEF auch betreiberseitige Dienste definiert. Damit wurde das Rahmenwerk des MEF auch für die Erbringung von Diensten durch mehrere Carrier gemeinsam erweitert.

Wichtige Attribute von Carrier Ethernet sind unter anderem: Dienstegüte, Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit, Service-Management und Quality of Services. Aktuell befindet sich die dritte Carrier Ethernet Generation (MEF 3.0 – Carrier Ethernet) am Markt und entsprechende erste zertifizierte Produkte sind verfügbar.

Für die Fragestellung, ob VPN2.0 und CFV2.0 vergleichbar sind, sind die kundenseitigen Dienste des MEF relevant. Die kundenseitigen Dienste beschreiben ausschließlich UNI. Es ist aber technisch möglich, dieses UNI auch für Verbindungen zwischen Netzbetreibern einzusetzen (so wie dies ja beim Vorleistungsprodukt CFV 2.0 auch geschieht).

Da Wholesale Ethernet VPN 2.0 auch eine eNNI Schnittstelle enthält, werden hier auch die netzbetreiberseitigen Dienste des MEF erwähnt. Die NNI Schnittstellen sind entsprechend der besonderen Anforderungen von Netzbetreibern ausgeführt, aber es ist natürlich technisch möglich, an der Schnittstelle zwischen Netzbetreibern auch UNI einzusetzen.

¹⁰ <https://www.mef.net>

A.2 Kundenseitige MEF Carrier Ethernet Dienste

Die Beschreibung der kundenseitigen Dienste beruht auf der Spezifikation MEF 6.3 vom November 2019.¹¹ Vom MEF werden drei kundenseitige Diensttypen definiert:

- E-Line ... eine Punkt-zu-Punkt Verbindung
- E-LAN ... eine Mehrpunkt zu Mehrpunkt Verbindung, und
- E-Tree ... eine Baumstruktur.

Zu jedem Diensttyp sind zwei Ethernetdienste definiert, die sich durch die Methodik der Service-Identifikation am UNI unterscheiden. Bei einem Port-basierenden Service wird keine VLAN Identifikation verwendet. Es ist also keine Unterscheidung der Frames in Bezug auf den Transport im Netz möglich. Bei VLAN basierenden Diensten können EVCs verwendet werden.

Alle in diesem Gutachten betrachteten kundenseitigen Dienste gehören zum Diensttyp E-Line. Die weiteren Dienste sind nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.¹²

Abbildung 6 ist eine Übersicht der sich in Relation befindlichen Service Typen, port- oder vlanbasierenden Diensten. In der ersten Spalte werden die Dienste-/Verbindungstypen dargestellt. Spalte 2 enthält portbasierende Dienste. Alle Service Frames werden in eine EVC verschalten und einer CoS-Klasse zugeordnet (All to One Bundled UNI's = 1x UNI, 1x EVC Endpoint (EP)). Spalte 3 enthält VLAN-basierende Dienste, hier können Service Frames (untagged / tagged Frames) unterschiedlichen EVCs sowie Service Parametern zugeordnet werden.

¹¹ Siehe <https://www.mef.net/wp-content/uploads/2019/11/MEF-6-3.pdf>

¹² Die Servicetypen E-LAN und E-Tree werden von der telekom unter dem Produktnamen Wholesale Ethernet P2MP und Wholesale Ethernet P2MP HBS angeboten.

Service Type	Port-Based (EVC EP Maps = All) (All to One Bundled UNIs)	VLAN-Based (EP Maps = UT/PT or List) (Untagged or VLAN Tagged UNIs)
E-Line (Point-to-Point EVC)	Ethernet Private Line (EPL)	Ethernet Virtual Private Line (EVPL)
E-LAN (Multipoint-to-Multipoint EVC)	Ethernet Private LAN (EP-LAN)	Ethernet Virtual Private LAN (EVP-LAN)
E-Tree (Rooted-Multipoint EVC)	Ethernet Private Tree (EP-Tree)	Ethernet Virtual Private Tree (EVP-Tree)

Abbildung 11: Kundenseitige Dienste laut MEF 6.3, Kapitel 7

Basis für diese Services ist der Begriff einer virtuellen Ethernetverbindung (EVC – Ethernet Virtual Connection). Unter einer EVC versteht man eine Zuordnung von zwei oder mehr UNI. Die Service Frames werden im Netz nur zwischen diesen UNIs transportiert. Je nach Service Typ unterscheidet man Punkt zu Punkt EVCs, Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt EVCs und EVCs mit Baumstruktur. Ein UNI kann mehr als einen EVC unterstützen.¹³ Diese Funktion nennt man “Service Multiplexing“.

