

**Stellungnahme des Verbunds der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE)
im Rahmen des Verfahrens über den Erlass einer Allgemeinverfügung zur Abänderung des
Netzabschlusspunktes für Passive Optische Glasfasernetze**

13. Oktober 2023

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Einordnung	2
2. Anwendung der BEREC NTP Guidelines auf passive optische Netze (PON)	3
2.1. Entscheidungen europäischer Regulierungsbehörden bezüglich des Netzabschlusspunktes nach den BEREC NTP Guidelines	6
2.1.1. Niederlande, Autoriteit Consument & Markt (ACM)	6
2.1.2. Belgien, Belgisches Institut für Postdienste und Telekommunikation (BIPT)	7
2.2. Konformität der Festlegung des Netzabschlusspunktes mit den rechtlichen Vorgaben	8
2.3. Auswirkungen auf den Markt für Telekommunikationsendgeräte	14
2.4. Keine „objektive technische Notwendigkeit“ für Ausnahmen vom passiven Netzabschlusspunkt bei PON	16
2.4.1. Interoperability between public network and telecommunications terminal equipment (TTE)	17
2.4.2. Simplicity of the operation of the network	21
2.4.3. Network security	24
2.4.4. Data protection	26
2.4.5. Local traffic	27
2.4.6. Fixed-line services based on wireless technology	28
3. Fazit der Anwendung der BEREC NTP Guidelines auf passive optische Netze (PON)	28
4. Anmerkungen zum Schreiben der Verbände zum „Netzabschluss bei PON“ vom 2. Juni 2023	30
4.1. Quality of Service in Punkt-zu-Mehrpunkt-Netzen	30
4.2. Vorleistungsfall Fiber	30
4.3. Vergleich mit DOCSIS	31
4.4. Innovation bei Telekommunikationsendgeräten	31
5. Anhang	33

1. Einleitung und Einordnung

Am Ende dieses Beteiligungsverfahrens zum Antrag auf Erlass einer Allgemeinverfügung nach § 72 Abs. 2 TKG zur Abänderung des Netzabschlusspunktes für Passive Optische Glasfasernetze (im Folgenden „Antrag“) steht die faktische Entscheidung der Bundesnetzagentur über die Zukunft der Endgerätewahlfreiheit in Deutschland. Deren Grundlage wurde mit dem Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (FTEG) bereits im Jahr 2001 geschaffen und mit der einstimmigen Verabschiedung des TK-Endgerätegesetzes durch den Deutschen Bundestag im Jahr 2015 eindrücklich und aufgrund seiner Technologieneutralität (Anwendbarkeit auf Punkt-zu-Punkt- sowie Punkt-zu-Mehrpunkt-Netze, wie z.B. passive optische Glasfasernetze) zukunftsfest sichergestellt.

Aufgrund der jetzt schon bemerkenswerten Wachstumsraten ist zu erwarten, dass passive optische Netze zukünftig die primäre Anschlusstechnologie im gesamten Festnetz sein wird. Der FTTH Council Europe prognostiziert für das Jahr 2028 rund 33,5 Mio. FTTH-Anschlüsse in Deutschland.¹ Die Gigabitstrategie der Bundesregierung sieht bis zum Jahr 2030 flächendeckend Glasfaser bis ins Haus vor.² Die Entscheidung der Bundesnetzagentur über den Antrag wird also faktisch eine Entscheidung über die Perspektive der freien Endgerätewahl für den bald allergrößten Teil der Breitbandanschlüsse in Deutschland sein.

Die freie Endgerätewahl der Nutzerinnen und Nutzer am passiven Netzabschlusspunkt mag für einzelne Diensteanbieter aus betriebswirtschaftlicher Sicht zunächst ungünstig erscheinen, ist jedoch aus rechtlicher und volkswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft für die Allgemeinheit.³

Da für alle Diensteanbieter die gleichen rechtlichen Rahmenbedingungen gelten, wird ein level playing field geschaffen, auf dem ein fairer Wettbewerb der Diensteanbieter untereinander stattfinden kann. Zahlreiche, darunter auch führende Glasfaser-Anbieter in Deutschland haben in den vergangenen Jahren in der Praxis gezeigt, dass der Anschluss von kundeneigenen Endgeräten direkt an das Glasfasernetz problemlos umsetzbar ist.

Wir **appellieren**, die **gegenwärtig geltende Regulierung zur freien Endgerätewahl für Privat- und Firmenkundinnen und -kunden in Deutschland technologieneutral beizubehalten**. Diese war in den vergangenen mehr als sieben Jahren äußerst erfolgreich - sowohl bei Anschlüssen an passive optische Netzwerke als auch bei DSL- und Kabelanschlüssen.

Die praktische Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben zur „Routerfreiheit“ war und ist technisch einwandfrei möglich. Die vom Body of European Regulators for Electronic Communications (BEREC) angeführten, objektiven technischen Notwendigkeiten (siehe 2.), die unter Umständen eine Einschränkung des Anschlussrechts kundeneigener Endgeräte direkt an die jeweiligen Telekommunikationsnetze sprechen könnten, konnten in den vergangenen Jahren in der Praxis nicht festgestellt werden.

¹ FTTH Council Europe: „FTTH Markets Forecast 2023-2028“, 19 April 2023

² Bundesregierung (2022): „Gigabitstrategie der Bundesregierung“, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/gigabitstrategie.pdf?__blob=publicationFile

³ vgl. Säcker, Franz Jürgen: „Die Freiheit der Wahl der Telekommunikationsendgeräte - Ein Plädoyer gegen den Routerzwang“, MMR 2015, 374, siehe Anhang B.

Das zeigt auch die Praxis vieler, darunter auch sehr namhafter, deutscher Glasfaser-Netzbetreiber:

„[...] [A]uch die Bundesnetzagentur die Wahlfreiheit im Sinne der Verbraucher beibehalten. Wir unterstützen das und arbeiten – anders als andere Anbieter – daran, auch für Glasfaseranschlüsse die Routerfreiheit umzusetzen.“⁴

Der von den Verbänden interpretationsoffen formulierte Wunsch an die Bundesnetzagentur, für passive optische Netze das Anschlussrecht für kundeneigene Endgeräte ausnahmsweise einzuschränken, macht schon zu Beginn des Schreibens deutlich: Eine der Hauptmotivationen für den Antrag scheint in der Realisierung der Möglichkeit zu liegen, dass zukünftig alle „denkbaren“ Endgeräte für passive optische Netze exklusiv und ausschließlich von den Providern an ihre Kundinnen und Kunden abgegeben werden können. Für den Markt für Telekommunikationsendgeräte in Deutschland würde das bedeuten: perspektivisch könnte dieser nicht mehr existieren.

Vor diesen Hintergrund halten wir es für **unbedingt erforderlich**, dass die **derzeit geltende, klare und praktisch gut umsetzbare Regelung zum passiven Netzabschlusspunkt und damit zur „Routerfreiheit“ in Deutschland in seiner gegenwärtigen Form und Formulierung weiterhin technologieneutral, d.h. explizit auch für passive optische Netzwerke, gilt.**

2. Anwendung der BEREC NTP Guidelines auf passive optische Netze (PON)

Im Sinne bzw. Einklang mit der Richtlinie (EU) 2018/1972 gibt § 73 Abs. 2 des Telekommunikationsgesetzes (TKG) vor, dass bei der Analyse etwaiger Ausnahmen vom in Art. 73 Abs. 1 TKG als „passiv“ definierten Netzabschlusspunkt durch Allgemeinverfügung "weitestmöglich die nach Artikel 61 Absatz 7 der Richtlinie (EU) 2018/1972 vom BEREC erstellten Leitlinien" zu berücksichtigen sind.

Im Folgenden wenden wir daher die von BEREC erstellten „Guidelines on Common Approaches to the Identification of the Network Termination Point in different Network Topologies“ (BoR (20) 46); im Folgenden „BEREC NTP Guidelines“) auf PON-Glasfasernetze in Deutschland an.

BEREC definiert drei Kriterien, die dabei zu berücksichtigen sind:

- a. Konformität der Festlegung des Netzabschlusspunktes mit den rechtlichen Vorgaben,
- b. Auswirkungen auf den Markt für Telekommunikationsendgeräte, sowie
- c. Bewertung, ob eine objektive technische Notwendigkeit besteht, dass Geräte Teil des öffentlichen Netzes sind.⁵

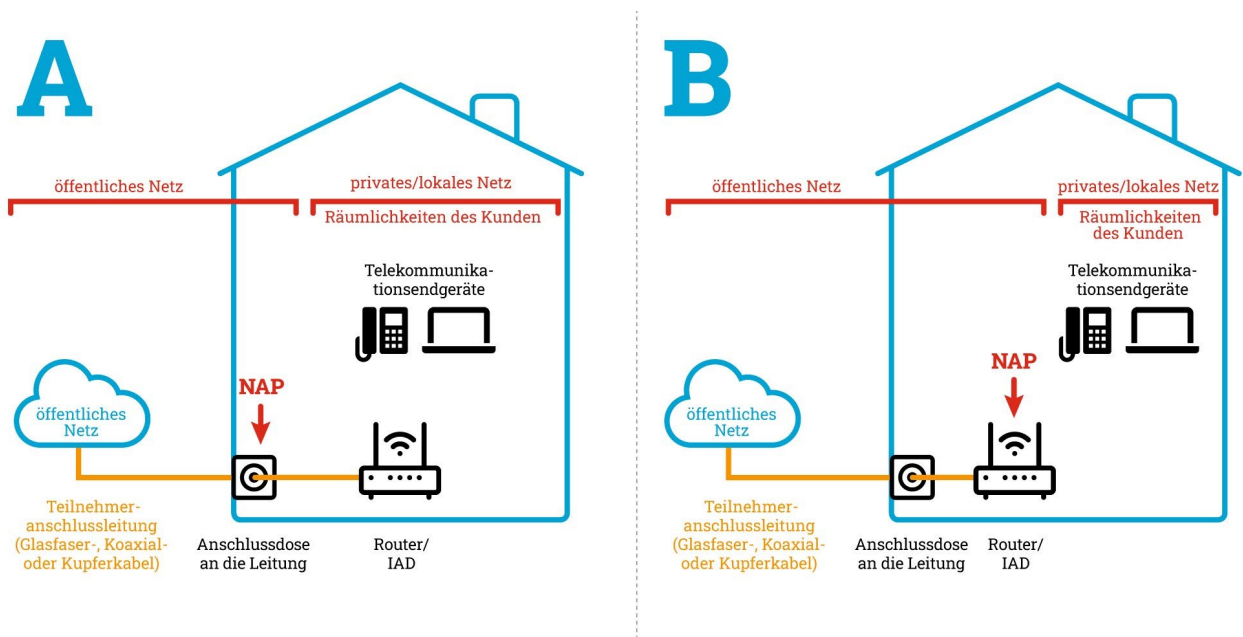
Die Analyse des BEREC beruht dabei auf drei möglichen Definitionen/Verortungen des Netzabschlusspunktes, von denen die folgenden beiden relevant für den Gegenstand des Verbändeantrags und entsprechend die vorliegende Stellungnahme des VTKE dazu sind:

“Point A: The NTP is the point (e.g. physical connector) at which the subscriber access line ends at the customer premises where no active equipment is between the NT and the subscriber access line.

⁴ Blog.Telekom: „Freie Router-Wahl bleibt!“, <https://www.telekom.com/de/blog/konzern/artikel/freie-router-wahl-bleibt-586046>

⁵ Vgl. BEREC NTP Guidelines, Guideline 15.

Point B: The NTP is the interface at the end-users' side of the modem (e.g. traditional DSL modem, fibre modem, cable modem) which provides network termination but no further functionality (e.g. without switching, routing, NAT, WLAN)."⁶



A: Der Netzabschlusspunkt (NAP) befindet sich an der „Dose“ (Anschluss an die Leitung) und entspricht damit „point A“ der „BEREC Guidelines on Common Approaches to the Identification of the Network Termination Point in different Network Topologies“ (BoR (20) 46); eine freie Endgerätewahl ist möglich.

B: Der Netzabschlusspunkt (NAP) befindet sich an den teilnehmerseitigen Schnittstellen des Endgeräts (z. B. LAN-Port) und entspricht damit „point B“ der „BEREC Guidelines on Common Approaches to the Identification of the Network Termination Point in different Network Topologies“ (BoR (20) 46); das Endgerät ist Teil des öffentlichen Telekommunikationsnetzes und damit unter Kontrolle des Netzbetreibers; der Netzbetreiber kann festlegen, welches Endgerät genutzt werden soll/muss.

Bei Glasfaser-PON entspricht der Netzabschlusspunkt am

- „Point A“ der optischen Anschlussbuchse der passiven Glasfaser-Anschlussdose, bezeichnet als Gf-TAE⁷; und an
- „Point B“ einer nicht weiter bestimmten, teilnehmerseitigen Schnittstelle eines PON-Glasfasermodems, oft als Optical Network Termination („ONT“)⁸ bezeichnet.

Aus den BEREC NTP Guidelines, die PON berücksichtigen, geht deutlich hervor, dass der Netzabschlusspunkt bevorzugt an „Point A“ verortet werden soll (siehe u.a. Guideline 47., „Conclusion“ zu „Impact on TTE market“, oder „3.3 Assessment whether there is an objective technological necessity for equipment to be part of the public network“).

§ 73 Abs. 1 TKG ist daher konform zu den BEREC NTP Guidelines: Der passive Netzabschlusspunkt Gf-TAE ist bei PON der Regelfall.

⁶ BEREC NTP Guidelines, Guideline 58. a. und b.

⁷ Die optische Schnittstelle wird in Deutschland durchgehend mit dem Standard LC/APC (EN 61754-20:2012, Steckgesicht 20-5) normiert und beschrieben;

siehe „Standortverkabelung als Teil des optischen Zugangsnetzes von optischen Breitbandnetzen“, DIN EN 50700 (Mai 2014) sowie NGA-Forum, AG Interoperabilität, Leistungsbeschreibung; Ebene 0-Zugangsprodukte, V 1.0: „Die Gf-TAE ist der Abschluss der Glasfaser in den Räumlichkeiten des Endkunden.“, Seite 14,

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Breitband/NGA_NGN/NGA-Forum/aktuelledokumente/Ebene0_Glasfaser_V10_120615.pdf?__blob=publicationFile&v=2

⁸ „optical network termination (ONT)“ in ITU-T G.984.1: „Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics“, 3.2.8

Während die Eigenschaften des „Point A“ in den BEREC NTP Guidelines klar dargestellt sind und eine Bewertung der rechtlichen, wettbewerblichen und technischen Anwendung des „Point A“ als Netzabschlusspunkt leicht möglich ist, fällt die Charakterisierung des „Point B“ durch BEREC wesentlich unklarer aus. Entsprechend ist die Bewertung, ob „Point B“ allen Anforderungen an einen Netzabschlusspunkt rechtsbeständig Genüge leistet, erschwert. Dies liegt an der nicht vorhandenen Standardisierung des PON-ONT, also des Glasfaser-Modems, sowie im Besonderen an der Vielfalt an denkbaren teilnehmerseitigen Schnittstellen des PON-ONT.

Liegt der NTP bei „Point A“⁹ ist die Rolle des ONT klar ersichtlich. Dies gilt jedoch nicht für den Fall, dass der Netzabschlusspunkt am „Point B“ liegt. Bei „Point B“ soll die teilnehmerseitige Schnittstelle des ONT den Netzabschlusspunkt bilden. Den BEREC NTP Guidelines ist zu entnehmen, dass es sich nach den Vorstellungen des BEREC um ein eigenständiges Gerät handelt, welches keine über die Modemfunktionalität hinausgehenden Funktionen hat.¹⁰

Jedoch bietet „Point B“ Potenzial für Umgehungsmöglichkeiten; so sind uns Fälle bekannt, bei denen einzelne Anbieter durch Einsatz des sogenannten „Bridge-Modus“ oder durch Ausschleifen des „Point B“ anstatt Standalone-Modems dann Integrated Access Devices (IAD)¹¹ liefern.

In den BEREC NTP Guidelines werden diverse Varianten teilnehmerseitiger Schnittstellen am „Point B“ des Modems (Ethernet, Telefonie, TV) exemplarisch gezeigt; für den Anschluss an PON ist deshalb voraussichtlich eine große Vielfalt an Typen von Netzabschlusspunkten durch die Vielzahl an Telekommunikationsanbietern zu erwarten.¹² Angesichts der dadurch drohenden Komplexität bei PON-Anschlüssen ist keinerlei Vorteil für die Allgemeinheit ersichtlich.

Es stellt sich auch die Frage, wie ein Endgerätehersteller ein integriertes Endgerät (IAD, Sprache, Daten, ...) herstellen könnte. Solch ein Produkt wird am Markt hauptsächlich nachgefragt und die künstliche Auftrennung im ONT bringt unnötigen technischen Aufwand, Restriktionen und Fehlerquellen bei Inbetriebnahme und in der Benutzung mit sich.

Es ist anzumerken, dass die BEREC NTP Guidelines versäumt haben, die Geräteklasse der IADs explizit zu diskutieren. Sie sind mit weitem Abstand die wichtigste Geräteklasse und nach Stückzahlen und Umsatz das beliebteste Produkt bei den Nutzerinnen und Nutzern. Sowohl Telekommunikationsanbieter als auch unabhängige Hersteller bieten ihren Kunden IADs für alle Zugangstechnologien (PON, DSL, Kabel) an; in Anhang A finden sich entsprechende Beispiele.

Würden die PON-ONT systematisch dem Teilnehmeranschluss zugeschlagen, wäre eine erweiterte Standardisierung dieser Netzelemente bzw. ihrer Protokolleigenschaften erforderlich. Eine solche Standardisierung liegt für PON - also für einen Netzabschlusspunkt am „Point A“ – von der ITU-T vor; die vergleichbare Standardisierung eines ONT - also für einen Netzabschlusspunkt an „Point B“ - ist

⁹ Oder bei dem hier nicht erläuterten „Point C“ der BEREC NTP Guidelines: „Point C: The NTP is the interface at the end-users' side of the CPE which provides not only network termination but also further functionalities (e.g. routing, WLAN)“, Guideline 58.c.

¹⁰ Vgl. BEREC NTP Guidelines, Guideline 53. b. sowie auch *)-Fußnoten im Annex zu 3, 5 und 7

¹¹ Ein Integrated Access Device (IAD) vereint Modem und zusätzliche Funktionalitäten in einem einzigen Gerät; typische Beispiele sind Modem und Router oder Modem und VoIP.

¹² Vgl. BEREC NTP Guidelines: „Annex“, Guideline 147. sowie (2), (3), (4), (5), (6), (8)

nicht bekannt.¹³ Es bliebe dann auch fraglich, durch wen und in welchen Zeitraum eine entsprechende Standardisierung erfolgen könnte. Ebenso müssten etliche Begriffsdefinitionen (z.B. des „Teilnehmeranschluss“ in § 3 TKG¹⁴) erweitert werden.

Fazit zur Anwendung der BERC NTP Guidelines auf passive optische Netze (PON)

Nur für den passiven Netzabschlusspunkt Gf-TAE bei PON sind die Eigenschaften durch Normen für die physische Schnittstelle und ITU-T-Standards für die Signalübertragung exakt beschrieben. Die BERC NTP Guidelines lassen sich daher sicher darauf anwenden.

Mangels festgelegter Eigenschaften ist hingegen die Bewertung, ob ein „Point B“ an einem PON-ONT einen Netzabschlusspunkt bilden kann, mit Unsicherheit behaftet.

2.1. Entscheidungen europäischer Regulierungsbehörden bezüglich des Netzabschlusspunktes nach den BERC NTP Guidelines

2.1.1. Niederlande, Autoriteit Consument & Markt (ACM)

Explizit und ganz grundsätzlich sei darauf hingewiesen, dass eine vergleichbare Bewertung auf Basis der BERC NTP Guidelines bereits im Rahmen des Erarbeitungs- und Verabschiedungsprozesses der „Beleidsregel handhaving Besluit eindapparaten“ (im Folgenden „Beleidsregel“)¹⁵, die den Netzabschlusspunkt für alle Zugangstechnologien als „Point A“ festlegt und damit eine vollumfängliche und zukunftsfeste freie Endgerätewahl gewährleistet, durch die nationale Regulierungsbehörde Autoriteit Consument & Markt (ACM) in den Niederlanden erfolgt ist.

¹³ Die Begriffsdefinitionen der ITU-T bleiben zu den Eigenschaften der teilehmerseitigen Schnittstellen eines ONU bzw. ONT unbestimmt (siehe ITU-T G.984.1: „Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics“, 3.2.9. und 3.2.8.):

“3.2.9 optical network unit (ONU): A generic term denoting a device that terminates any one of the distributed (leaf) endpoints of an ODN, implements a PON protocol, and adapts PON PDUs to subscriber service interfaces. In some contexts, an ONU implies a multiple-subscriber device.”

“3.2.8 optical network termination (ONT): A single subscriber device that terminates any one of the distributed (leaf) endpoints of an ODN, implements a PON protocol, and adapts PON PDUs to subscriber service interfaces. An ONT is a special case of an ONU.”

An dieser Stelle sei erwähnt, dass bei der ITU-T den Begriff „Network Termination“ rein funktional meint und keine Festlegung über die Funktionsherrschaft oder Verortung in Geräte vorsieht; ITU-T G.995.1 („Overview of digital subscriber line (DSL) – Recommendations“, „6.1 Generic Reference Configuration“, Seite 11) dazu:

"The NT term is used for generic Network Termination for various services. For some services it could be part of the Access Network and for others not. The inclusion of the NT in the Access Network and vice versa does not necessarily imply the ownership.

[...]

The reference configurations in this clause show abstract functional groupings, which may or may not correspond to real devices. Real devices may comprise one abstract functional grouping, more than one abstract functional grouping or a portion of an abstract functional grouping".

¹⁴ Siehe Art 3. Nr. 58 TKG: „Teilnehmeranschluss‘ der physische von Signalen benutzte Verbindungspfad, mit dem der Netzabschlusspunkt mit einem Verteilerknoten oder mit einer gleichwertigen Einrichtung in festen öffentlichen Telekommunikationsnetzen verbunden wird;“

¹⁵ Siehe Autoriteit Consument & Markt (ACM): „Beleidsregel handhaving besluit eindapparaten (bepaling van het netwerkaansluitpunt en de vrije keuze van eindapparaten)“, Zaaknr. ACM/19/036305 / Documentnr. ACM/UIT/558439 <https://www.acm.nl/system/files/documents/beleidsregel-handhaving-besluit-eindapparaten.pdf>

Dort hat die ACM erst vor Kurzem (Inkrafttreten der Beleidsregel im Jahr 2022) entschieden, dass nach Analyse und Bewertung der in den BEREC NTP Guidelines aufgeführten Prüfkriterien insbesondere hinsichtlich PON Glasfasernetzen keine objektive technologische Notwendigkeit vorliegt, den Netzabschlusspunkt an einem anderen Punkt als „Point A“ (= passiver Netzabschlusspunkt) zu verorten und führt dies in seinen „Nota van bevindingen - Beleidsregel handhaving Besluit eindapparaten (bepaling van het netwerkaansluitpunt en de vrije keuze van eindapparaten)“¹⁶ (im Folgenden „Nota van bevindingen“) wie folgt aus:

“The free choice of terminal equipment is an important objective in (European) regulations. In establishing this policy rule, ACM has followed the BEREC Guidelines on Common Approaches to the Identification of the Network Termination Point in different Network Topologies.”¹⁷

und

The ACM is of the opinion that **for each connection technology referred to, there has been no objective technical necessity** such that the network termination point should have been defined at a point other than point A.”¹⁸ [Hervorhebung durch den Autor]

Die ACM hat sich eingehend mit den verschiedenen Positionen der unterschiedlichen Stakeholder – darunter auch diverse Betreiber von passiven optischen Netzen - auseinandergesetzt („[...] ACM held talks with several providers and manufacturers of terminal equipment or representatives of these parties [...]“¹⁹ und „[...] the views submitted by all parties have been taken into account in the policy rule and explanatory memorandum“²⁰) - mit dem Ergebnis, dass es keinen objektiven technologischen Grund für einen anderen Netzabschlusspunkt als „Point A“ gibt.²¹

Es ist daher nicht ersichtlich, warum für Deutschland eine andere Regelung erforderlich wäre.

2.1.2. Belgien, Belgisches Institut für Postdienste und Telekommunikation (BIPT)

Die nationale Regulierungsbehörde Belgiens, das Belgische Institut für Postdienste und Telekommunikation (BIPT), hat ebenfalls kürzlich (Ende des Jahres 2022) den Prozess zur regulatorischen Festlegung des Netzabschlusspunktes begonnen. In seiner „Draft decision [...] concerning identification of the network termination point for broadband and TV services“²² (im Folgenden „Draft NTP decision“) kommt das BIPT zu dem Schluss, dass „[t]he network termination point for fixed networks is located at point A. This leads to modems, routers and STBs being part of the terminal equipment and thus freely selectable“²³.

¹⁶ Siehe Autoriteit Consument & Markt (ACM): „Nota van bevindingen - Beleidsregel handhaving Besluit eindapparaten (bepaling van het netwerkaansluitpunt en de vrije keuze van eindapparaten)“, ACM/UIT/558420, <https://www.acm.nl/sites/default/files/documents/nota-van-bevindingen.pdf>; eigene Übersetzung

¹⁷ ACM: „Nota van bevindingen“, 1.3, II.

¹⁸ ACM: „Nota van bevindingen“, 2.4, II.

¹⁹ ACM: „Nota van bevindingen“, Einleitung

²⁰ Ebd.

²¹ siehe ACM: „Nota van bevindingen“, Einleitung und 2.4, II.

²² Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie (BIPT): „Ontwerpbesluit van de Raad van het BIPT van Dag maand jaar betreffende de identificering van het netwerkaansluitpunt voor de breedbanddiensten en TV-diensten“, https://www.bipt.be/file/cc73d96153bbd5448a56f19d925d05b1379c7f21/53ac3b749c235e2cb7f5576229a6f83bc618d1b1/raadpleging_ontwerpbesluit_identificering_netwerkaansluitpunt_breedbanddiensten_tv-diensten.pdf, eigene Übersetzung

²³ BIPT: „Draft NTP decision“, 140.

Bei der „Draft NTP decision“ handelt es sich – wie auch in den Niederlanden – um einen technologieneutralen Regulierungsentwurf, der explizit nicht zwischen verschiedenen Breitbandtechnologien unterscheidet, nachdem die einzelnen Breitband-Zugangstechnologien (Glasfaser PON, DSL und DOCSIS) betrachtet und geprüft wurden.

Vor seiner Entscheidung, die Festlegung des Netzabschlusspunktes an „Point A“ vorzusehen, hat das BIPT im Einklang mit den BEREC NTP Guidelines ebenfalls eine Analyse der sechs objektiven technologischen Notwendigkeiten und ihrer Vereinbarkeit mit einem Netzabschlusspunkt an „Point A“ durchgeführt.

Die Ergebnisse des BIPT mit Blick auf die einzelnen objektiven technologischen Notwendigkeiten sind jeweils unter den entsprechenden Punkten unserer Analyse/Bewertung (2.4.1. bis 2.4.6.) zu finden.

2.2. Konformität der Festlegung des Netzabschlusspunktes mit den rechtlichen Vorgaben

Laut BEREC NTP Guidelines ist es erforderlich, dass die Definition des Netzabschlusspunktes konform mit den rechtlichen Vorgaben (Richtlinien, Verordnungen und Gesetzen) auf nationaler und EU-Ebene ist.

Der „passive Netzabschlusspunkt“, der nach § 73 Abs. 1 TKG seit dem Jahr 2016 der rechtlich verbindliche Regelfall für alle Teilnehmeranschlüsse in Deutschland ist, ist sowohl zur nationalen als auch europäischen Gesetzgebung konform.

In der nachfolgenden Tabelle zeigen wir, dass der passive Netzabschlusspunkt Gf-TAE den gesetzlichen Vorschriften auf nationaler und europäischer Ebene entspricht und weisen gleichzeitig nach, dass für PON ein Netzabschlusspunkt, der sich aus den teilnehmerseitigen Schnittstellen eines ONT bildet, nicht ohne weiteres gesetzeskonform ist.

	Passiver Netzabschlusspunkt Gf-TAE in PON („Point A“)	Teilnehmerseitige Schnittstellen eines PON-ONT („Point B“)
<p>§ 3 Nr. 32 TKG (Begriffsbestimmungen)</p> <p>„32. „Netzabschlusspunkt“ der physische Punkt, an dem einem Endnutzer der Zugang zu einem öffentlichen Telekommunikationsnetz bereitgestellt wird; in Netzen, in denen eine Vermittlung oder Leitwegebestimmung erfolgt, wird der Netzabschlusspunkt anhand einer bestimmten Netzadresse bezeichnet, die mit der Nummer oder dem Namen eines Endnutzers verknüpft sein kann;“</p>	<p>Ist konform zu § 3 Nr. 32 TKG.</p> <p>Die passive Glasfaseranschlussdose Gf-TAE stellt den Zugang zum „öffentlichen Telekommunikationsnetz“ bereit [Hervorhebung durch den Autor].</p> <p>Das TKG definiert in § 3 Nr. 65 das „Telekommunikationsnetz“ als „die Gesamtheit von Übertragungssystemen [...], die die Übertragung von Signalen über Kabel, Funk, optische und andere elektromagnetische Einrichtungen ermöglichen [...]“.</p>	<p>Konformität zu § 3 Nr. 32 TKG ist fragwürdig.</p> <p>Die passive Infrastruktur von Glasfasernetzen in Gebäuden sieht in jedem Fall eine passive Glasfaseranschlussdose Gf-TAE in den Räumlichkeiten der Endnutzerinnen und Endnutzer auf Basis von EN 50700 vor.</p> <p>Diese passive Glasfaseranschlussdose ist der erste physische Punkt in den Räumlichkeiten der Nutzerinnen und Nutzer, an dem der Zugang zum öffentlichen Telekommunikationsnetz</p>

	<p>Es sei darauf hingewiesen, dass in § 3 Nr. 32 TKG <u>nicht</u> der Zugang zu Telekommunikations<u>diensten</u>, die in Einklang mit § 3 Nr. 61 TKG „in der Regel gegen Entgelt <u>über</u> Telekommunikations<u>netze</u> erbrachte Dienste“ [Hervorhebung durch den Autor] auf Netze aufsetzen, gemeint ist.</p> <p>Das Telekommunikations<u>netz</u> ist damit physisch zu interpretieren, gerade auch im Unterschied zu Telekommunikationsdiensten.</p> <p>In der Sprache des ISO/OSI-Schichtenmodells bedeutet der Zugang zum physischen PON auch den Zugang zur physischen Übertragungsschicht (physical layer) des PON.²⁴</p>	<p>bereitgestellt wird. Er erfüllt bereits alle Anforderungen an einen Netzabschlusspunkt.</p> <p>An diesem physischen Punkt soll der ONT angeschlossen werden. Die teilnehmerseitigen Schnittstellen des ONT bilden dann zwar physische Punkte, die jedoch nicht, wie gefordert, für den Zugang zum öffentlichen Telekommunikations<u>netz</u> (physical layer des PON) darstellen, sondern zu vom ONT ausgewählten Telekommunikations<u>diensten</u>.</p> <p>Der Zugang zu den Diensten erfolgt dann auf den ISO/OSI-Schichten oberhalb des „physical layer“.</p> <p>Damit erfüllt „Point B“ nicht die Konformitätsanforderungen an den Netzabschlusspunkt.</p>
<p>§ 3 Nr. 42 TKG (Begriffsbestimmungen)</p> <p>„42. „öffentliches Telekommunikationsnetz“ ein Telekommunikationsnetz, das ganz oder überwiegend der Erbringung öffentlich zugänglicher Telekommunikationsdienste dient, die die Übertragung von Informationen zwischen Netzabschlusspunkten ermöglichen;“</p>	<p>Ist konform zu § 3 Nr. 42 TKG.</p> <p>Jede/r Teilnehmer/in hat einen einzigen Netzabschlusspunkt.</p>	<p>Konformität zu § 3 Nr. 42 TKG ist fragwürdig.</p> <p>Teilnehmerinnen und Teilnehmer hätten einen Anschluss, aber potentiell für jeden Dienst einen eigenen Netzabschlusspunkt, d.h. es gäbe mit ONT nicht „das eine“ PON, sondern eine Vielzahl von nach Diensten getrennte Netze.</p>
<p>§ 3 Nr. 58 TKG (Begriffsbestimmungen)</p> <p>„58. „Teilnehmeranschluss“ der physische von Signalen benutzte Verbindungspfad, mit dem der Netzabschlusspunkt mit einem Verteilerknoten oder mit einer gleichwertigen Einrichtung in festen öffentlichen</p>	<p>Ist konform zu § 3 Nr. 58 TKG.</p> <p>Der Teilnehmeranschluss reicht vom Netzabschlusspunkt Gf-TAE bis zu einem Splitter im PON oder bis zum OLT.</p>	<p>Konformität zu § 3 Nr. 58 TKG ist problematisch.</p> <p>Der ONT wäre dann der „Verteilerknoten“ oder eine „gleichwertige Einrichtung“. Eine Verteilung zwischen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern findet aber am ONT nicht statt.</p>

²⁴ Siehe ITU-T Recommendation X.200: "Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model", 7.7.2 (Physical Layer, Purpose): "The Physical Layer provides the mechanical, electrical, functional and procedural means to activate, maintain, and de-activate physical-connections for bit transmission between data-link-entities. [...]"

<p>Telekommunikationsnetzen verbunden wird;“</p>		<p>Darüber hinaus wäre der Teilnehmeranschluss dann der nur wenige Millimeter lange Pfad von der Elektronik des ONT bis zu seinen physischen Buchsen der teilnehmerseitigen Schnittstellen, die den Netzabschlusspunkt bilden. Dies widerspricht dem Sinn und Zweck der Definition des Begriffs „Teilnehmeranschluss“.</p>
<p>§ 3 Nr. 57 TKG (Begriffsbestimmungen)</p> <p>„57. „Teilabschnitt“ eine Teilkomponente des Teilnehmeranschlusses, die den Netzabschlusspunkt am Standort des Endnutzers mit einem Konzentrationspunkt oder einem festgelegten zwischengeschalteten Zugangspunkt des öffentlichen Festnetzes verbindet;“</p>	<p>Ist konform zu § 3 Nr. 57 TKG.</p> <p>Der Teilabschnitt reicht vom Netzabschlusspunkt Gf-TAE bis zu einem Splitter im PON oder bis zum OLT.</p>	<p>Konformität zu § 3 Nr. 58 TKG ist problematisch.</p> <p>Der ONT wäre der „Konzentrationspunkt“. Eine Konzentration findet aber am ONT nicht statt.</p> <p>Darüber hinaus wäre der Teilabschnitt der wenige Millimeter lange Pfad vor der inneren Elektronik des ONT bis zu seinen physischen Buchsen, die den Netzabschlusspunkt bilden. Dies widerspricht allerdings dem Sinn und Zweck der Definition des Begriffs „Teilabschnitt“.</p>
<p>§ 3 Nr. 62 TKG (Begriffsbestimmungen)</p> <p>„62. „Telekommunikationsendeinrichtung“ eine direkt oder indirekt an die Schnittstelle eines öffentlichen Telekommunikationsnetzes angeschlossene Einrichtung zum Aussenden, Verarbeiten oder Empfangen von Nachrichten oder Daten; sowohl bei direkten als auch bei indirekten Anschlüssen kann die Verbindung über elektrisch leitenden Draht, über optische Faser oder elektromagnetisch hergestellt werden; bei einem indirekten Anschluss ist zwischen Telekommunikationsendeinrichtung und Schnittstelle des öffentlichen</p>	<p>Ist konform zu § 3 Nr. 62 TKG.</p> <p>Telekommunikationsendeinrichtungen sind dann alle Geräte, die über die „optische Faser“ an die Gf-TAE des optischen Zugangsnetzes ‚PON‘ angeschlossen werden.</p> <p>Telekommunikationsendeinrichtungen sind dann z.B. ONT, also Glasfasermodems, Integrated Access Devices (IAD) mit Glasfasermodem, Telekommunikationsanlagen mit GPON-Anschluss, Glasfaser-Router, Alarmierungsanlagen für GPON, Telefone für den Glasfaseranschluss, IoT-Gateways für PON usw.</p>	<p>Steht in Konflikt mit § 3 Nr. 62 TKG.</p> <p>Telekommunikationsendeinrichtungen für das optische Zugangsnetz ‚PON‘ werden in diesem Fall nicht über die „optische Faser“, sondern über „elektrischen Draht“ angeschlossen.</p> <p>Der Anschluss einer Telekommunikationsendeinrichtung an das PON muss daher „indirekt“, mittels des Geräts ‚ONT‘ erfolgen. Dies aber widerspricht der entsprechenden TCAM-Festlegung, dass optische/elektrische Übertragung nicht durch Durchkontaktieren erfolgt.²⁵</p>