Wesentlich ist die Unterscheidung zwischen Port und EVC.

- Ein Port wird definiert durch die physikalische Schnittstelle, die Möglichkeit Service Multiplexing durchzuführen und die Möglichkeit zwischen VLANs zu unterscheiden.
- Ein EVC hat die Attribute: Typ, Bandbreite, Serviceklasse und Qualitätsmerkmale

Für das Carrier Ethernet gibt es zwei Steuerparameter:

- VLAN-Id: Kundenseitig können VLAN-Ids verwendet werden. Diese steuern die Verbindung im Carrier Ethernet. Eine EVPL stellt eine virtuelle Verbindung dar, die durch eine VLAN Id definiert ist. Bei EPL wird diese Information im Netz nicht ausgewertet und alle Frames nehmen denselben Weg. Bei EVPL werden die Frames entsprechend VLAN Id geroutet.
- Priority Bits: mit diesen Bits können Qualitätsklassen unterschieden werden. Dies sind z.B. Priority, premium, critical oder Standard. Bei EPL kann der Verbindung nur eine Qualitätsklasse zugeordnet werden. EVPL können mehrere Qualitätsklasse zugeordnet werden.

¹³ Die Spezifikationen geben keine Obergrenze an. Die Implementierung ist Hersteller-spezifisch

A.2.1 Ethernet Private Line (EPL)

Ethernet Private Line (EPL) ist ein portbasierender Dienst zur virtuellen Verbindung (EVC) von zwei Kundenanschlüssen (UNIs) über ein Weitverkehrsnetz. Dieser Dienst unterstützt den Transport von (kompletten und unveränderten) Ethernet Frames zwischen den Endpunkten. Ein Transport von Daten von oder zu anderen Ports ist ausgeschlossen. Im Netz wird die virtuelle Verbindung zwischen diesen Ports verwaltet und die Frames werden nur zwischen diesen Ports verschaltet. Damit kann eine Standverbindung auf Layer 2 realisiert werden. Im einfachsten Fall ist dies eine symmetrische Bandbreite ohne weitere Qualitätszusagen („best effort“). Eine Ethernet Private Line ist dadurch definiert, dass einem UNI Port nur eine virtuelle Ethernetverbindung zugeordnet werden kann. Service Multiplexing ist nicht erlaubt.

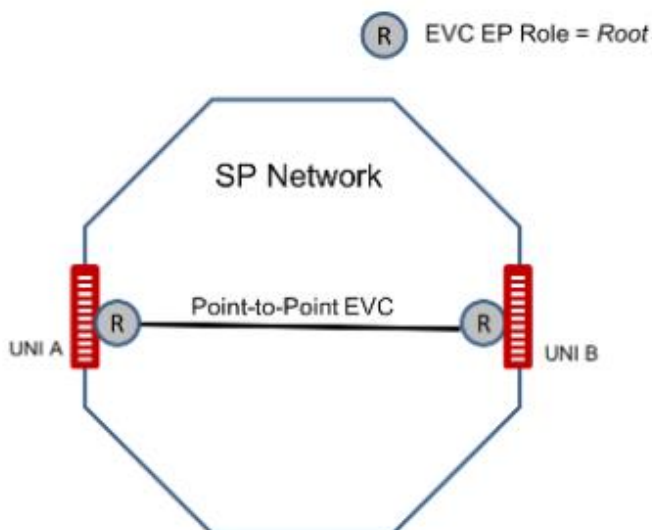


Abbildung 12 - E-Line Service P-P EVC

A.2.2 Ethernet Virtual Private Line (EVPL)

Ethernet Virtual Private Line Service (EVPL) ist ein Point zu Point Dienst zwischen zwei Standorten (UNIs), bei dem einem UNI mehrere EVC zugeordnet werden können. Service Multiplexing wird unterstützt. Des Weiteren können für verschiedene Kunden-Frames und Kunden VLANs an einem UNI mehrere CoS-Levels (Class of Service) implementiert werden.