²⁵ European Commission, Enterprise and Industry Directorate-General, TCAM Secretariat: „Application of the R&TTE Directive to indirectly connected equipment and to equipment with LAN Ports“, 01 February 2021 (siehe Anhang C.): „Only equipment that is physically through-connected to such interfaces is considered to be indirectly connected;“

<p>Telekommunikationsnetzes ein Gerät geschaltet;“</p>	<p>Dies ist konform mit dem „natürlichen“ Verständnis eines Telekommunikationsendgeräts, nämlich einem Produkt zum Anschluss an die Telekommunikationsanschlussleitung.</p> <p>Unzweifelhaft werden auch genau diejenigen Produkte, die sich selbst als Telekommunikationsendeinrichtung bezeichnen, an den passiven Netzabschlusspunkt angeschlossen.</p> <p>Ein indirekter Anschluss über passive Geräte wie optische Splitter oder Faserverlängerungen ist möglich.</p>	<p>Wenn die teilnehmerseitige Schnittstelle des ONTs zum Beispiel Ethernet wäre, dann würden die daran angeschlossenen Geräte, wie bspw. PCs, Fernseher, Drucker oder Kühlschränke, zu Telekommunikationsendgeräten im Sinne des TKG bzw. der Richtlinie 2008/63/EG. Dies widerspricht sowohl den Festlegungen des TCAM als auch jeglichem Sinn und Zweck des TKG.</p>
<p>§ 74 Abs. 1 & 2 TKG (Schnittstellenbeschreibungen der Betreiber öffentlicher Kommunikationsnetze)</p> <p>„(1) Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze sind verpflichtet, 1. angemessene und genaue technische Beschreibungen ihrer Netzzugangsschnittstellen bereitzustellen und zu veröffentlichen sowie der Bundesnetzagentur unmittelbar mitzuteilen und [...]“</p> <p>„(2) Die Schnittstellenbeschreibungen müssen hinreichend detailliert sein, um den Entwurf von Telekommunikationsendeinrichtungen zu ermöglichen, die zur Nutzung aller über die entsprechende Schnittstelle erbrachten Dienste in der Lage sind. [...]“</p>	<p>Die Beschreibung der Netzzugangsschnittstelle ist einfach zu erstellen, von den Herstellern von Telekommunikationsendgeräten leicht umsetzbar und von der Bundesnetzagentur gut zu prüfen.</p> <p>Sie umfasst den Verweis auf die ITU-T G-Reihe für PON sowie die Konfiguration der Abbildung auf alle über die entsprechende Schnittstelle erbrachten netzseitigen Dienste, wie z.B. Internetzugang, Telefonie, IPTV oder IoT; Beschreibungen der Umsetzung der Dienste in den nutzerseitigen Schnittstellen der Telekommunikationsendgeräte sind nicht erforderlich.</p>	<p>Die Beschreibungen der Schnittstellen sind aufwändiger zu erstellen, verhindern potentiell die uneingeschränkte Nutzung aller Dienste und erschweren Herstellern von Telekommunikationsendgeräten und ihren Kundinnen und Kunden potentiell die Verwendung integrierter Endgeräte.</p> <p>Während für ITU-T PON eine sehr gute Standardisierung und geprüfte Interoperabilität zwischen Netz und Endgerät besteht, liegt keinerlei entsprechende Standardisierung für ONT vor.</p> <p>Viele Telekommunikationsanbieter werden voraussichtlich „auf eigene Faust“ unterschiedliche Ausprägungen und Kombinationen von teilnehmerseitigen Schnittstellen des ONT anwenden (mit/ohne Telefonie, IPTV, IoT usw.). Dies erhöht den Aufwand für die Beschreibung dieser physischen Schnittstellen.</p> <p>Die Beschreibung solcher Schnittstellen wäre Jahrzehnte</p>

		<p>nach der Migration zu ALL-IP geradezu anachronistisch.</p> <p>Für die Hersteller von Telekommunikationsendgeräten wird der Entwurf von Endgeräten, die die künstlich getrennten Schnittstellen wieder zusammenführen (IAD), schwieriger.</p>
<p>Art. 3 Abs. 1 der Verordnung (EU) 2015/2120</p> <p>„Endnutzer haben das Recht, [...] Endgeräte ihrer Wahl zu nutzen.“</p>	<p>Ist konform zu Art. 3 Abs. 1 der Verordnung (EU) 2015/2120.</p> <p>Der passive Netzabschlusspunkt ermöglicht die maximale Freiheit der Endnutzerinnen und Endnutzer bei der Auswahl der Endgeräte für den Internetzugang.</p>	<p>Ist nicht konform zu Art. 3 Abs. 1 der Verordnung (EU) 2015/2120.</p> <p>Seit jeher stellen Modems (analoge Modems, ADSL-Modems, VDSL-Modems, Kabelmodems, Mobilfunkmodems und Glasfasermodems) den Internetzugang her. Wären diese Teil des öffentlichen Telekommunikationsnetzes und damit unter Hoheit des Netzbetreibers, wäre eine freie Wahl der Endnutzerinnen und Endnutzer nicht möglich.</p> <p>Der PON-ONT ist als Glasfasermodem zu betrachten und stünde in Konflikt mit Art. 3 Abs. 1 der Verordnung (EU) 2015/2120.</p>
<p>Richtlinie 2008/63/EG</p>	<p>Ist konform zu Richtlinie 2008/63/EG.</p> <p>Der passive Netzabschlusspunkt ist die notwendige Voraussetzung für einen freien, wettbewerblichen Endgerätemarkt – auch für PON – in Deutschland. Damit erfüllt er die Ziele der Richtlinie über den Wettbewerb auf dem Markt für Telekommunikationsendeinrichtungen und schafft eine hervorragende und zukunftsfeste Grundlage für die Weiterentwicklungen im Glasfaserzeitalter.</p>	<p>Ist nicht konform zu Richtlinie 2008/63/EG.</p> <p>Ziel der Richtlinie über den Wettbewerb auf dem Markt für Telekommunikationsendeinrichtungen ist die Abschaffung bzw. Verhinderung von „besonderen oder ausschließlichen Rechten“²⁶ im Bereich von Telekommunikationsendeinrichtungen, um Wahlfreiheit zu ermöglichen und den europäischen Binnenmarkt für diese Geräte zu stärken.</p> <p>Diejenigen Akteure, die einen ONT als Netzabschlusspunkt einsetzen wollen, erhalten „besondere oder</p>

²⁶ Vgl. Erwägungsgrund (2) der Richtlinie 2008/63/EG über den Wettbewerb auf dem Markt für Telekommunikationsendeinrichtungen

		ausschließliche Rechte“ und schränken ein bzw. verhindern letztlich einen freien Warenverkehr für Telekommunikationsendeinrichtungen in Europa – einem Grundpfeiler und -Interesse der Europäischen Union.
<p>Art. 105 Abs. 1 der Richtlinie (EU) 2018/1972</p> <p>„[...] Ratenzahlungsverträge für die Bereitstellung einer physischen Verbindung umfassen keine Endgeräte wie Router oder Modems [...]“</p> <p>wobei</p> <p>Art. 2 Nr. 41 der Richtlinie (EU) 2018/1972 festhält: „Endeinrichtung“: Eine Endeinrichtung im Sinne von Artikel 1 Absatz 1 der Richtlinie 2008/63/EG [...] der Kommission“</p>	<p>Ist konform zu Art. 105 Abs. 1 der Richtlinie (EU) 2018/1972.</p> <p>Die Richtlinie ordnet Modems als „Endgeräte“ („terminal equipment“) ein, deren Definition identisch zu der der „Telekommunikationsendeinrichtung“ des TKG ist.</p> <p>Daraus folgt streng logisch, dass der Netzabschlusspunkt am „Point A“ sein muss.²⁷</p> <p>Am passiven Netzabschlusspunkt angeschlossen, haben Glasfasermodems (also ONT) oder Glasfaserrouter die Rolle eines Telekommunikationsendgeräts.</p>	<p>Ist nicht konform zu Art. 105 Abs. 1 der Richtlinie (EU) 2018/1972.</p> <p>Der ONT ist als Glasfasermodem einzuordnen, das nach der Richtlinie (EU) 2018/1972 als Telekommunikationsendgerät klassifiziert wird.</p> <p>Damit ist der ONT als Netzabschlusspunkt im Widerspruch zur Richtlinie (EU) 2018/1972.</p>

Fazit zur Konformität der Festlegung des Netzabschlusspunktes mit den rechtlichen Vorgaben

Nur ein passiv ausgeführter Netzabschlusspunkt, der eine direkte Verbindung des Telekommunikationsendgeräts mit dem Übertragungsmedium PON herstellt, ist mit allen telekommunikationsrechtlichen Anforderungen konform. Eine teilnehmerseitige Schnittstelle eines ONT ist hingegen nicht mit den telekommunikationsrechtlichen Anforderungen vereinbar.

Daher ist einem Antrag auf Ausnahme von Glasfaser-PON-Anschlüssen vom passiven Netzabschlusspunkt nach § 73 Abs. 2 TKG schon aus rechtlicher Sicht nicht stattzugeben.

Als weiterer Hintergrund und zur Einordnung: Die Festlegung, dass ein Netzabschlusspunkt „passiv“ ausgeführt werden muss, ist Voraussetzung für die Existenz des Markts für Telekommunikationsendeinrichtungen in Deutschland und der EU.

Dieser freie Binnenmarkt hat in der EU eine rechtliche Tradition: Bereits im Jahr 1977 kam eine Studie des Wiesbadener Instituts für Kommunikationstechnologie und Systemforschung (IKS) zu dem Schluss, dass das damalige Monopol der Post die Innovation bei der Telekommunikation ausbremse und sie

²⁷ Vgl. Siegmund, Prof. Dr.-Ing. Gerd: „Gutachten zur Anschaltung von Endeinrichtungen“, Technische Hochschule Nürnberg, 2019, siehe Anhang D.

darauf verzichten sollte, ein Lieferungsmonopol für DFÜ-Modems aufzubauen und sich vollständig aus diesem Markt zurückzuziehen.²⁸

Die EU und Deutschland verfolgen seit der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes - beginnend mit dem „Green Paper on the Development of the Common Market for Telecommunications Services and Equipment“ über die Richtlinie 88/301/EWG über den Wettbewerb auf dem Markt für Telekommunikations-Endgeräte bis hin zur Richtlinie 1999/5/EG über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen und die gegenseitige Anerkennung ihrer Konformität („R&TTE“) sowie die Richtlinie 2008/63/EG über den Wettbewerb auf dem Markt für Telekommunikationsendeinrichtungen - eine Aufteilung des Telekommunikationsmarktes in Diensteanbieter und Endgeräte; der Markt für Endgeräte ist damit unabhängig von dem Markt für Dienste.

Was den Erfolg der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes und des Endgerätemarktes im Speziellen betrifft, sprechen die technologischen Entwicklungen und Innovationen seitdem für sich.

Ganz grundlegend verankert und in allem 27 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union rechtlich verbrieft wurde die freie Endgerätewahl für Nutzerinnen und Nutzer dann auch nochmal im Rahmen der Verordnung (EU) 2015/2120 über Maßnahmen zum Zugang zum offenen Internet. Diese sichert in Art. 3 Abs. 1 Endnutzerinnen und Endnutzern explizit das „Recht [zu], [...] Endgeräte ihrer Wahl zu nutzen“.

Ebenfalls im Jahr 2015 hat der deutsche Gesetzgeber mit dem einstimmig beschlossenen „Gesetz zur Auswahl und zum Anschluss von Telekommunikationsendgeräten“ rechtlich verbindlich klargestellt, dass die Netzzugangsschnittstelle beim passiven Netzabschlusspunkt zu verorten ist und damit die Entscheidung darüber, welche Geräte hinter diesem passiven Netzabschlusspunkt angeschlossen werden, grundsätzlich dem Endkunden obliegen soll. Diese Entscheidung wurde bewusst technologieneutral gehalten und stellte klar, dass alle Arten von Endgeräten von der Liberalisierung erfasst sind und Telekommunikationsendgeräte an das öffentliche Telekommunikationsnetz angeschlossen werden dürfen – mit dem Ziel, den Wettbewerb auf dem Endgerätemarkt zu stärken und für die Verbraucherinnen und Verbraucher die Wahlfreiheit zu gewährleisten.

Mit der Verabschiedung des Telekommunikationsmodernisierungsgesetzes im Jahr 2021 wurde die freie Endgerätewahl in Deutschland einmal mehr bestätigt: die passive Anschlussdose an der Wand als Netzabschlusspunkt gilt weiterhin unabhängig von der Breitbandtechnologie und damit auch für Glasfaseranschlüsse.

2.3. Auswirkungen auf den Markt für Telekommunikationsendgeräte

Die BEREC NTP Guidelines sehen eine Prüfung der Auswirkungen der Festlegung eines Netzabschlusspunkts auf den Markt für Telekommunikationsendgeräte insbesondere auch aus wettbewerblicher Sicht vor.

²⁸ Vgl. Computerwoche (Archiv): „Kritische Studie zum Innovationsdefizit bei der Telekommunikation - Bundespost soll DFÜ-Modem-Monopol aufgeben“, 09.09.1977

BEREC konkludiert in seinen NTP Guidelines zu Recht, dass der Netzabschlusspunkt am „Point A“ (der dem passiven Netzabschlusspunkt aus dem TKG entspricht) Innovation und Wettbewerb auf dem Markt für Telekommunikationsendgeräte am meisten stärkt.²⁹

In den letzten Jahren hat der passive Netzabschlusspunkt für PON zu einem bemerkenswert regen Wettbewerb und einer Vielfalt an Telekommunikationsendgeräten in Deutschland geführt. Dies fördert die Wahlfreiheit der Endnutzerinnen und Endnutzer über die Endgeräte für den Anschluss an die passiven optischen Glasfasernetze. Wir verweisen hier auf „B) Markt für frei im Handel erhältliche PON-Endgeräte in Deutschland, Europa, den USA und China sowie eine Übersicht über vergleichbare Produkte, die von Providern vertrieben/bereitgestellt werden“ in Anhang A.

Mitgliedsunternehmen des VTKE berichten, dass der freie Markt für PON-Produkte in Deutschland stark wächst und in den letzten drei Jahren eine sechsstellige Zahl von Geräten für den Glasfaseranschluss über den deutschen Handel an Privat- und Firmenkunden verkauft wurde. Es besteht also eine deutliche Nachfrage der Endnutzerinnen und Endnutzer.

Zu entsprechenden Ergebnissen kommt auch eine repräsentative Umfrage des VTKE aus dem vergangenen Jahr: Deutlich mehr als Dreiviertel (81 Prozent) der Befragten aus Deutschland ist die Entscheidungsfreiheit über das Endgerät an ihrem Breitbandanschluss eher oder sehr wichtig; die Hälfte der Befragten nutzt aktuell zu Hause ein selbstgekauftes Endgerät, nur 45 Prozent mieten ein Gerät von ihrem Provider.³⁰

Eine ausführliche Darstellung der Endgeräte-Angebote für den Glasfaser-Markt in Deutschland hat der VTKE bereits im Herbst 2022 veröffentlicht (siehe Anhang A).³¹ Auf diese Ausführungen möchten wir an dieser Stelle ausdrücklich verweisen; sie sind nach wie vor gültig und belegen die Notwendigkeit, den funktionierenden offenen und freien Markt für Telekommunikationsendgeräte zu bewahren.

Nur wenn für PON der Netzabschlusspunkt weiterhin als „passiv“ festgelegt bleibt,

- Gibt es einen freien Markt für Endgeräte, die im Wettbewerb um Qualität und Leistungsmerkmale um den Kunden werben und Transparenz und Sicherheit überhaupt erst ermöglichen.
- Können Anwenderinnen und Anwender, je nach Bedarf, sowohl ihren Provider als auch Endgeräte für ihren Anschluss einfach wechseln.
- Besteht eine Diversität an Endgeräten verschiedener Hersteller, die an den Netzen verschiedener Telekommunikationsdiensteanbieter eingesetzt werden und so die Interoperabilität und Wettbewerb im Ganzen fördern.
- Ist es Herstellern von Endgeräten möglich, vollständig integrierte Endgeräte mit optimalem Energieverbrauch und Leistungsmerkmalen anzubieten.
- Ist es Herstellern von Endgeräten möglich, vorhandene Dienste optimal zu nutzen und neue Leistungsmerkmale zu entwickeln.

²⁹ siehe BEREC NTP Guidelines, Guideline 47.

³⁰ Repräsentative Umfrage des Verbunds der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE), durchgeführt vom Marktforschungsinstitut Kantar in der Zeit vom 3. bis 7. Februar 2022, https://vtke.eu/wp-content/uploads/2022/03/220329-VTKE_Ueberblick_VTKE-Umfrage-zur-Endgeraetefreiheit.pdf

³¹ Siehe Verbund der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE): „Erläuterungen und Hintergrundinformationen zur Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes nach § 73 Abs. 1 TKG in FTTH-Netzen“, 16.08.2022, <https://vtke.eu/wp-content/uploads/2023/08/Erlaeuterungen-und-Hintergrundinformationen-zur-Umsetzung-eines-passiv-Netzabschlusspunktes-in-FTTH-Netzen.pdf>, Anhang A.

Die genannten Aspekte werden sowohl im Festnetz (Glasfaser-PON, DSL, Kabel) als auch im Mobilfunk bereits seit langem vollständig umgesetzt; sie sind entscheidend für die bemerkenswerten Entwicklungen und eindrucksvollen Innovationen in diesem Bereich.

Bei Abweichung vom passiven Netzabschlusspunkt für PON,

- Müssen Endnutzerinnen und Endnutzer immer ein elektronisches Gerät im Eigentum und in der Hoheit des PON-Netzbetreibers in seinen Räumen betreiben.
- Ist dieses elektronische Gerät - egal ob ONT/Modem, Router oder IAD - immer proprietär, zwingend notwendig, nicht austauschbar und nicht von den Endnutzerinnen und Endnutzern kontrollierbar.
- Ist die digitale Souveränität der Kundinnen und Kunden eingeschränkt.
- Bildet sich eine Monokultur heraus, die sich negativ auf Innovation, IT-Sicherheit und Interoperabilität auswirkt.
- Steigt der Anteil öffentlicher Telekommunikationsnetze, die auf herstellerproprietärer Übertragungstechnik beruhen; dabei bündeln Hersteller den Verkauf von Netzwerkinfrastruktur mit dem von Endgeräten. Dies ist nicht im Sinne von Diversität, Interoperabilität und Wahlfreiheit.
- Die Kombination aus ONT und einem weiteren Endgerät (Router) ist nicht zukunftsfähig – das haben alle anderen Breitband-Verbindungstechnologien belegt: Weder DSL- noch Kabelmodems sind heute noch gebräuchlich. Es besteht die Sorge, dass Anbieter, die heute einen ONT fordern, in Zukunft einen integrierten Glasfaser-Router liefern. Wie die Verbände ebenfalls anführen, kann dieser integrierte Router auch im „Bridge-Modus“ als Modem betrieben werden. Damit wären dann zwei leistungsfähige und entsprechend strombedürftige Endgeräte mit dem Anschluss verbunden.

Fazit zu den Auswirkungen auf den Markt für Telekommunikationsendgeräte

Wie vorangehend dargelegt, kann aus wettbewerblicher Sicht – im Einklang mit den Zielen des entsprechenden europäischen Rechtsrahmens - nur ein Netzabschlusspunkt an „Point A“ eine freie Endgerätewahl gewährleisten sowie sicherstellen, dass die Nutzerinnen und Nutzer dadurch den vollen Nutzen aus dem technischen Fortschritt auf diesem Gebiet ziehen können und ein freier Warenverkehr für Telekommunikationsendeinrichtungen und damit offener Wettbewerb im Markt gewährleistet ist.³²

2.4. Keine „objektive technische Notwendigkeit“ für Ausnahmen vom passiven Netzabschlusspunkt bei PON

Im Folgenden weisen wir nach, dass der in den BEREC NTP Guidelines als „Point A“ bezeichnete, seit mehr als sieben Jahren in § 73 Abs. 1 TKG vorgegebene und praktisch umgesetzte „passive Netzabschlusspunkt“ auch weiterhin für passive optische Netze anwendbar/geeignet ist. Wir zeigen auch keine objektive technologische Notwendigkeit für eine Ausnahmeregelung nach § 73 Abs. 2 TKG vorliegt.

³² vgl. Erwägungsgründe (3) und (4) der Richtlinie 2008/63/EG sowie Art. 3 Abs. 1 der Verordnung (EU) 2015/2120

2.4.1. Interoperability between public network and telecommunications terminal equipment (TTE)

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit einem passiven Netzabschlusspunkt („Point A“) die Interoperabilität zwischen passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten gewährleistet ist. Wir sehen keinerlei Gründe, warum das in der Zukunft nicht auch so sein sollte.

- Die Praxis sowohl in Deutschland als auch in anderen Ländern hat in den vergangenen Jahren gezeigt, dass der direkte Anschluss von im Handel erworbenen Endgeräten an PON im Markt praktisch funktioniert; Interoperabilität ist also ganz offensichtlich gegeben. Anbieter für PON, wie z.B. Deutsche Telekom, Deutsche Glasfaser, Vodafone, 1&1, Telefónica u.v.m., stellen die Schnittstelle am passiven Netzabschlusspunkt bereit. Aktuell haben in Deutschland etwa 22 Anbieter eine Schnittstellenbeschreibung ihrer PON-Anschlüsse im Amtsblatt der Bundesnetzagentur veröffentlicht.³³ Dies belegt die technische Machbar-/Umsetzbarkeit des passiven Netzabschlusspunkts auch in der Praxis. Wir verweisen diesbezüglich auch auf „A) Praktische Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes in Glasfasernetzen, im Besonderen PON“ in Anhang A.
- Die Anzahl der im Handel verkauften und an PON-Glasfasernetzen in Deutschland betriebenen Telekommunikationsendgeräte ist signifikant. Eigenen Angaben zufolge haben die Mitgliedsunternehmen des VTKE allein in Deutschland über den Zeitraum der letzten drei Jahre eine sechsstellige Stückzahl an Endgeräten über den freien Handel verkauft.
- Die Standardisierung von PON ist so gut, dass diese Übertragungstechnik *der* Standard für das Glasfaser-Festnetz mit einem weltweiten Markt mit vielen 100 Millionen Anschlüssen geworden ist. Wir verweisen hier auch auf „C) Status Quo im Hinblick auf PON-Standardisierung, Interoperabilität und Störfestigkeit“ sowie „1. PON: Verbreitung im weltweiten Markt“ in Anhang A.
- Auch wenn PON in Deutschland erst in den letzten Jahren vermehrt zum Einsatz kommen, sind diese bereits seit dem Jahr 2003 durch die ITU-T standardisiert.³⁴ In Ländern wie Spanien oder Frankreich sind PON allerdings bereits seit einigen Jahren weit verbreitet.³⁵ Auch in Deutschland sind PON inzwischen schon mehrere Jahre in Benutzung, bei der Deutschen Telekom beispielsweise seit dem Jahr 2009.³⁶
- Netzbetreiber verfolgen seit jeher eine Multi-Vendor-Strategie für ihre PON- Netzinfrastruktur sowie der PON-Endgeräte (IAD oder ONT) und treiben so die Interoperabilität der PON-Ausrüstung und -Endgeräte voran.
- Konformität zum Standard - also die Grundlage für Interoperabilität - wird durch standardisierte und branchenweit akzeptierte Zertifizierung (z.B. Broadband Forum BBF.247) nachgewiesen.³⁷ Das Broadband Forum hält dazu fest:

³³ Vgl. Verbund der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE): „Schnittstellenbeschreibungen öffentlicher Telekommunikationsnetze in Deutschland“, <https://vtke.eu/service/>

³⁴ Vgl. ITU-T: „G.984.1 : Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): General characteristics; Recommendation G.984.1 (03/03)“, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200303-S/ page.print>

³⁵ Vgl. Telefónica: „Why Spain is a case study for super-fast broadband“, 20/11/2017, aktualisiert 27/09/2022, <https://www.telefonica.com/en/communication-room/blog/why-spain-is-a-case-study-for-super-fast-broadband/>

³⁶ Vgl. Teltarif.de: „Breitband für Glasfaser-Opfer in DD“, 17.11.2008, <https://www.teltarif.de/forum/s16428/breitband-fuer-glasfaser-opfer-in-dd/11.html>

³⁷ Vgl. Broadband Forum: „Testing and Certification Programs / Initiatives“, <https://www.broadband-forum.org/testing-and-certification-programs>

„BBF-247 is part of the global widely accepted industry standards that ensures multi-vendor interoperability, it is a critical program that delivers choice and flexibility for service providers and broadband consumers.

A cornerstone of The Broadband Forum BBF.247 is to publish open standards, certification and test plans that give the ability to choose from differing network equipment (OLTs) and the fiber termination device inside the users building (ONUs). Enabling the fiber broadband deployments and future fiber service upgrades realize true multi-vendor flexibility. Securing the growth of fiber broadband, irrespective of supply chain challenges and ever evolving needs for service differentiation.”³⁸

- Wir verweisen auf "7. Zertifizierung der Konformität zum Standard" und "8. Interoperabilität - organisiert von der Industrie für die Industrie" in den „Anmerkungen zu Kompatibilität und Interoperabilität von Telekommunikationsendgeräten und öffentlichen Telekommunikationsnetzen“ des VTKE.³⁹
- Aktuell sind mehr als 200 Endgeräte durch BBF.247 zertifiziert.⁴⁰
- Um die Interoperabilität zu verbessern, kann und soll ein Betreiber eines öffentlichen Telekommunikationsnetzes auch besondere Eigenschaften seiner PON-Schnittstelle am Netzabschlusspunkt beschreiben. Die Empfehlungen zur Umsetzung der Veröffentlichungspflichten für Schnittstellenbeschreibungen des ATRT der Bundesnetzagentur geben auch für den „physical layer“ Hinweise und Beispiele.⁴¹
- Die allgemeine Markt- und Praxiserfahrung zeigt, dass die deutschen Glasfasernetze, einschließlich PON, und alle im wettbewerblichen Markt verbreiteten und eingesetzten Endgeräte generell eine gute Störungsfreiheit aufweisen.
- In den mehr als sieben Jahren erfolgreicher praktischer Markterfahrung sind die in § 73 Abs. 5 - 7 TKG bestehenden Regelungen zur Verweigerung des Anschlussrechts von störenden Endgeräten weder in Glasfasernetzen noch in vergleichbaren Netzen (wie z.B. DOCSIS) angewendet worden. Die Netzbetreiber meldeten keine Situationen, bei denen Endgeräte nach § 73 Abs. 5 – 7 TKG von PON entfernt werden mussten. Wir verweisen hier auch auf „D) Gute Störungsfreiheit von Endgeräten am passiven Netzabschlusspunkt in PON“ in Anhang A.
- Auch die vier von den Verbänden im „Memorandum – Beispiele für Probleme im GPON durch kundeneigene Geräte“⁴² aufgeführten „Störungsfälle“ belegen deutlich, dass es sich hier

³⁸ Broadband Forum: „BBF.247 Certification – The catalyst to global PON mass deployments“, <https://www.broadband-forum.org/wp-content/uploads/2023/08/BBF.247-GPON-ONU-Products-2023-08-16.pdf>

³⁹ Siehe Verbund der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE): „Erläuterungen und Hintergrundinformationen zur Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes nach § 73 Abs. 1 TKG in FTTH-Netzen“, 16.08.2022, <https://vtke.eu/wp-content/uploads/2023/08/Erlaeuterungen-und-Hintergrundinformationen-zur-Umsetzung-eines-passiv-Netzabschlusspunktes-in-FTTH-Netzen.pdf>, Anhang A.

⁴⁰ Vgl. Broadband Forum: „BBF.247 Certification – The catalyst to global PON mass deployments“, <https://www.broadband-forum.org/wp-content/uploads/2023/08/BBF.247-GPON-ONU-Products-2023-08-16.pdf>

⁴¹ Vgl. ATRT, Projektgruppe „Schnittstellenbeschreibungen gemäß § 41c TKG“: „Praxisleitfaden zur Umsetzung der Veröffentlichungspflichten gemäß § 41c TKG für Schnittstellenbeschreibungen der Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze“, 7.3 Schicht 1 – Bitübertragungsschicht (Physical Layer):

„Soweit die Verfahren zur Datenübertragung auf Telefonleitungen, Koaxialkabeln und Glasfasern auf Standards bzw. Normen oder öffentlichen proprietären Spezifikationen basieren, genügt es, auf diese zu referenzieren.

In diesem Fall ist die Angabe der Parametrisierung bzw. Auswahl von Protokoll- oder Konfigurationsoptionen der Standards bzw. Normen oder öffentlichen proprietären Spezifikationen wichtig, sofern diese nicht im Rahmen einer standardkonformen Protokoll-Aushandlung ermittelbar sind.“

⁴² Vgl. „Memorandum - Beispiele für Probleme im GPON durch kundeneigene Geräte“, 15.06.2023, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Telekommunikation/Unternehmenspflichten/Schnittstelle_netzabschluss/DarstellungProbleme.pdf?__blob=publicationFile&v=1 Dokument

lediglich um Einzelfälle handelt. Auch wenn das Ausmaß der jeweiligen Störung nicht konkret benannt wird, ist der Beschreibung zu entnehmen, dass die Vorfälle zeitlich und örtlich eingrenzbar und erkennbar waren. Die grundsätzliche Eignung des Netzabschlusspunkts an „Point A“ wird durch diese Einzelfälle nicht in Frage gestellt.

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit Blick auf die Interoperabilität zwischen passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten keinerlei objektive technologische Notwendigkeit für einen Netzabschlusspunkt an „Point B“ bestand und bestehen wird.

- Nahezu alle dem Verbund bekannten deutschen PON-Anbieter ermöglichen den Anschluss und Betrieb von kundeneigenen Glasfaser-Endgeräten an ihre PON. Dies zeigt die seit nunmehr sieben Jahren bestätigte praktische Mach- und Umsetzbarkeit der Gf-TAE als Netzabschlusspunkt und belegt, dass es keine technologische Notwendigkeit für einen ONT gibt - auch bezüglich der Interoperabilität zum Netz und der darüber erbrachten Diensten.
- Auch die Deutsche Telekom sieht keinerlei Notwendigkeit für die verbindliche Vorgabe eines ONT; bereits vor vier Jahren hielt die Deutsche Telekom dazu fest:

„Stattdessen wird auch die Bundesnetzagentur die Wahlfreiheit im Sinne der Verbraucher beibehalten. Wir unterstützen das und arbeiten – anders als andere Anbieter - daran, auch für Glasfaseranschlüsse die Routerfreiheit umzusetzen. Das ist nicht so einfach, da auf dem Markt für Glasfaser-Router bislang Standardisierungen fehlen und wir zum Teil „händisch“ einzelne Steuerungen korrigieren müssen. Der Glasfaserverband BUGLAS und der Kabelverband ANGA (u.a. Vodafone) verweisen auf diese Probleme. Aus unserer Sicht lassen sich diese lösen – aber eben mit mehr Aufwand, den die Telekom zu betreiben bereit ist.“⁴³

Die Deutsche Telekom verweist 2019 auf „lösbare“ Zusatzaufwände, und eben nicht auf technische Notwendigkeiten. Dies zeigt, dass die regulatorischen Vorgaben zum passiven Netzabschlusspunkt von allen Anbietern technisch umgesetzt werden können und keine objektive, technische Notwendigkeit für einen ONT besteht.

- Angesichts der Tatsache, dass viele deutsche PON-Netzbetreiber einen passiven Netzabschlusspunkt für ihre Kundinnen und Kunden realisieren, ist unklar, warum nun eine objektive technische Notwendigkeit bei anderen Netzbetreibern für eine Abkehr davon bestünde.
- Die passive Anschlussdose Gf-TAE ist laut Norm EN 50700 der Standard in den Räumlichkeiten der Endnutzerinnen und Endnutzer; diese liefert bereits den Zugang zum öffentlichen Netz.⁴⁴ Ein weiteres Gerät, wie z.B. ein ONT, ist dafür nicht notwendig.
- Eine Verlagerung des Netzabschlusspunktes ermöglicht proprietäre Verfahren zwischen Netz und Endgerät, die kurzfristig betriebswirtschaftliche Vorteile bieten könnten, gleichzeitig aber zu Fehlanreizen führen.
- Ein Netzabschlusspunkt an „Point B“ schützt den Netzbetreiber nicht vor Störungen. Der physische Zugriff auf das Endgerät und den Glasfaser-Teilnehmeranschluss (Gf-TA) durch die/den Kundin/Kunden ist – unabhängig von der Frage der Verortung des Netzabschlusspunktes – immer gegeben.

⁴³ Blog.Telekom: „Freie Routerwahl bleibt!“, 18.11.2019, <https://www.telekom.com/de/blog/konzern/artikel/freie-router-wahl-bleibt-586046>

⁴⁴ Vgl. DIN EN 50700: „Informationstechnik - Standortverkabelung als Teil des optischen Zugangsnetzes von optischen Breitbandnetzen“

- In der Anlage zum Verbändeanspruch wird ein Fall eines defekten Endgerätes, das sich negativ auf das PON-Segment ausgewirkt habe, geschildert.⁴⁵ Störungen durch einen Hardwaredefekt sind jedoch unabhängig vom eingesetzten Endgerät und können jederzeit auch mit den vom Provider gestellten ONT auftreten. Ein Hardwaredefekt alleine stellt hier auch keine substantielle Beeinträchtigung des Netzes dar, zumal der Kunde im vorliegenden Fall offensichtlich selbst eine Störung festgestellt hat, weil die Verbindung auch bei ihm nicht mehr hergestellt werden konnte.
- Die teilnehmerseitige Schnittstelle eines ONT wirft neue Interoperabilitätsfragen auf. Mitgliedsunternehmen des VTKE berichten von Interoperabilitätsproblemen zwischen 1 GBit/s-Ethernet-WAN-Anschlüssen eines Routers mit 2,5 GBit/s-Ethernet-LAN-Anschlüssen eines ONTs.
- Obwohl es Standards für die Glasfaserverbindungstechnologien selbst gibt, gibt es keine solchen für einen „ONT“, also dasjenige Gerät, das dann den optischen Netzabschluss darstellt. Die Ausprägung eines ONT ist allerdings durch die ITU-T nicht näher definiert; mögliche Ausprägungen sind hier von einfach (Ethernet-Port) bis hochintegriert (Telefonie, WLAN, Mediaplayer, Festplattenrekorder, etc.).⁴⁶ Daher ist ein Netzabschlusspunkt an „Point B“ nicht über Standards definiert. Interoperabilität auf Basis etablierter Industriestandards (z.B. GPON) ist wesentlich einfacher zu definieren und herzustellen, als Interoperabilität mit einer potentiell beliebigen, undefinierten Schnittstelle („Point B“) eines ONT zum Heimnetz der Nutzerinnen und Nutzer. Eine potentielle Zersplitterung und unübersichtliche Vielfalt an dieser Stelle ist nicht marktförderlich.
- Die von den Verbänden als besonders problematisch beschriebene Gefahr, dass GPON-Geräte Sendezeitslots nicht einhalten, ist nicht zutreffend. Eine Abweichung von den vorgegebenen Zeitslots („Drift“) tritt nämlich auch schon dann auf, wenn sich die Glasfaserleitung erwärmt - unabhängig vom eingesetzten Endgerät. Der Standard sieht daher explizite Maßnahmen zur Synchronisation zwischen OLT und ONT vor.

Fazit zu „interoperability between public network and telecommunications terminal equipment (TTE)“

Es gibt bezüglich der Interoperabilität keine objektive technische Notwendigkeit, vom passiven Netzabschlusspunkt „Point A“ abzuweichen. Die Interoperabilität hat sich im Markt praktisch bewiesen. Das TKG hält die Instrumente ‚Schnittstellenbeschreibung‘ und ‚Abschaltung störender Endgeräte‘ vor, wobei im/das PON störende Endgeräte (basierend auf § 73 Abs. 5 - 7 TKG) bis dato nicht gemeldet wurden.