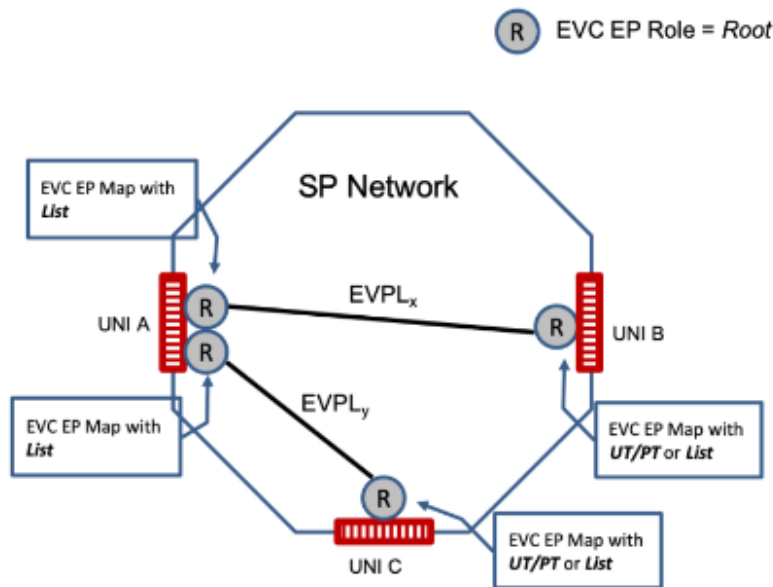


Abbildung 13 - Mehrere EVPL Services P-P

Auch dieses Service gehört zum Dienstyp E-LINE und besteht aus (eventuell mehrerer) Standverbindungen. Die folgende Abbildung zeigt eine Unterscheidung nach EVCs und CoS-Klassen.