⁴⁵ Vgl. „Memorandum - Beispiele für Probleme im GPON durch kundeneigene Geräte“, Seite 4f

⁴⁶ Siehe ITU-T G.9807.1 (02/2023): „10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)“, 5.9 Use of the terms ONU and ONT“, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9807.1-202302-l/en>:

“Throughout this Recommendation, as in the earlier ITU-T G.987 series of Recommendations, the network element interfacing the end-user access facilities and the ODN is referred to as an ONU, or an optical network unit, irrespective of the number and type of user interfaces or the depth of fibre deployment. Historically, the term ONT, or optical network terminal/termination, has been used either interchangeably with ONU or with the particular semantics of “an ONU that is used for fibre to the home (FTTH) and includes the user port function” (see [ITU-T G.983.1]), or “a single-subscriber ONU” (see [ITU-T G.984.1] and other Recommendations of the ITU-T G.984 series). This Recommendation follows the latter approach in defining ONT. Note, however, that while this definition captures one established trade interpretation of the term, the concept itself is not used as a part of this Recommendation reference access architecture.

Outside of the scope of [ITU-T G.987] and this Recommendation, alternative interpretations may apply and, therefore, the reader is advised to clarify the exact meaning of the term in each specific context. In particular, in some external contexts, the term ONT may be used generically to refer to any device terminating a leaf of the ODN.”

Auch die niederländische ACM sieht die Instrumente der Schnittstellenbeschreibung und des Abschaltrechts störender Endgeräte mit Blick auf einen Netzabschlusspunkt an „Point A“ bei PON als effektiv an:

“Connecting the wrong or incompatible PON modem will have little or no effect on the rest of end users on that network segment. Connecting a PtP modem to a specific GPON network can possibly lead to malfunctions. On the basis of its policy rule, ACM will therefore supervise the adequate publication of the technical specifications of the network termination point, in such a way that manufacturers can build terminal equipment that is compatible with the networks offered and end users can choose their own chosen terminal equipment and thus purchase the desired services. In this way, ACM guarantees the importance of adequate specification.”⁴⁷

bzw.

“If a chosen modem/router disrupts the network in such a way that the continuity of the service is endangered, the provider may disconnect this user and if the cause lies in the design or software of the self-selected terminal equipment, then the provider can put the terminal equipment on a blacklist.”⁴⁸

In ihrer „Draft NTP decision“ kommt die belgische Regulierungsbehörde mit Blick auf die vorgenannten Punkte zu folgendem zusammenfassenden Schluss:

“Given the ability of operators to protect their network and taking into account the obligation for operators to publish all appropriate technical specifications regarding their interfaces, BIPT considers that interoperability can be ensured if the location of the NTP is defined at point A.”⁴⁹

2.4.2. Simplicity of the operation of the network

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit einem passiven Netzabschlusspunkt („Point A“) der einfache Betrieb von passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten gewährleistet ist. Wir sehen keinerlei Gründe, warum das in der Zukunft nicht auch so sein sollte.

- Die im Feld gebräuchlichen Glasfaser-Standards in PON Netzen sind übersichtlich: gegenwärtig ist dies GPON, künftig vermehrt XGS-PON.
- Die Hersteller auf Seiten des Netzes sowie auf Seiten der Endgeräte beschränken sich auf diese Standards.
- Auch wenn es zahlreiche Anbieter öffentlicher PON gibt, gleichen sich die Netze dennoch, denn es gibt nur sehr wenige Infrastruktur-Hersteller in deutschen Glasfasernetzen (Nokia, Adtran, HUAWEI).
- Auch die Infrastruktur-Geräte gleichen sich bezüglich des physical layers bei PON sehr: es werden wenige unterschiedliche PON-Chipsätze (MaxLinear, Broadcom, Realtek) verwendet und das sowohl für die ONT der Netzbetreiber als auch für kundeneigene Endgeräte. Die PON-Chipsatzhersteller setzen bestmöglich die ITU-T-Standards um.

⁴⁷ Vgl. ACM: „Nota van bevindingen“, 2.1, III.

⁴⁸ Vgl. ebd.

⁴⁹ BIPT: „Draft NTP decision“, 94.

- Selbst in einem Massenmarkt wie dem Mobilfunk werden 90% der verkauften 5G-Smartphones von lediglich drei verschiedenen Chipsatz-Herstellern (Apple, Qualcomm und Mediatek) bedient.⁵⁰
- Der Wettbewerb in einem transparenten, freien Markt (mit Mechanismen wie z.B. Bewertungen bei Onlinehändlern (bspw. Amazon), Stiftung Warentest, usw.) sorgt für hohe Produktqualität und verjüngt die Anzahl der oft an den Netzen eingesetzten Glasfaser-Endgerätemodelle.
- Pro Netzbetreiber muss nur eine Schnittstellenbeschreibung veröffentlicht werden, die die Zugangsvoraussetzungen für die Nutzung der Dienste darstellt. Aufwand und Komplexität sind gering – in der Praxis belegt durch eine Vielzahl an existierenden Schnittstellenbeschreibungen.⁵¹ Die Endgeräte müssen zum Netz passen und nicht das Netz zum Endgerät.
- Als kleinster gemeinsamer Nenner ist der „Point A“ für Kooperationen zwischen Netzbetreibern die einfachste Basis – mit einer standardisierten Schnittstelle (GPON) dahinter. Kooperationen sind zunehmend wichtig⁵², nicht nur bei der Deutschen Telekom, sondern bspw. auch bei BREKO- oder BUGLAS-Mitgliedern⁵³. Für einen Wholesale-Nehmer ist diese Schnittstelle wesentlich einfacher zu bedienen, als verschiedenste Endgeräte für unterschiedliche Vordienstleister vorhalten zu müssen.
- Selbst die Fehler- und Störungsbehandlung auf der Glasfaser erfolgt auf Basis etablierter Telekommunikationsstandards - wie bereits an anderer Stelle⁵⁴ ausführlich dargestellt - so entweder auf unterster Ebene (in PON-Netzen über OMCI) oder auf darüber liegenden Ebenen und Protokollen (TR-069, TR-369 etc.). Hier unterscheidet sich ein kundeneigenes Endgerät nicht von einem durch den Netzbetreiber bereitgestelltes Gerät.
- Egal ob Netzbetreibergerät oder kundeneigenes Endgerät, ein unmittelbarer Zugriff des Netzbetreibers auf das Modem eines PON-Endgerätes ist immer möglich und auch notwendig, da sonst keine Verbindung hergestellt werden kann. Nur wenn der Netzbetreiber die Verbindungsparameter konfigurieren kann, ist eine Verbindung überhaupt erst möglich. Die Kontrolle über das angeschlossene Endgerät verbleibt jederzeit auf der Netzseite (OLT und angeschlossene Systeme auf der Netzseite). Eine zusätzliche Komplexität entsteht an dieser Stelle nicht.

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit Blick auf einfachen Betrieb von passiven optischen Netzen und

⁵⁰ Vgl. OMDIA Blog: „Omdia: MediaTek dominates 4G smartphone chipset market as UniSoC growth slows“, 22.06.2023, <https://omdia.tech.informa.com/blogs/2023/omdia-mediatek-dominates-4g-smartphone-chipset-market-as-unisoc-growth-slows>

⁵¹ Zur Erleichterung der Erstellung einer Schnittstellenspezifikation hat eine Projektgruppe des Ausschusses für technische Regulierung in der Telekommunikation (ATRT) der Bundesnetzagentur unter Beteiligung u.a. von Netzbetreibern und Herstellern von Telekommunikationsendgeräten Empfehlungen zur Umsetzung der Veröffentlichungspflichten für Schnittstellenbeschreibungen der Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze zum Anschluss von Telekommunikationsendgeräten veröffentlicht; siehe „Praxisleitfaden zur Umsetzung der Veröffentlichungspflichten gemäß § 41c TKG für Schnittstellenbeschreibungen der Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze“, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Technik/ATRT/Praxisleitfaden.pdf?__blob=publicationFile&v=3, 13.07.2020

⁵² Deutsche Telekom: „Kooperations-Offensive: Telekom setzt beim Glasfaser-Ausbau verstärkt auf Zusammenarbeit mit regionalen Partnern“, 02.05.2023, <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/kooperations-offensive-1034818>

⁵³ BREKO: „Kooperation bei Glasfaser“, 09.12.2022, <https://www.brekoverband.de/aktuelles/news/branchennews/kooperation-bei-glasfaser/> sowie BUGLAS: „Kooperationen als zentraler Impuls für den Glasfaserausbau“, 22.11.2017, https://buglas.de/fileadmin/user_upload/Praesentation_Infothek_BUGLAS-VATM_22.11.2017.pdf

⁵⁴ vgl. Verband der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE): „Erläuterungen und Hintergrundinformationen zur Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes nach §73 Abs.1 TKG in FTTH-Netzen“ des VTKE, 16.08.2022, Seite 5f

entsprechenden Telekommunikationsendgeräten keinerlei objektive technologische Notwendigkeit für einen Netzabschlusspunkt an „Point B“ bestand und bestehen wird.

- „Point B“ hat Potenzial für Umgehungsmöglichkeiten; so sind uns Fälle bekannt, bei denen einzelne Anbieter durch Einsatz des sogenannten „Bridge-Modus“ oder durch Ausschleifen des „Point B“ anstatt Standalone-Modems dann Integrated Access Devices (IAD) liefern.
- Anders als der eng definierte „Point A“ (siehe 2.) müsste der „Point B“ am ONT (bzw. die „Points B“ für verschiedenen Dienste, die über PON erbracht werden) verbindlich spezifiziert und an jedem Anschluss deutschlandweit verbaut werden, damit der Anschluss an die Glasfaser harmonisiert und damit einfach wäre – sowohl aus Endkundensicht als auch aus Sicht von Diensteanbietern, die mit Netzbetreibern kooperieren.
- Mit einem verbindlichen, deutschlandweit verwendeten ONT verlören nicht nur Endkundinnen und Endkunden, sondern auch Provider die (Wahl-)Freiheit, alternative Produkte für den direkten Anschluss an die Glasfaser einzusetzen oder anzubieten, so etwa auch die bei den Nutzerinnen und Nutzern beliebten IAD. Es erschließt sich uns nicht, in wessen Interesse eine solche Einschränkung sein sollte.
- Das Endgerät, das „Point B“ „anbietet“, verhindert vollständig, dass Wholesale-Nehmer auf einer Vordienstleistung eines anderen Netzbetreibers Informationen zur Leitung selbst erheben können. Die teilnehmerseitige Schnittstelle („Point B“) des ONT liefert absolut keinerlei Information über den physical layer des PON (z.B. ob Signal/Beleuchtung anliegt, Intensität, übertragene Datenmenge, Fehlerzähler, usw.).
- Der ONT als Netzabschlusspunkt verhindert eine effektive Fehlerbehandlung durch einen Dienstleister und verlagert (und verzögert damit) den Fehlerbehandlungs- und -behebungsprozess immer auf den Netzbetreiber. So verlängern sich im Zweifel auch die Ausfallzeiten für die Nutzerinnen und Nutzer.
- Der „Point B“ reduziert die Komplexität auch beim Verfassen einer Schnittstellenbeschreibung nicht, denn es wäre der undefinierten Natur des ONT folgend schwieriger, die benötigten Spezifikationen für den Netzabschluss an „Point B“ zu benennen.
- Es stellt sich auch die Frage, wie ein Endgerätehersteller ein integriertes Endgerät (IAD, Sprache, Daten, ...) herstellen könnte. Solch ein Produkt wird am Markt (von Endkunden und Providern) hauptsächlich nachgefragt und die künstliche Auftrennung im ONT bringt unnötigen technischen Aufwand, Restriktionen und Fehlerquellen bei Inbetriebnahme und in der Benutzung mit sich.

Fazit zu „simplicity of the operation of the public network“

Wir können keine objektive, technische Notwendigkeit erkennen, den Netzabschlusspunkt an einer anderen Stelle als „Point A“ zu verorten. Die Komplexität der Netze steigert sich dadurch ganz eindeutig nicht substantiell.

Die „Conclusions“ der BEREC NTP Guidelines in Bezug auf die „Simplicity of the operation of the public network“ (vgl. 3.3.2.4) stellen hohe Anforderungen für die Abweichung vom „Point A“:

“90. This assessment shall take into account in particular the following:

[...]

b. The degree to which the use of end-user owned equipment impairs the simplicity of network operations has to be substantial and the negative results have to evidently outweigh the

potential benefits for end-users and competition on the TTE market to constitute an objective technological necessity.”

Zum gleichen Schluss kommt auch die belgische Regulierungsbehörde mit Blick auf die „simplicity of the operation of the network“:

„102. BIPT therefore sees no reason to assume that the simplicity of network operations will be substantially prevented or that this would lead to a significant reduction in service quality. Therefore, in this sense, there is no objective technological need to fix the NTP at a point other than A.”⁵⁵

2.4.3. Network security

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit einem passiven Netzabschlusspunkt („Point A“) die Sicherheit von passiven optischen Netzen gewährleistet ist. Wir sehen keinerlei Gründe, warum das in der Zukunft nicht auch so sein sollte.

- Die Netzausrüstung (PON-OLT) eines PON-Anbieters kann ein gefordertes Mindestmaß an Sicherheit ermöglichen, sodass ein ONU/ONT nicht einseitig in der Lage ist, dieses Niveau zu senken. Die gewünschten Sicherheitseigenschaften werden zwischen dem OLT und ONU/ONT ausgetauscht und ausgehandelt. In der Praxis wird ein ONU/ONT nicht in der Lage sein, den Zustand "O5-Operational" zu erreichen, wenn das OLT dies nicht zulässt, z. B. weil die Anfragen des OLT zur Wahl eines Sitzungsschlüssels vom ONU/ONT nicht ordnungsgemäß beantwortet werden (siehe „RQ2“ in ⁵⁶)
- Eine größere Varianz von Endgeräten am Anschluss verringert die mögliche Angriffsfläche, wie auch BEREC festhält.⁵⁷
- Ein Software-Update auf dem kundeneigenen Endgerät wird a) automatisiert durch den Hersteller, b) automatisiert durch den Diensteanbieter (Provider), oder c) durch die Benutzerinnen und Benutzer selbst installiert.
- Die Schnittstellenbeschreibung für den passiven Netzabschlusspunkt macht Security-Vorgaben der Anbieter für den Netzzugang und die darüber erbrachten Dienste transparent und ermöglicht ggf. Diskussionen zur Verbesserung.

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit Blick auf die Sicherheit von passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten keinerlei objektive technologische Notwendigkeit für einen Netzabschlusspunkt an „Point B“ bestand. Wir sehen keinerlei Gründe, warum das in der Zukunft nicht auch so sein sollte.

- In einem aktuellem Review stellen Wissenschaftler der TU Berlin fest, dass aus Security-Gründen keine Notwendigkeit für einen vom PON-Anbieter verpflichtend vorgegeben ONT besteht:

⁵⁵ BIPT: „Draft NTP decision“, 102.

⁵⁶ Franke, Neef: „A review of the security role of ISP mandated ONUs and ONTs in GPONs“, TU Berlin 2023, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.05687> bzw. Anhang E.

⁵⁷ siehe auch BEREC NTP Guidelines, Guideline 95.

„Our review reveals that there are no differences between an ISP-mandated ONU/ONT and a standard conforming subscriber-selected ONU/ONT that would justify the security based recommendation of an ISP-mandated ONU/ONT.“⁵⁸

- „Point B“ darf für die Sicherheit eines Netzes keinen Beitrag leisten. Die Sicherheit eines Netzes muss unabhängig vom angeschlossenen Endgerät gewährleistet sein. Der Netzabschlusspunkt an „Point B“ kann die Identität einer/s Nutzerin/Nutzers nicht zweifelsfrei absichern. Die Sicherung der Identität einer/s bestimmten Nutzerin/Nutzers, dem eine Dienstleistung zugeordnet wurde, findet im Netz selbst, z.B. durch die Zuordnung der Dienstleistung auf ein bestimmtes Netzsegment (einen PON-Strang) und zusätzlich durch Sicherungen der Einwahl über Benutzername/Passwort etc., statt.
- Sicherheitslücken in Software betreffen potentiell alle Endgeräte, unabhängig davon, ob es sich um einen ONT oder ein integriertes Gerät handelt.^{59 60 61} Sie betreffen also die von Netzbetreibern bereitgestellten wie kundeneigenen Geräte gleichermaßen. Ein verpflichtender ONT ist nicht notwendig, um die Sicherheit zu verbessern.
- Unabhängig von Vorgaben der Dienstleister oder der Regulierung kann an eine vorhandene Dose/Stecker jederzeit ein anderes Endgerät angeschlossen oder mutwillig ein falsches Signal auf die Leitung gegeben werden.

Fazit zu „network security“

Wir können auch in diesem Punkt keinerlei objektive technische Notwendigkeit erkennen, den Netzabschlusspunkt an anderer Stelle als an „Point A“ (passive Dose) zu verorten, zumal der „Point B“ (ONT) keinerlei Vorteile in Bezug auf „network security“ mit sich bringt.

Mechanismen zur Absicherung des Netzes sind zunächst im Netz vorzunehmen.

Dies sieht auch die ACM so:

“Furthermore, the operation of the network is also secured by the use of public standards which stipulate that malfunctioning (connected) terminal equipment has no effect on the operation of the network (as explained earlier in section 3.1.4²⁵). Finally, various network monitoring functions to detect failures can be embedded in a standard. If the provider uses such functions in the public electronic communications network and also mentions them in the connection specifications with reference to the standard used, these functions can also be implemented on modems by manufacturers. Self-selected terminal equipment that do not meet these specifications to perform network monitoring can be refused. ACM therefore does not consider it necessary that a provider can only secure its public electronic communications network at the level of the network termination points by only allowing modem, router or media box supplied by itself on its network.“⁶²

⁵⁸ Siehe Franke, Neef: „A review of the security role of ISP mandated ONUs and ONTs in GPONs“, TU Berlin 2023, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.05687> bzw. Anhang E., Seite 1 (“Abstract”)

⁵⁹ Die antragstellenden Verbände führen an, dass vor vielen Jahren ein Kabel-Endgerät eines deutschen Herstellers ein Sicherheitsdefizit aufwies. Was allerdings nicht angeführt wird, ist, dass das betreffende Gerät zu diesem Zeitpunkt nicht auf dem freien Markt erhältlich war, sondern vielmehr vom Netzbetreiber seinen Kundinnen und Kunden bereitgestellt wurde.

⁶⁰ Vgl. "Known Exploited Vulnerabilities Catalog" der CISA unter <https://www.cisa.gov/known-exploited-vulnerabilities-catalog>

⁶¹ Vgl. Franke, Neef: „A review of the security role of ISP mandated ONUs and ONTs in GPONs“, TU Berlin 2023, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.05687> bzw. Anhang E.

⁶² ACM: „Nota van bevindingen“, Explanatory Notes, 3.3

Das BIPT kommt im Hinblick auf „network security“ zu folgendem zusammenfassenden Schluss zugunsten von „Point A“:

„Security incidents caused by misuse of modems, routers, STBs and so on can also harm the public network. [...] Since these devices are part of the end devices, operators cannot guarantee that countermeasures are taken against discovered vulnerabilities in these devices. However, operators have the ability to take appropriate measures in their networks against the impact of such incidents on their networks.“⁶³

2.4.4. Data protection

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit einem passiven Netzabschlusspunkt („Point A“) der Datenschutz in passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten gewährleistet ist. Wir sehen keinerlei Gründe, warum das in der Zukunft nicht auch so sein sollte.

- Auch der „Point A“ erfüllt die Voraussetzungen für einen abhörsicheren Betrieb. Der PON-Standard definiert die Datenverschlüsselung.⁶⁴ Hieraus ergibt sich u.a., dass der Datenverkehr der Teilnehmer nicht einsehbar ist.
- Wie in 2.4.3. erläutert, kontrolliert der OLT die Durchsetzung des erforderlichen Security-Niveaus. Sollte die Datenverschlüsselung nicht zustande kommen, kann das Netz (d.h. der OLT) den Zugang zum PON ablehnen.
- Hersteller für PON-Endgeräte können Nutzerinnen und Nutzern Eigenschaften und Wirksamkeit der Datenverschlüsselung transparent machen
- Die am Netzabschlusspunkt Gf-TAE („Point A“) angeschlossenen Endgeräte liegen im vollständigen Zugriff und in der Hoheit der Nutzerinnen und Nutzer – inklusive der darin befindlichen Daten.

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit Blick auf den Datenschutz von passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten keinerlei objektive technologische Notwendigkeit für einen Netzabschlusspunkt an „Point B“ bestand und bestehen wird.

- Verbindungsparameter werden durch das Netz vorgegeben. Wenn das Netz einen Verbindungsaufbau nur dann erlaubt, wenn Verschlüsselungsmechanismen aktiv sind, besteht kein Unterschied, ob eine Verbindung über ein kundeneigenes Endgerät oder einen ONT des Netzbetreibers aufgebaut wird. Der „Point B“ als Netzabschlusspunkt ist technisch nicht notwendig, um den Datenschutz zu gewährleisten.

Fazit zu „data protection“

Auch hinsichtlich des Datenschutzes gibt es unseres Erachtens keine feststellbare objektive technische Notwendigkeit, die gegen einen Netzabschlusspunkt an „Point A“ (passive Dose) spräche.

⁶³ BIPT: „Draft NTP decision“, 105.

⁶⁴ Vgl. ITU-T G.984.3: „Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Transmission convergence layer specification“, Section 12.2 „Encryption System“, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3-201401-I/en>

Das BIPT kommt im Hinblick auf „data protection“ zu folgendem zusammenfassenden Schluss:

„When BIPT fixes the location of the NTP at point A, the modem is part of the terminal equipment. Therefore, the link between the modem and the data protection measures is part of the interoperability to be ensured between the terminal equipment and the public network.“⁶⁵

2.4.5. Local traffic

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit einem passiven Netzabschlusspunkt („Point A“) der lokale Datenverkehr an passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten besser gesichert wird. Wir sehen keinerlei Gründe, warum das in der Zukunft nicht auch so sein sollte.

- Insbesondere im Hinblick auf das Kriterium „local traffic“ wird deutlich, dass nur der Netzabschlusspunkt an „Point A“ (passive Dose) neutral und als Demarkationslinie zwischen lokalem und öffentlichen Telekommunikationsnetz geeignet ist. Lokaler Datenverkehr wird ausschließlich in den Endgeräten erzeugt und verarbeitet, die unter der Hoheit der Nutzerinnen und Nutzer stehen. Nur ein Netzabschlusspunkt „Point A“ kann hier sauber trennen und „local traffic at customer premises remains completely private“⁶⁶.

In den sieben Jahren seit der Einführung der freien Endgerätewahl in Deutschland hat sich in der Praxis gezeigt, dass mit Blick auf den lokalen Verkehr von passiven optischen Netzen und entsprechenden Telekommunikationsendgeräten keinerlei objektive technologische Notwendigkeit für einen Netzabschlusspunkt an „Point B“ bestand und bestehen wird.

- Ein aktiver Netzabschlusspunkt an „Point B“ in Verbindung mit der technischen Weiterentwicklung hin zum integrierten Endgerät befördert die Kontrolle des Netzbetreibers über die lokalen Datenströme im Heimnetz.
- Sollten Anbieter eine ausnahmsweise Festlegung des ONT für den Netzabschlusspunkt umgehen und ein integriertes Endgerät (IAD) an Kundinnen und Kunden liefern, dehnte sich das öffentliche Telekommunikationsnetz auf das gesamte Heimnetz aus. BEREC schreibt dazu: *„Switching and routing of local traffic at the end-user premises may have to be considered to be a public communications service“*.⁶⁷ Die entsprechenden rechtlichen Auswirkungen dürften in niemandes Interesse sein.

Fazit zu „local traffic“

Der Netzabschlusspunkt an „Point A“ (passive Dose) schafft klare Verhältnisse und ermöglicht die volle Hoheit der Nutzerinnen und Nutzer über lokale Datenströme. Gleichzeitig bleibt das Angebot von Diensten der Netzbetreiber dieser Art davon unberührt. Nutzerinnen und Nutzer können vom Handel und vom Telekommunikationsanbieter IAD beziehen, ohne dass rechtliche Fragen zur Reichweite des öffentlichen Netzes entstehen.

⁶⁵ BIPT: „Draft NTP decision“, 117.

⁶⁶ BEREC NTP Guidelines, Guidelines 120. c.

⁶⁷ BEREC NTP Guidelines, Guideline 124. a.

Das BIPT kommt im Hinblick auf den „local traffic“ zu folgendem zusammenfassenden Schluss: “When the NTP is fixed at location A, from the aspect of „local traffic“ there are so no potential trouble spots to be dealt with.”⁶⁸

2.4.6. Fixed-line services based on wireless technology

Weil dieser Punkt der BEREC NTP Guidelines nicht direkt mit der Betrachtung möglicher Netzabschlusspunkte von Glasfasernetzen in Verbindung steht, erlauben wir uns, von einer detaillierten Betrachtung der „fixed-line services based on wireless technology“ abzusehen.

3. Fazit der Anwendung der BEREC NTP Guidelines auf passive optische Netze (PON)

Mit Blick auf die in den BEREC NTP Guidelines angeführten drei Kriterien, die einer Analyse bezüglich der Verortung/Definition des Netzabschlusspunktes zugrunde liegen sollen, lässt sich zusammenfassend festhalten:

- **Konformität der Festlegung des Netzabschlusspunktes mit den rechtlichen Vorgaben:**

Ein Netzabschlusspunkt an der Gf-TAE, dem „Point A“, ist sowohl mit den nationalen als auch den europäischen rechtlichen Vorgaben konform. Er entspricht der gegenwärtig in § 73 Abs. 1 TKG gesetzlich geltenden Festlegung des Netzabschlusspunktes als „passiv“. Jede Abweichung davon fügt sich nicht ohne Probleme in den geltenden Rechtsrahmen auf nationaler und europäischer Ebene ein.

Eine Allgemeinverfügung zur Abänderung des Netzabschlusspunktes für passive optische Glasfasernetze nach § 73 Abs. 2 TKG ist nicht daher nicht erforderlich und auch nicht geboten.

- **Auswirkungen auf den Markt für Telekommunikationsendgeräte**

Ziel der Richtlinie über den Wettbewerb auf dem Markt für Telekommunikationsendeinrichtungen ist, dass die Nutzerinnen und Nutzer hinsichtlich der Endeinrichtungen eine freie Wahl treffen, um vollen Nutzen aus dem technischen Fortschritt auf diesem Gebiet ziehen zu können sowie gleichzeitig einen freien Warenverkehr für Telekommunikationsendeinrichtungen und damit offenen Wettbewerb im Markt sicherzustellen.⁶⁹

In unseren Ausführungen haben wir dargelegt, dass aus der wettbewerblichen Perspektive nur ein Netzabschlusspunkt an „Point A“ die Erreichung der genannten Ziele gewährleisten kann.

- **Bewertung, ob eine objektive technische Notwendigkeit besteht, dass Geräte Teil des öffentlichen Netzes sind**

Keines der in den BEREC NTP Guidelines definierten Kriterien, die bei der Festlegung des Netzabschlusspunktes in Betracht zu ziehen sind (Interoperability between public network and telecommunications terminal equipment (TTE), Simplicity of the operation of the public network,

⁶⁸ BIPT: „Draft NTP decision“, 122.

⁶⁹ vgl. Erwägungsgründe (3) und (4) der Richtlinie 2008/63/EG

Network security, Data protection, Local traffic), ergibt die Notwendigkeit für einen Netzabschlusspunkt an einer anderen Stelle als „Point A“, was der „passiven Dose“ entspricht.

Es wird vielmehr deutlich, dass ein Netzabschlusspunkt an „Point B“ keinerlei Vorteile bzw. zahlreiche Nachteile hat und die Situation nicht nur, aber vor allem auch aus technischer Sicht, lediglich unnötigerweise verkompliziert.

4. Anmerkungen zum Schreiben der Verbände zum „Netzabschluss bei PON“ vom 2. Juni 2023

Der VTKE hat zu einem ersten Schreiben der Verbände ANGA, BREKO, BUGLAS, VATM und VKU zum „Erlass einer Allgemeinverfügung nach § 73 Abs. 2 TKG für FTTH-Netze“ vom 3. Juni 2022 in seinen „Erläuterungen und Hintergrundinformationen zur Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes nach § 73 Abs. 1 TKG in FTTH-Netzen“ vom 16. August 2022 ausführlich Stellung genommen.

Dieses Dokument ist ebenso aktuell wie relevant für das aktuelle Schreiben der genannten Verbände bzw. die Konsultation zum Verfahren über den Erlass einer Allgemeinverfügung zur Abänderung des Netzabschlusspunktes für Passive Optische Glasfasernetze der Bundesnetzagentur, weshalb wir auch an dieser Stelle noch einmal darauf verweisen möchten.

4.1. Quality of Service in Punkt-zu-Mehrpunkt-Netzen

Ein besonderes Augenmerk legen die Verbände auf die Betrachtung von Quality of Service in PON. So wird z.B. festgehalten:

„Verschiedene Dienste haben unterschiedliche Anforderungen und Erfordernisse, welche auch in dem jeweiligen Netz funktionieren müssen. Aufgrund unterschiedlicher Parameter und verschiedener Aufbauweisen sowie technischer Ausstattungen entstehen für die Dienstebereitstellung allerdings eine Vielzahl an Permutationen, für die alle sichergestellt werden muss, dass die Dienste und Services jeweils kompatibel und interoperabel sind.“⁷⁰

Wir können darin keine Schwierigkeit erkennen, die die freie PON-Endgerätewahl einschränken müsste. Im PON-Standard hat die Netzseite (also der OLT) die Aufgabe, auf dem angeschlossenen PON-Endgerät Daten-Queues zu erstellen (sogenannte „T Cont“ (Transmission Container) und „GEM Ports“), um darüber verschiedene Dienste (Internet, Telefonie, TV etc.) übertragen zu können. Dienste, die im Heimnetz generiert werden, werden durch das PON-Endgerät einsortiert und versendet.

Es sind im Standard also Mechanismen festgelegt, die Übertragung der Dienste über das Netz entsprechend ihrer QoS-Anforderungen abzusichern und deren Einrichtung obliegt ausschließlich der Netzseite, über die die Einrichtung des angeschlossenen Endgerätes beim Verbindungsaufbau gesteuert wird.

Der entscheidende Faktor ist die Verwaltung der Ressourcen auf der Netzseite. Das Netz konfiguriert in allen Szenarien das angeschlossene Endgerät und teilt die Ressourcen zu. Sowohl der Downstream, also auch die Zuteilung von sog. „Upstream Grants“ des Upstreams, liegt komplett unter der Kontrolle der Netzseite (OLT) - ganz gleich, ob ein eigenes- oder durch den Anbieter bereitgestelltes Endgerät verwendet wird.

4.2. Vorleistungsfall Fiber

- Ein Vorleistungsnachfrager hat natürlich immer die Möglichkeit sich für einen ONT oder ein vollintegriertes Gerät zu entscheiden. Etwaig notwendige Tests können bilateral mit dem

⁷⁰ ANGA, BREKO, BUGLAS, VATM, VKU: „Netzabschlusspunkt bei PON“, 02.06.2023, „II. Besonderheiten von PON gegenüber VDSL oder Kabel“, Seite 24 ff

jeweiligen Netzbetreiber ausgehandelt/geplant werden. Dies ist bereits „business as usual“ und für den Antragsgegenstand entsprechend nicht relevant.

- In Kabelnetzen ist es bereits lange geübte Praxis, dass Vorleistungsnachfrager ein eigenes Kabelmodem- bzw. vollintegriertes Gerät wählen.
- Der Zugriff auf Endgerät ist auch durch die Vorleistungsnachfrager möglich, z.B. durch ACS – ein schon lange praktiziertes Vorgehen in Kabelnetzen.

4.3. Vergleich mit DOCSIS

- Die CableLabs-Zertifizierung testet die Spezifikations-Konformität und nicht die Konformität zu den Netzen verschiedener Netzanbieter: „*The CableLabs Certification process determines equipment compliance with the Specifications. The Certification process does not test for performance, quality, or other subjective characteristics.*“⁷¹
- Das Produkt durchläuft eine initiale Zertifizierung, spätere Änderungen an der Hardware sowie neue Firmware-Versionen werden hingegen nicht geprüft.
- Das CMTS durchläuft hingegen keinerlei Zertifizierung, obwohl es viel komplexer als das Modem ist. Dennoch treten keine damit zusammenhängenden funktionalen Probleme auf.

4.4. Innovation bei Telekommunikationsendgeräten

Die Verfügbarkeit unterschiedlicher Endgeräte im Bereich gigabitfähiger Anschlusstechnologien und die damit verbundene Auswahlmöglichkeit für den/die privaten oder gewerblichen Anwender/in entsprechend seinem Bedarf fördern den zügigen Glasfaserausbau.

Es sei angemerkt, dass in Politik und Bevölkerung ein hohes Interesse besteht, dass Netze mit hoher Geschwindigkeit endlich auch in Deutschland auch in der Breite Realität werden. Dafür gilt es, attraktive Angebote für die Kundinnen und Kunden zu formulieren. Wir sind überzeugt, dass attraktive Angebote insbesondere voraussetzen, dass eine Auswahl an Netzen auf eine Auswahl an Endgeräten trifft. Nur dann findet die gegenseitige Beförderung statt, die wir z.B. bei der Entwicklung des Kundenbedarfs hin zum Smartphone oder zum IAD erlebt haben. Die Kundinnen und Kunden, gewerblich wie privat, benötigen ein auf ihre jeweiligen Bedürfnisse abgestimmtes Angebot - sowohl mit Blick auf das Netz als auch auf das Endgerät.

Mit der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes und der Einführung des Anschlussrechts für Telekommunikationsendeinrichtungen an die öffentlichen Netze wurden die Netze keinesfalls in ihrer Entwicklung gebremst. Das Gegenteil ist der Fall: Die wechselseitige Beförderung begünstigt die Entwicklung von Endgeräten und Netzen symbiotisch.

Gerade im Bereich der technischen Entwicklung sowie der Produktentwicklung ist festzustellen, dass auf dem Markt eine Vielzahl von unterschiedlichen Produkten für alle Bedarfe angeboten werden. Das Angebot reicht von kostengünstigen Geräten für geringen Bedarf bis hin zu integrierten, vollausgestatteten Geräten mit den neuesten Technologien für den anspruchsvollen Privat- oder Firmenkunden. Die Produkte unterstützen vollumfänglich die hochleistungsfähigen Technologien für

⁷¹ Siehe CableLabs: „CableLabs Certification Wave Requirements and Guidelines“, June 2017, Revision 4.11., <https://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/2014/01/CWGuidelines.pdf>

den Zugang zum Teilnehmeranschluss und die darüber erbrachten Dienste: HFC mit vollständiger Unterstützung des derzeitigen Standards DOCSIS 3.1 (typischerweise 1 bis zu 4 Gigabit pro Sekunde), Glasfaserleitungen in Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Multipunkt-Konfiguration und entsprechenden technischen Standards (2,5 bzw. 10 oder 40 Gigabit pro Sekunde). Die leistungsfähigen Endgeräte unterstützen die für den/die Anwender/in wesentlichen aktuellen Standards wie z.B. WLAN 802.11ax (Wi-Fi 6), Ethernet bis 2,5 bzw. 10 Gigabit pro Sekunde, TK-Anlagen-Funktionen zur Unterstützung aller IP-basierten Telefoniedienste des Anbieters für Privat- und Geschäftskunden, Schnittstellen für ISDN-Geräte und DECT, Hausnotruf- und Alarmierungssysteme, Kassensysteme, usw.