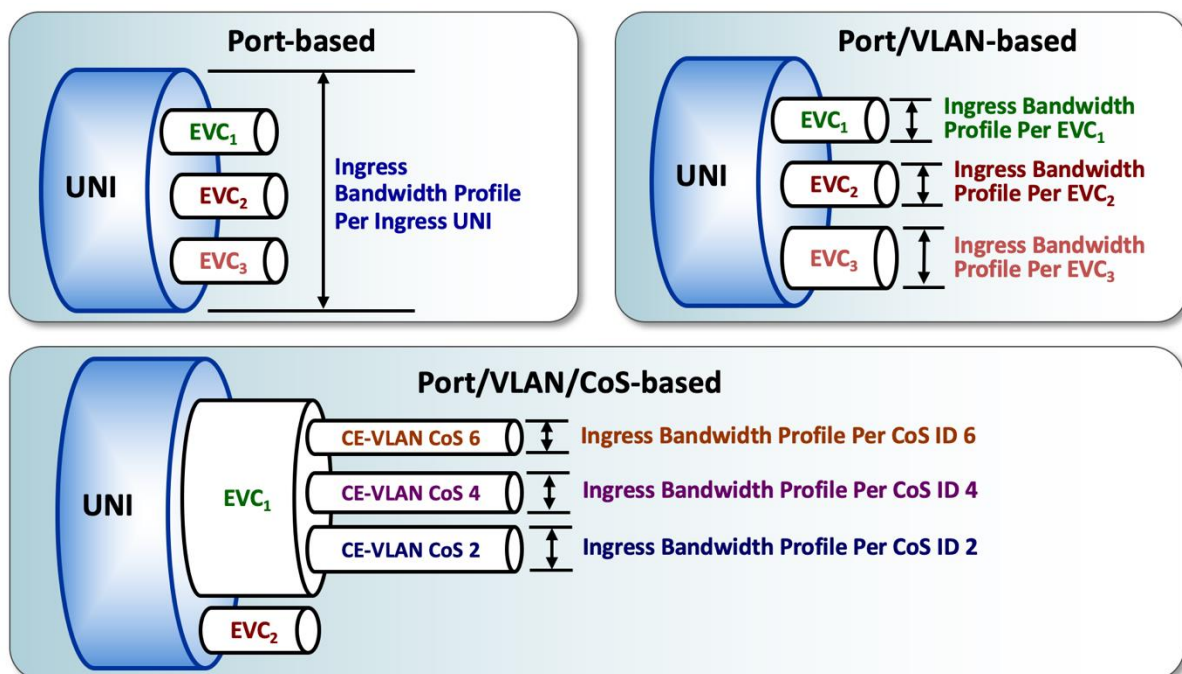


Abbildung 14: UNI mit mehreren EVCs und Unterscheidung nach Serviceklassen

A.3 Netzbetreiberseitige Ethernet Dienste gemäß MEF¹⁴

Um die transparente Verschaltung der Carrier Ethernet Dienste für Kunden über mehrere Netzbetreiber und Operatoren gewährleisten zu können, wurden auch Netzbetreiber Schnittstellen und Dienste durch das MEF Forum definiert u.a. External Network Network Interface (ENNI) und Operator Virtual Connection (OVC). OVCs terminieren in der Regel an einem UNI-Port (Übergabeschnittstelle Netzbetreiber/Kunde) sowie einem ENNI-Port (Übergabeschnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern – getrennte Administrationsdomains / Carrier Ethernet Netze).

Zusätzlich wurden folgende vier Operator Ethernet Dienste definiert:

Type of Operator Ethernet Service	General Operator Ethernet Service		
	O-Line	O-LAN	O-Tree
E-Access Service	Access E-Line	Access E-LAN	Not Specified in this document
E-Transit Service	Transit E-Line	Transit E-LAN	Not Specified in this document

Tabelle 6: Netzbetreiberseitige Ethernetdienste

Für die Analyse des NNI in diesem Gutachten ist ausschließlich das Service Access E-Line relevant, welches im Rahmen von VPN 2.0 angeboten wird. Die anderen Services (O-LAN und O-Tree) werden daher hier nicht beschrieben. Vorab werden die Begriffe OVC und ENNI erläutert:

OVC ist eine Ethernet Verbindung vom ENNI zu einem UNI oder zu einem anderen ENNI. Ein EVC ist eine Verbindung zwischen zwei UNI und kann aus mehreren verbundenen OVCs bestehen (siehe Spezifikation MEF 26.2). In einem Carrier Netz ist die Verbindung durch die logische Verknüpfung von OVC Endpunkten festgelegt.

ENNI ist die Schnittstelle zwischen zwei Carrier Netzen (CEN). Die physische Schnittstelle muss zumindest 1 Gbit/s betragen und im Vollduplex Modus arbeiten. Am ENNI werden die unterschiedlichen Verbindungen durch S-VLAN ID identifiziert.

¹⁴ <https://www.mef.net/wp-content/uploads/2018/12/MEF-51-1.pdf>

A.3.1 O-LINE

O-LINE ist ein Dienst für eine Punkt-zu-Punkt Verbindung (OVC) zur von zwei Ethernet Ports (entweder UNI-ENNI oder ENNI-ENNI) über ein Weitverkehrsnetz sowie mehrere Carrier Ethernet Netzbetreibern (CENs). Dieser Dienst unterstützt den Transport von (kompletten und unveränderten) Ethernet Frames zwischen den Endpunkten. Ein Transport von Daten von oder zu anderen Ports ist ausgeschlossen. Im Netz wird die virtuelle Verbindung zwischen diesen Ports verwaltet und die Frames werden nur zwischen diesen Ports geroutet. Damit kann eine Standverbindung auf Layer 2 realisiert werden. Zwischen den einzelnen Netzbetreibern befinden sich die ENNIs. Die folgende Abbildung zeigt 8 O-Line Services (6 mal Access und 2 mal Transit) in vier Netzwerken, die benutzt werden, um drei E-Line Services (UNI1 zu UNI3, UNI2 zu UNI 6 und UNI 5 zu UNI 4) zu realisieren.