5. Anhang

A. Verbund der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE): „Erläuterungen und Hintergrundinformationen zur Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes nach § 73 Abs. 1 TKG in FTTH-Netzen“, 16.08.2022

<https://vtke.eu/wp-content/uploads/2023/08/Erlaeuterungen-und-Hintergrundinformationen-zur-Umsetzung-eines-pass.-Netzabschlusspunktes-in-FTTH-Netzen.pdf>

B. Säcker, Prof. Dr. jur. Dr. rer. pol. Dres. h.c. Franz Jürgen: „Die Freiheit der Wahl der Telekommunikationsendgeräte - Ein Plädoyer gegen den Routerzwang“, MMR 2015, Heft 6, Seite 374ff

<https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata%2fzeits%2fMMR%2f2015%2fcont%2fMMR.2015.H06.NAMEINHALTSV ERZEICHNIS.htm> (Login erforderlich; kann auch in der Verwaltungsakte eingesehen werden)

C. European Commission, Enterprise and Industry Directorate-General, TCAM Secreteriat: „Application of the R&TTE Directive to indirectly connected equipment and to equipment with LAN Ports“, 01 February 2021

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/9907/attachments/1/translations/en/renditions/native>

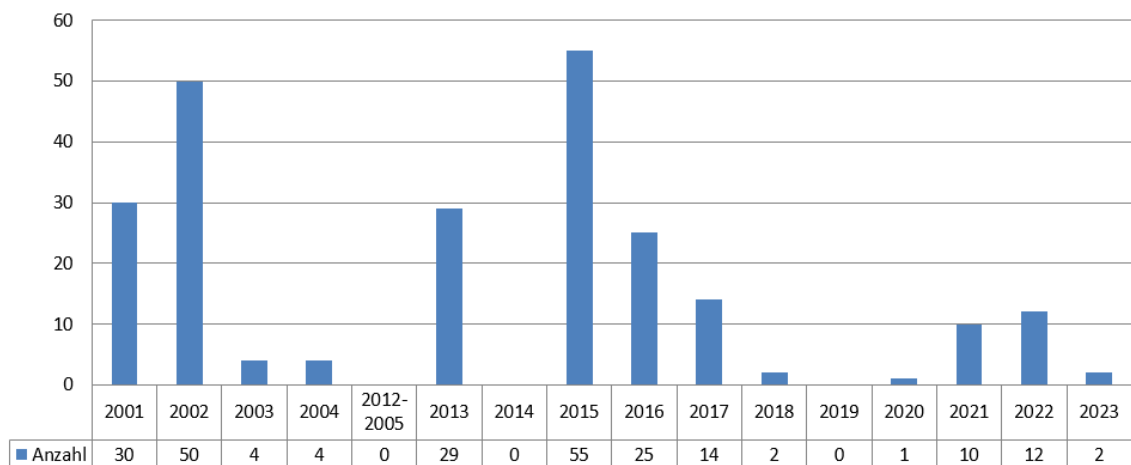
D. Siegmund, Prof. Dr.-Ing. Gerd: „Gutachten zur Anschaltung von Endeinrichtungen“, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, 29.10.2019; kann in der Verwaltungsakte eingesehen werden

E. Franke, Max / Neef, Sebastian: „A review of the security role of ISP mandated ONUs and ONTs in GPONs“, TU Berlin 2023

<https://arxiv.org/pdf/2310.05687.pdf>

F. Schnittstellenbeschreibungen öffentlicher Telekommunikationsnetze in Deutschland
Übersicht unter: <https://vtke.eu/service/>

Veröffentlichungen Schnittstellen pro Jahr



**Erläuterungen und Hintergrundinformationen zur
Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes nach § 73 Abs. 1 TKG
in FTTH-Netzen**

16.08.2022

An dieser Stelle möchten wir, der Verbund der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE), einige von Glasfasernetzbetreibern vorgebrachte Behauptungen, warum ein passiver Netzabschlusspunkt in FTTH-Netzen nur schwer umsetzbar sei und die Provider ihren Kunden daher den Anschluss selbstgewählter, im Handel erworbener Endgeräte nicht ermöglichen könnten, näher betrachten und aus der Perspektive der Telekommunikationsendgerätehersteller erläutern.

Dieses Dokument (inklusive Anhängen) informiert über:

- A) Die praktische Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes in Glasfasernetzen, im Besonderen PON**
- B) Den Markt für frei im Handel erhältliche PON-Endgeräte in Deutschland, Europa, den USA und China sowie eine Übersicht über vergleichbare Produkte, die von Providern vertrieben/bereitgestellt werden**
- C) Den Status Quo im Hinblick auf die PON-Standardisierung, Interoperabilität und Störfestigkeit**
- D) Gute Störungsfreiheit von Endgeräten am passiven Netzabschlusspunkt in PON**
- E) Erläuterungen zu Netzstörungen allgemein**

Anhänge:

Anhang 1: Übersicht über die Schnittstellenbeschreibungen deutscher Glasfaser-Netzbetreiber nach § 74 TKG

Anhang 2: Anmerkungen zu Kompatibilität und Interoperabilität von Telekommunikationsendgeräten und öffentlichen Telekommunikationsnetzen im Bereich der Glasfasertechnologie

Anhang 3: Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD) Available in Worldwide Retail Markets (08/2022)

Anhang 4: Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD) for Selected Public Network Operators in Europe (08/2022)

Anhang 5: Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland [Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

A) Praktische Umsetzung eines passiven Netzabschlusspunktes in Glasfasernetzen, im Besonderen PON

Seit dem 1. August 2016 haben Endnutzer in Deutschland die Entscheidungsfreiheit darüber, welches Endgerät sie an ihrem Breitbandanschluss einsetzen. Dafür wird im Telekommunikationsgesetz (TKG) der Netzzugang als „passiver“ Netzabschlusspunkt technologieneutral definiert. Das heißt, auch die Betreiber von Glasfasernetzen sind seit nunmehr mehr als sechs Jahren gesetzlich dazu verpflichtet, einen passiven Netzabschlusspunkt zu realisieren und den Anschluss von kundeneigenen Endgeräten (am passiven Netzabschlusspunkt) zu ermöglichen.

Voraussetzung dafür, dass es frei im Handel erhältliche Endgeräte für den Glasfaseranschluss gibt und diese auch problemlos funktionieren, sind „angemessene und genaue technische Beschreibungen [der] Netzzugangsschnittstellen“ am passiven Netzabschlusspunkt, die die Betreiber von öffentlichen Telekommunikationsnetzen bereitzustellen und zu veröffentlichen haben (vgl. § 74 TKG). Sind diese Schnittstellenbeschreibungen „hinreichend detailliert“, ist es Herstellern von Endgeräten möglich, Produkte zu entwerfen und entwickeln, die zur Nutzung aller über die entsprechende Schnittstelle erbrachten Dienste in der Lage sind.

Viele Glasfaser-Netzbetreiber in Deutschland kommen der Verpflichtung zur Veröffentlichung ihrer Schnittstellenspezifikationen nach, darunter auch namhafte Anbieter mit einer beträchtlichen Anzahl an Glasfaseranschlüssen; z.B. Deutsche Telekom, Deutsche Glasfaser, EWE Tel, Glasfaser Nordwest, Netcologne, M-net, wilhelm.tel, DNS:NET, Tele Columbus und viele weitere. Von diesen Glasfaseranbietern betreiben laut Schnittstellenbeschreibung 13 Anbieter ein PON; die prominentesten Vertreter darunter sind die Deutsche Telekom und Deutsche Glasfaser (siehe Anhang 1).

Vereinzelt gestaltet es sich für Endanwender schwierig, das Anschlussrecht von im freien Handel erhältlichen, kundeneigenen Glasfaser-Endgeräten (am passiven Netzabschlusspunkt) bei ihrem Anbieter durchzusetzen. Dies hat keine technischen Gründen, sondern ist in nicht geübten Prozessen auf Anbieterseite begründet. Wir sind zuversichtlich dass sich dies mit zunehmender Verbreitung von Glasfaseranschlüssen noch weiter verbessern wird.

Weiterhin gibt es noch einzelne, zumeist kleinere Glasfaser-Anbieter, die bislang entweder keine oder nur unzureichende Schnittstellenbeschreibungen veröffentlicht haben.

B) Markt für frei im Handel erhältliche PON-Endgeräte in Deutschland, Europa, den USA und China sowie eine Übersicht über vergleichbare Produkte, die von Providern vertrieben/bereitgestellt werden

Gegenwärtig sind in Deutschland bzw. in der Europäischen Union nach unserer stichprobenartigen Recherche ca. 55 Produkte von 24 Endgeräteherstellern für PON auf dem freien Markt erhältlich. Darunter sind Hersteller für Privat- und Firmenkunden wie LANCOM (D), AVM (D), Deutsche Telekom (D), Draytek (TW), D-Link (TW), Mikrotik (LT), Zyxel (TW), Turriz (CZ), Ubiquiti (USA), TP-Link (CN) oder Huawei (CN).

Diese Produkte werden entweder über den Handel, Systemhäuser oder von Netzbetreibern an ihre Kunden verkauft oder ihnen zur Verfügung gestellt. Dabei stehen die Glasfaserprodukte im Wettbewerb vor allem um Zuverlässigkeit, Performance und Energieeffizienz - im Handel untereinander sowie zu den Netzbetreibern, die ihren Kunden Endgeräte anbieten. Zur Illustration finden Sie in Anhang 3 eine Übersicht über die im freien Markt (sowohl im Handel als auch von den Netzbetreibern angebotenen) GPON/XGS-PON-Produkte.

Für Privat- und Firmenkunden hat die Wahlfreiheit des Endgeräts in PON einen großen Nutzen; so können sie vor allem auf ihren Bedarf abgestimmte Produkte nutzen. Der deutsche Onlinehandel macht die Bewertung von Endkunden von in Deutschland erhältlichen integrierten Glasfaser-Endgeräten öffentlich und transparent. Diese machen deutlich, dass auch die Endanwender die

Nutzung eines von ihnen selbstgewählten Endgeräts direkt am Glasfaseranschluss (passiver Netzabschlusspunkt) zu schätzen wissen und diese auch in der Praxis durchaus erfolgreich möglich ist; z.B. (Auszug aus Bewertungen auf Amazon):

- *"Der Router war leicht einzurichten und war sogar über den Telekom Einrichtungsassistenten auszuwählen. In diesem musste ich nur die ID Nummer des Routers eingeben und danach noch die ID Nummer meiner Glasfaserbuchse."*
- *"Endlich ohne zusätzlichen ONT unterwegs"*
- *"Schnelle & Einfache Einrichtung am Telekom FTTH. - Heiß!"*
- *"Ich habe einen Glasfaseranschluss bei der Deutschen Glasfaser und fand die von denen aus vorgenommene Installation eines ONT (GENSIS FibreTwist) und dahinter eine FritzBox 7590 zu schalten immer umständlich, zumal wollte ich keine 2 Geräte für etwas, dass auch ein Gerät kann."*
- *"Ich bin zwar nicht mehr der Jüngste, aber als ich den Router angeschlossen habe (direkt über den Glasfaseranschluss der Telekom) habe ich mich gefreut wie ein kleines Kind. Die Performance ist sehr gut und das Gerät macht einen sehr hochwertigen Eindruck."*

Endgerätehersteller können seit vielen Jahren in Deutschland Glasfaserprodukte für PON anbieten und im Markt bestehen, weil auf Basis der internationalen Standards sowie der gründlichen Vorarbeit der Branche die Interoperabilität der Endgeräte mit dem Netz in einem guten Zustand ist.

C) Status Quo im Hinblick auf PON-Standardisierung, Interoperabilität und Störfestigkeit

Standardisierung und damit zusammenhängend Interoperabilität sind Grundvoraussetzung für das erfolgreiche Zusammenspiel von Glasfaser-Netz und Endgerät.

Die

Behauptung: „Anders als bei VDSL oder auch im Bereich der Kabelnetze sind für die entsprechenden Komponenten der FTTH-Netze die erforderlichen Standardisierungsprozesse noch nicht für alle PON-Spezifikationen abgeschlossen.“

trifft für uns bekannte PON in Deutschland nicht zu.

In Deutschland werden PON nach dem in Europa und Asien vorherrschenden Standard GPON betrieben und weiter ausgebaut; so beispielsweise auch bei der Deutschen Glasfaser oder der Deutschen Telekom. Die Standardisierung für GPON (ITU-T G.984.1, 2,5 Gigabit/s) ist bereits seit mehr als 14 Jahren abgeschlossen und in Kraft. Die dritte und letzte Aktualisierung liegt bereits schon 10 Jahre zurück.

In der Schweiz und in noch sehr geringem Umfang auch in Deutschland oder den Niederlanden, vor allem aber in Asien werden seit einigen Jahren öffentliche Telekommunikationsnetze mit dem um einige Faktoren schnelleren XGS-PON (ITU-T G.9807, 10 Gigabit/s symmetrisch) betrieben. Dieser Standard wurde 2016 fertig gestellt – also auch bereits seit sieben Jahren - und baut im Wesentlichen auf dem GPON-Standard auf.

Bereits im Vorfeld der Geräteentwicklung für GPON und später auch XGS-PON haben die entsprechenden Chiphersteller für OLT und ONT ihre Interoperabilität miteinander verifiziert. Zudem

fanden bereits lange vor der Markteinführung auf Seiten der Telekommunikationsanbieter erfolgreich herstellerübergreifende Interoperabilitätstests statt (siehe Anhang 2).

Es ist zudem gängige Praxis, dass Endgerätehersteller mit Netzbetreibern in Deutschland im Austausch stehen und auch Vorserien- oder Seriengeräte zur Verifizierung der Interoperabilität bereitstellen. Dies ist in beiderseitigem Interesse.

Wir können daher nicht nachvollziehen, auf welchen Fakten die Behauptung der Verbände basieren soll, dass ihre Mitglieder den proprietären Verfahren der Netzwerkausrüster „ausgeliefert“ seien und sie daher keine sinnvolle Schnittstellenbeschreibung veröffentlichen bzw. ihren Kunden keine freie Endgerätewahl (am passiven Netzabschlusspunkt) ermöglichen könnten:

Behauptung: „Die Netzbetreiber befinden sich hier aktuell in der misslichen Situation, bei Ausrüstern modernste Technik einzukaufen, deren Funktionsweise und -parameter sie selbst zum Teil nicht kennen (dürfen). Passende ONT jedenfalls werden in der Regel durch den Netzwerkausrüster zur Verfügung gestellt und durch die Netzbetreiber allenfalls noch getestet. Mit diesem Wissen lässt sich jedoch keine sinnvolle Spezifikation erstellen, welche die Funktionsfähigkeit eines ONT an seiner netzseitigen Schnittstelle sicherstellen könnte. Da diese Situation durch die bestehenden technischen Unsicherheiten erzwungen ist, gibt es praktisch keine Alternative als auf die Errichtung von Glasfasernetzen generell zu verzichten bis fertige und zumindest bundesweit akzeptierte PON-Standards in Kraft gesetzt wurden.“

Über den Standard hinausgehende herstellerspezifische, proprietäre Erweiterungen werden gelegentlich auch bei Infrastruktur-Produkten für VDSL, DOCSIS und 5G aber auch in anderen Bereichen wie WLAN oder DECT angewendet. Allerdings verhindern diese nie den funktionalen Betrieb von Geräten, die diese proprietären Erweiterungen nicht unterstützen. Zudem kann ein Telekommunikationsanbieter, der solche Produkte einsetzen möchte, diese Erweiterungen in seinen Schnittstellenspezifikationen entsprechend dokumentieren, wenn er sie als notwendig für seinen TK-Dienst erachtet.

Wir haben hingegen keinerlei Kenntnis von Produkten, die etwaige proprietäre Verfahren abseits des Standards so einsetzen, dass die Netze störanfällig mit dem Anschluss standardkonformer Endgeräte würden. Dies erforderte auch grundlegende Änderungen bei der Ansteuerung des GPON-Chips und wir wüssten nicht, in wessen Interesse solch eine Änderung wäre.

Dies ist insofern wichtig festzustellen, da das Anschlussrecht des TKG nicht aufgrund mangelnder Interoperabilität/Funktionalität eines „handelsüblichen“ PON-Endgeräts verweigert werden kann, sondern nur bei seiner tatsächlichen Störung anderer Teilnehmer im öffentlichen Telekommunikationsnetz (also z.B. gleichen PON-Segment) gerechtfertigt wäre.

Zudem noch ein Wort zu Interoperabilität und Standardisierung, die – in Abgrenzung zu privaten Netzwerken – eine wesentliche Anforderung an das Design öffentlicher Telekommunikationsnetze bilden:

Es wäre verwunderlich, wenn ein Anbieter öffentlicher Telekommunikationsdienste in Deutschland trotz industrieweiter Anstrengungen im Hinblick auf Interoperabilität bei PON dennoch auf die vermeintlichen Vorteile proprietärer Verfahren eines einzelnen Herstellers setzten. Die Abhängigkeit

von einem Hersteller (Vendor Lock-in) und der größere Aufwand, der gesetzlichen Verpflichtung zur Veröffentlichung der technischen Beschreibung der Schnittstellen am Netzabschlusspunkt (§ 74 TKG entsprechend) nachzukommen, erscheint uns – salopp gesagt – ungünstig. Bekannte Hersteller netzseitiger Glasfaser-Infrastrukturgeräte (OLT, z.B. Nokia, Adtran oder Huawei) implementieren seit vielen Jahren in ihren Produkten Betriebsmodi, die ausdrücklich die herstellerübergreifende, standardbasierte Unterstützung entsprechender Endgeräte ermöglichen. Diese Modi werden nach unserer Kenntnis von den Netzbetreibern auch verwendet. Diese Entwicklungen erfolgten in der letzten Dekade aufgrund der Nachfrage aller Telekommunikationsanbieter weltweit nach Interoperabilität zu einer größeren Zahl von Endgeräten anstelle von ONTs des OLT-Herstellers.

In Anhang 4 findet sich eine Übersicht von IAD der Netzbetreiber, die diese anstelle von oder ergänzend zu ONT anbieten. Diese IAD stammen von anderen Herstellern als vom OLT-Hersteller und verwenden oft auch andere Chips.

Zudem noch ein Wort zur Fortentwicklung von Standards bei Kommunikationstechnologien: In den letzten dreißig Jahren fanden beim Übertragungsmedium Telefonleitung (Kupferdoppelader) folgende technischen (Weiter-)Entwicklungen statt, ohne dass das Anschlussrecht für Endgeräte infrage gestellt wurde (chronologisch): Analoge Telefonie, ISDN, ADSL, ADSL2+, VDSL1, VDSL2 17 MHz, VDSL2 30 MHz, VDSL2 Vectoring, VDSL2 Supervectoring bis hin zu den G.fast-Versionen (106 und 212 MHz).