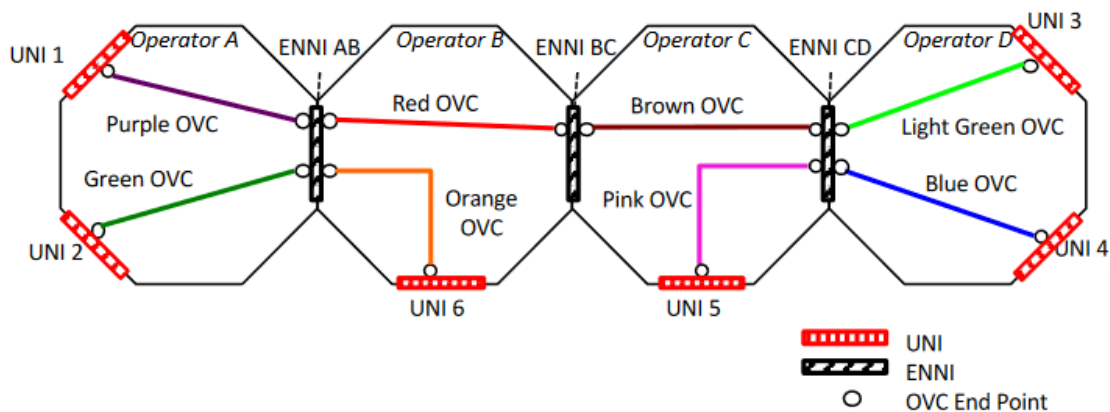


Abbildung 15 - O-Line Service P-P OVC vier Carrier Ethernet Netzbetreiber

A.3.2 Access E-Line

Access E-LINE ist eine Punkt-zu-Punkt Verbindung (OVC) zwischen UNI und ENNI. Mittels EVC EP Map Service sowie Service Multiplexing kann ein UNI-Port mehrere EVC's terminieren (z.B. UNI 1 in der folgenden Abbildung – die Unterscheidung erfolgt durch die CE-VLAN Id).

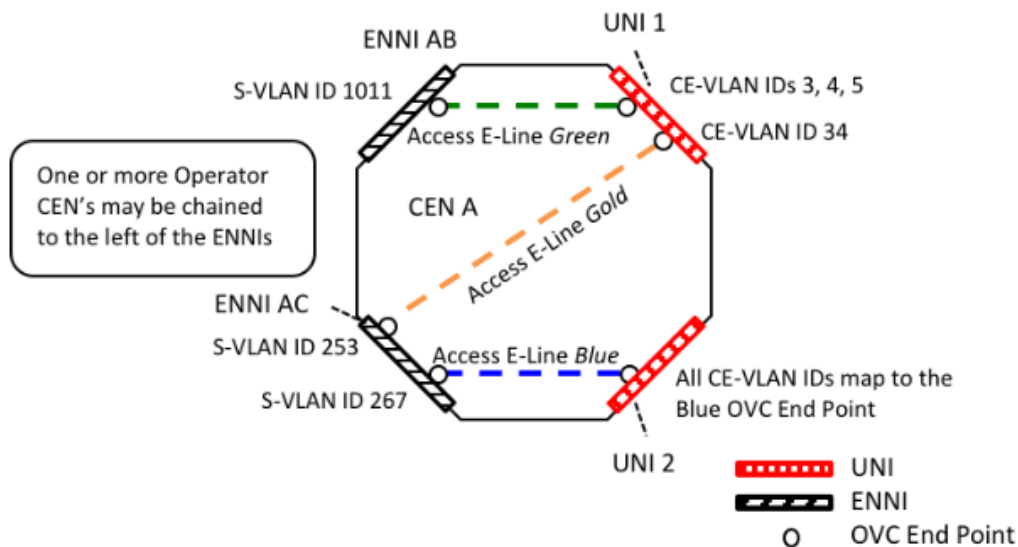


Abbildung 16 – Ein CEN mit drei Access E-LINE Diensten

Die weiteren Netzbetreiber (auf der linken Seite der ENNI) können beliebige Netzbetreiber Ethernet Dienste einsetzen. Beispielsweise: Punkt-zu Punkt, Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt oder auch Baumstruktur.

A.4 Quality of Service (QoS) in MEF-Netzwerken

Aufgrund der breiten Palette von Bandbreiten- und QoS-Optionen können Netzbetreiber unterschiedliche Dienste, Produkte, Leistungsparameter und SLA's „produzieren“ bzw. herstellen. Dadurch können endkundenseitige Anforderungen im Bereich von Anwendungen und Diensten über das Weitverkehrsnetz garantiert werden. Durch die Verknüpfung der Dienste Typen und der QoS-Parameter werden dadurch auch anspruchsvolle SLA's und kundenseitige ethernetbasierende Anforderungen realisiert.

Wichtige QoS-Parameter sind:

- Committed Information Rate (CIR): Diese Übertragungsrate wird vom Netzbetreiber am UNI garantiert.
- Frame-Verlustquote (Frame Loss): Hiermit garantiert der Netzbetreiber, dass nur ein bestimmter max. Prozentsatz aller im Netzwerk übertragenen Kunden-Frames verloren gehen.
- Laufzeit (Latency): Hierbei verpflichtet sich der Netzbetreiber für eine bestimmte Ende-zu-Ende-Laufzeit zwischen den UNIs.

- Laufzeitschwankung (Jitter): Diese Verpflichtung bezieht sich auf die Einhaltung einer gewissen Schwankung (Jitter) der Netzwerk-Latenzzeit.

Durch die Garantien im Bereich der Laufzeiten sowie Laufzeitschwankungen können kritische Dienste (Sprachkommunikation, Finanz- / Trading Applikationen) über das Weiterverkehrsnetzwerk gewährleistet werden.

A.5 Service-Management in MEF-Netzwerken

Durch den Einsatz von standardisierten Tools im Carrier Ethernet Netzen, welche unabhängig von Anbietern bzw. Netzbetreibern eingesetzt werden, kann die Überwachung und Diagnose im Falle von Störungen durch den jeweiligen Netzbetreiber 24x7x365 erfolgen.

Für folgende Aufgabebereiche wurden deshalb entsprechende Tools vorgesehen:

- Rasche Bereitstellung von Diensten
- Diagnose von Konnektivitätsproblemen, die von Kunden gemeldet werden
- Diagnose von Netzwerkfehlern nicht nur an den Endpunkten, sondern auch Zwischenstationen im Weitverkehrsnetzwerk
- Messung der Performance-Charakteristika eines bereitgestellten Dienstes (EVC)

Folgende standardisierten Tools / Protokolle wurden dafür vorbereitet bzw. sind unter anderem im Einsatz¹⁵:

- IEEE 802.3ah Ethernet Link OAM (Operation, Administration, Maintenance): Dieses Tool, ist für die Verbindungsüberwachung, Meldung von Fehlern der Gegenstelle sowie Loopback-Tests einer Verbindung verantwortlich.
- IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management: Diese Anwendung ist für die Erkennung, Isolation und Meldung von Verbindungsfehlern im Weitverkehrsnetzwerk verantwortlich.
- ITU Y.1731 Performance Management: Mittels Y.1731 werden einmalige oder wiederkehrende Messungen der Performance-Parameter von Diensten auf z.B.: folgenden Parametern erstellt: Frame-Verlustquote, Frame-Laufzeit und Frame-Laufzeitschwankungen)

Je nach Transport-Medium können durch den Netzbetreiber noch weitere Tools wie z.B.: MPLS OAM usw. eingesetzt werden.

¹⁵ https://www.apricot.net/apricot2013/assets/ethernet-oam-tutorial-final-v2_1362014627.pdf