Auch in den FTTH-Netzen bzw. der Glasfasertechnologie steckt noch enormes technisches Entwicklungspotential, weshalb die technische Fortschreibung und entsprechende Standardisierung ein andauernder Prozess in den kommenden Dekaden bleiben wird. Jedoch ist der vorgebrachten

Behauptung: „Konkret gibt es vielmehr zwei Standardisierungsverfahren auf internationaler Ebene (ITU und IEEE), die beide auf mittlere Sicht nicht abgeschlossen werden dürften. Abzusehen ist jedoch bereits jetzt, dass sich die entstehenden Standards widersprechen werden, was bereits heute dazu führt, dass Hersteller sich für eine der eingeschlagenen Richtungen entscheiden und proprietäre Lösungen – bestenfalls innerhalb der sich abzeichnenden Rahmen – entwickeln.“

in mehrfacher Hinsicht zu widersprechen: Zum einen spielen die angesprochenen IEEE-PON-Standards unserer Erfahrung nach im europäischen und konkret im deutschen Markt bislang keine Rolle. Wie oben angeführt, wird GPON und künftig XGS-PON für den breiten Markt in Deutschland verwendet; dies zeigen die Schnittstellenbeschreibungen der PON-Netzbetreiber (siehe Anhang 1). Wir wüssten daher nicht, welchen Einfluss diese künftigen IEEE-Standards auf das Infragestellen des Anschlussrechts für Glasfaser-Endgeräte in Deutschland haben sollten.

Zum anderen erfolgen, wie weiter oben bereits ausgeführt, einhergehend mit der Fertigstellung eines Standards, eine Kette an industrieeigenen Interoperabilitätsprüfungen, bevor Chips und später Produkte für die Netzbetreiber-Infrastruktur und Endkunden entstehen. Wir nehmen an, dass die genannten Infrastruktur-Hersteller die Konformität ihrer Produkte zum Standard als wesentliches Merkmal im weltweiten Markt betrachten und „proprietäre Lösungen“ vermeiden werden, insbesondere wenn diese den Netzbetrieb störanfällig machen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass auf Seiten der Endgerätehersteller schon aus Gründen des Wettbewerbs eine hohe Bereitschaft besteht, frühzeitig mit der Entwicklung von Produkten für zukünftige Standards zu beginnen.

D) Gute Störungsfreiheit von Endgeräten am passiven Netzabschlusspunkt in PON

Seit dem Inkrafttreten des Gesetzes über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (FTEG) am 31. Januar 2001 gilt in Deutschland das Anschlussrecht für Telekommunikationsendgeräte an das öffentliche Telekommunikationsnetz, das bis heute fortbesteht (§ 73 TKG). Mit dem einstimmigen Beschluss des Gesetzes zur Auswahl und zum Anschluss von Telekommunikationsendgeräten im Jahr 2015 im Deutschen Bundestag und Bundesrat wurde der Netzabschlusspunkt als „passiv“ festgelegt und damit das Anschlussrecht technologie-neutral für alle Zugangstechnologien einschließlich der Glasfaser bekräftigt.

Dies hat dazu geführt, dass in Deutschland seit mehr als sechs Jahren die freie Wahl über das Endgerät am Glasfaseranschluss (einschließlich PON) besteht. Dazu haben die Netzbetreiber für ihre Glasfasernetze eine Schnittstellenbeschreibung am passiven Netzabschlusspunkt veröffentlicht (siehe Anhang 1), die Händler, Systemhäuser und Endgerätehersteller innovative Produkte für Privat- und Firmenkunden auf dem wettbewerblichen Markt bereitgestellt (siehe Anhang 3) und private wie gewerbliche Nutzerinnen und Nutzer diese gekauft und eingesetzt.

Nach diesen gut sechs Jahren Marktrealität und ohne dass wiederholt Schwierigkeiten in verschiedenen Netzen und/oder verschiedenen Endgeräten bekannt geworden wären und ohne dass die im TKG bestehenden Regelungen zur Verweigerung des Anschlussrechts von Endgeräten auch nur einmal in der Praxis angewendet worden wären, überrascht uns das Anliegen einer pauschalen Ausnahme von FTTH-Netzen vom passiven Netzabschlusspunkt sehr.

Behauptung: „Ähnlich wie die Vorgängernorm § 45d Abs. 1 TKG a.F. legt § 73 Abs. 1 TKG den Netzabschlusspunkt zunächst als passiven Punkt fest. Allerdings sieht § 73 Abs. 2 TKG – im Unterschied zur bisherigen Regelung – vor, dass die Bundesnetzagentur durch den Erlass einer Allgemeinverfügung Ausnahmen von diesem Grundsatz zulassen kann. Die unterzeichnenden Verbände halten zumindest eine solche Ausnahmeregelung mit Blick auf FTTH-Netze für dringend geboten.“

Schon im Zuge der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes äußerten Netzbetreiber die Befürchtung, dass Endgeräte aus dem freien Markt die Netze stören könnten, weshalb seitdem (2001) die Verweigerung des Anschlussrechts von Geräten umfassend geregelt ist; aktuell ist dies in § 73 Abs. 5, 6 und 7 TKG festgehalten [Unterstreichung durch VTKE]:

(5) Verursacht ein Gerät, dessen Konformität mit den Anforderungen des § 4 des Elektromagnetische-Verträglichkeit-Gesetzes vom 14. Dezember 2016 (BGBl. I S. 2879), das durch Artikel 3 Absatz 1 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1947) geändert worden ist, bescheinigt wurde, ernsthafte Schäden an einem Telekommunikationsnetz, schädliche Störungen beim Netzbetrieb oder funktechnische Störungen, so kann die Bundesnetzagentur dem Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze gestatten, für dieses Gerät den Anschluss zu verweigern, die Verbindung aufzuheben oder den Dienst einzustellen. Die Bundesnetzagentur teilt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die von ihr getroffenen Maßnahmen mit.

(6) Der Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze kann eine Telekommunikationsendeinrichtung im Notfall ohne vorherige Erlaubnis nur dann vom Telekommunikationsnetz abtrennen, wenn

1. der Schutz des Telekommunikationsnetzes die unverzügliche Abschaltung der Telekommunikationsendeinrichtung erfordert und
2. dem Benutzer unverzüglich und für ihn kostenfrei eine alternative Lösung angeboten werden kann.

(7) Der Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze unterrichtet unverzüglich die Bundesnetzagentur über die Trennung einer Telekommunikationsendeinrichtung vom Telekommunikationsnetz.

Soweit bekannt, ist der Bundesnetzagentur keine einzige Anwendung dieser Regelungen für Telekommunikationsendgeräte wie Modems oder Router in der Praxis bekannt – im Übrigen nicht nur für Glasfasernetze (einschließlich PON), sondern für keine der geläufigen Zugangstechnologien.

Diese Tatsache zeigt, dass alle deutsche Glasfasernetze, einschließlich PON, und alle im wettbewerblichen Markt verbreiteten und eingesetzten Endgeräte allgemein eine gute Störungsfreiheit aufweisen. Auch aus diesem Grund halten wir eine pauschale, alle PON und PON-Endgeräte betreffende Ausnahme vom passiven Netzabschlusspunkt per Allgemeinverfügung für auszuschließen.

Diesen (praktischen) Beobachtungen steht folgende Behauptung entgegen:

„Den unterzeichnenden Verbänden sind Fälle bekannt, in denen bis zu 200 Kunden am Switch durch den Einsatz eines inkompatiblen oder fehlerhaften eigenen Geräts eines Endnutzers betroffen waren.“

Hier stellt sich zuallererst die Frage, aus welchem Grund in diesem Fall keine unverzügliche Unterrichtung der Bundesnetzagentur nach §73 Abs. 7 TKG erfolgte.

Da sich, wie oben ausgeführt, im Markt der PON-Anschlüsse und -Endgeräte bislang keine allgemeinen, systematischen und wiederkehrenden Probleme zeigen, halten wir es für notwendig, den angeführten Einzelfall zunächst zu analysieren, bevor er als Basis für eine pauschale Ausnahme von FTTH-Netzen vom passiven Netzabschlusspunkt herangezogen wird.

Wir möchten anregen, den betroffenen Glasfaser-Netzbetreiber nach konkreteren Informationen zum genannten Fall zu befragen. Sofern das betroffene Unternehmen noch an einer weitergehenden Aufklärung in dieser Sache interessiert sein sollte, wären Informationen zu folgenden Fragen sehr hilfreich:

Bei welchem Netzbetreiber trat beobachtete Verhalten auf?

An welchem Datum/an welchen Daten trat das beobachtete Verhalten auf?

Wie wurde Abhilfe geschaffen?

Welche Auswirkungen hatte das beobachtete Verhalten auf die Kunden (waren sie bspw. dauerhaft offline oder nur kurzzeitig)?

Gab es Bedingungen/Umstände für das Eintreten des beobachteten Verhaltens?

Welches Endgerät wurde als Ursache / Auslöser des beobachteten Verhaltens vermutet?

Wurde das betreffende Endgerät tatsächlich vom Netz getrennt?

Wurde vom Netzbetreiber evaluiert, welcher OLT-Hersteller zum Einsatz kam?

Wurde die Schnittstellenbeschreibung durch beide beteiligten Seiten (Endgerät und OLT) eingehalten?
Wie ist die Angabe „bis zu 200 Kunden am Switch“ zu verstehen, wenn weniger als 32/64 (typisch/max.) ONU sich einen OLT-Port teilen?

Für die Endgerätehersteller können wir versichern, dass eine hohe Bereitschaft besteht, zusammen mit dem Netzbetreiber und ggf. dem Hersteller des OLT, die Ursachen des beobachteten Verhaltens zu ermitteln, um diesen vorgebrachten Einzelfall adäquat beurteilen zu können.

E) Erläuterungen zu Netzstörungen allgemein

Störungen der öffentlichen (Telekommunikations-)Festnetze sind leider eine nahezu tägliche Realität in Deutschland. In der Presse wurden allein in den letzten vier Wochen von etwa 40 Störungen im Festnetz berichtet. Vermutlich treten diese noch häufiger auf, finden aber den Weg in die Presse nicht.

Typischerweise sind zwischen 200 und 300 Kunden einige Stunden oder wenige Tage durchgehend vom Netz abgeschnitten; aber auch Fälle mit einigen Tausend betroffenen Kunden treten auf (siehe Anhang 5).

Die Ursachen liegen in vielen Fällen außerhalb des direkten Verantwortungsbereichs der Netzbetreiber. Stattdessen bestehen die primären Ursachen für Störungen in Telekommunikationsnetzen in physikalischen Beeinträchtigungen, wie bspw. mechanischen Beschädigungen des Netzes durch (Tief-)Bauarbeiten oder Stromausfällen. In Koaxialnetzen können auch Probleme mit mangelnder elektromagnetischer Verträglichkeit störend wirken - etwa mit LTE oder in seltenen Fällen durch Unterhaltungselektronik ausgelöst (sog. „Rückkanalstörungen“).

Insgesamt ist festzuhalten, dass keine der presseöffentlich bekannt gewordenen Störungen von störenden Modems oder Routern ausgingen.

Glasfasernetze übertragen Lichtimpulse und gelten daher als unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen. Dies wirkt sich wiederum vergleichsweise günstig auf die Zuverlässigkeit der Netze aus. Anders als bei Kabelnetzen, bei denen Unterhaltungselektronik und Kabelmodems auf der Nutzerseite über das physikalische Übertragungsnetz in Verbindung mit Head-Ends und CMTS stehen, belegen ausschließlich Glasfaser-Modems (ONT) und OLT das optische Medium.

Ähnlich wie bei ISDN, DOCSIS oder 4G/5G Mobilfunk, sorgen die PON-Standards für eine Verwaltung der zur Verfügung stehenden Ressourcen auf dem Medium durch die zentrale Einheit auf der Netzseite - im Falle von PON also auf der OLT - an die Glasfasermode (ONT) beim Nutzer, sodass eine Kollision der Lichtpulse zweier ONU - also eine Störung eines Endgeräts durch ein anderes Endgerät - ausgeschlossen werden kann. Dies entspricht dem Verfahren ‚Listen-Before-Talk‘, wie es in zahlreichen anderen Shared Media (z.B. WLAN) bekannt ist.

Bei GPON werden typischerweise weniger als 32 Teilnehmer mit einem OLT-Port verbunden, sodass selbst im hypothetischen Fall einer Störung durch ein defektes Endgerät wesentlich weniger Teilnehmer beeinträchtigt werden als in Koaxialkabel- oder Mobilfunknetzen mit bis zu mehreren Hundert Teilnehmern.

Das Argument der (potenziellen) Netzstörungen wurde im Zuge der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes bereits mehrfach vorgebracht, zuletzt im Zusammenhang mit der Wiederherstellung der freien Endgerätewahl in den Kabelnetzen. Aus der heutigen Perspektive wissen wir, dass diese Befürchtungen völlig unbegründet waren. Wir sind angesichts der Erfahrungen der vergangenen Jahre fest davon überzeugt, dass dies auch mit Blick auf die Glasfasertechnologie so sein wird – nicht zuletzt, weil insbesondere auch die Hersteller von Endgeräten nach möglichst einwandfrei funktionierenden Produkten streben.

Übersicht über die Schnittstellenbeschreibungen deutscher Glasfaser-Netzbetreiber nach § 74 TKG

Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze sind laut § 74 TKG verpflichtet, „angemessene und genaue technische Beschreibungen ihrer Netzzugangsschnittstellen bereitzustellen und zu veröffentlichen“ sowie „regelmäßig alle aktualisierten Beschreibungen dieser Netzzugangsschnittstellen zu veröffentlichen“. Dabei müssen die Schnittstellenbeschreibungen „hinreichend detailliert sein, um den Entwurf von Telekommunikationsendeinrichtungen zu ermöglichen, die zur Nutzung aller über die entsprechende Schnittstelle erbrachten Dienste in der Lage sind“. Dies gilt technologieneutral.

Viele Glasfaser-Netzbetreiber, darunter namhafte Anbieter mit einer beträchtlichen Anzahl von Kunden/Anschlüssen (wie bspw. die Deutsche Telekom oder die Deutsche Glasfaser) belegen, dass die Veröffentlichung von genauen technischen Beschreibungen der Netzzugangsschnittstellen am passiven Netzabschlusspunkt in Glasfaser-Netzen möglich ist und auf dieser Basis auch im Handel erhältliche Glasfaser-Endeinrichtungen an das GPON-Netz angeschlossen und genutzt werden können:

Netzbetreiber	Fundort der Schnittstellenbeschreibung	Amtsblatt der BNetzA	Topologie
Deutsche Telekom	Allgemein: https://www.telekom.de/hilfe/geraete-zubehoer/telefone-und-anlagen/informationen-zu-telefonanlagen/schnittstellenbeschreibungen-fuer-hersteller?wt_mc=alias_schnittstellenbeschreibungen&samChecked=true 1TR112: https://www.telekom.de/hilfe/downloads/1tr112.zip GPON OLT IFPON Interface: https://www.telekom.de/hilfe/downloads/1tr112-v13-amendment-1-gpon-if-pon-sst-v1.pdf	2022-06 Nr. 50/2022	GPON
Deutsche Glasfaser	https://www.deutsche-glasfaser.de/fileadmin/content/pdf/downloads/sonstiges/DG_schnittstellenspezifikation.pdf https://www.deutsche-	2018-12 Nr. 210/2018	AON GPON

	glasfaser.de/fileadmin/content/pdf/downloads/sonstiges/DG_Schnittstellenbeschreibung_2.pdf		
EWE TEL, Osnatel	https://data.ewe.de/-/media/ewe/documents/02-privatkunden-telekommunikation/04-broschueren-und-infomaterial/schnittstellenbeschreibung-p-41c-tkg.pdf?cb=E2CC7123	2015-06 Nr. 270/2015	AON (eigene Leitungen) GPON (Glasfaser Nordwest mit Telekom)
1&1 Versatel	http://fs.1und1.net/docs/produkt/allgemein/ex_doku/1453-schnittstellenbeschreibung.pdf	2013-03 Nr. 89/2013	AON
Telefonica Germany	https://www.telefonica.de/impressum/schnittstellenbeschreibungen-der-betreiber-oeffentlicher-telekommunikationsnetze-nach-41c-tkg.html	2016-16 Nr. 1122/2016	GPON
M-net	https://www.m-net.de/fileadmin/2_Geschaeftskunden/Downloadcenter/Schnittstellendefinition_V1.1.pdf	2021-17 Nr. 243/2021	GPON
NetCologne	https://www.m-net.de/fileadmin/2_Geschaeftskunden/Downloadcenter/Schnittstellendefinition_V1.1.pdf	2021-17 Nr. 244/2021	AON
wilhelm.tel	https://www.wilhelm-tel.de/schnittstellenbeschreibung	2015-06 Nr. 266/2015	AON
Stadtwerke Schwedt	https://netze.stadtwerke-schwedt.de/assets/files/downloads/Schnittstellen.pdf	2015-04 Nr. 175/2015	AON

swb	https://www.swb.de/-/media/files/telekommunikation/broschueren-und-infomaterial/rr-schnittstellenbeschreibung.pdf	2015-06 Nr. 270/2015	GPON (Glasfaser Nordwest)
MDCC Magdeburg-City- Com	https://www.mdcc.de/media/uploads/formular/94_kunden-router/technisches-merkblatt_schnittstellen.pdf	2022-07 Nr: 61/2022	AON GPON
NetCom BW GmbH	https://www.netcom-bw.de/fileadmin/user_upload/01_Privatkunden/Docs/Schnittstellenbeschreibung.pdf	2022-06 Nr. 49/2022	AON
Stadtnetz Bamberg Gesellschaft für Telekommunikat ion	https://www.stadtwerke-bamberg.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Internet/Technische-Information-Einsatz-eigenes-Endgeraet_16062021.pdf	2021-17 Nr. 242/2021	GPON
Stadtwerke Flensburg	https://www.swfl-glasfaser.de/fileadmin/assets/pdf_dokumente/pk/5_weitere_produktdetails/5_schnittstellenbeschreibung_web.pdf	2021-17 Nr. 245/2021	AON
NEW Niederrhein Energie Wasser	https://www.new.de/fileadmin/user_upload/new.de/Dokumente/Glasfaser/NEW_Schnittstellenpezifikation.pdf	2018-12 Nr. 211/2018	GPON
htp	www.htp.net/schnittstellenbeschreibung/	2017-06 Nr. 321/2017	AON
LineCall Telecom	www.linecall.de/schnittstellenbeschreibung/	2017-06 Nr. 322/2017	AON

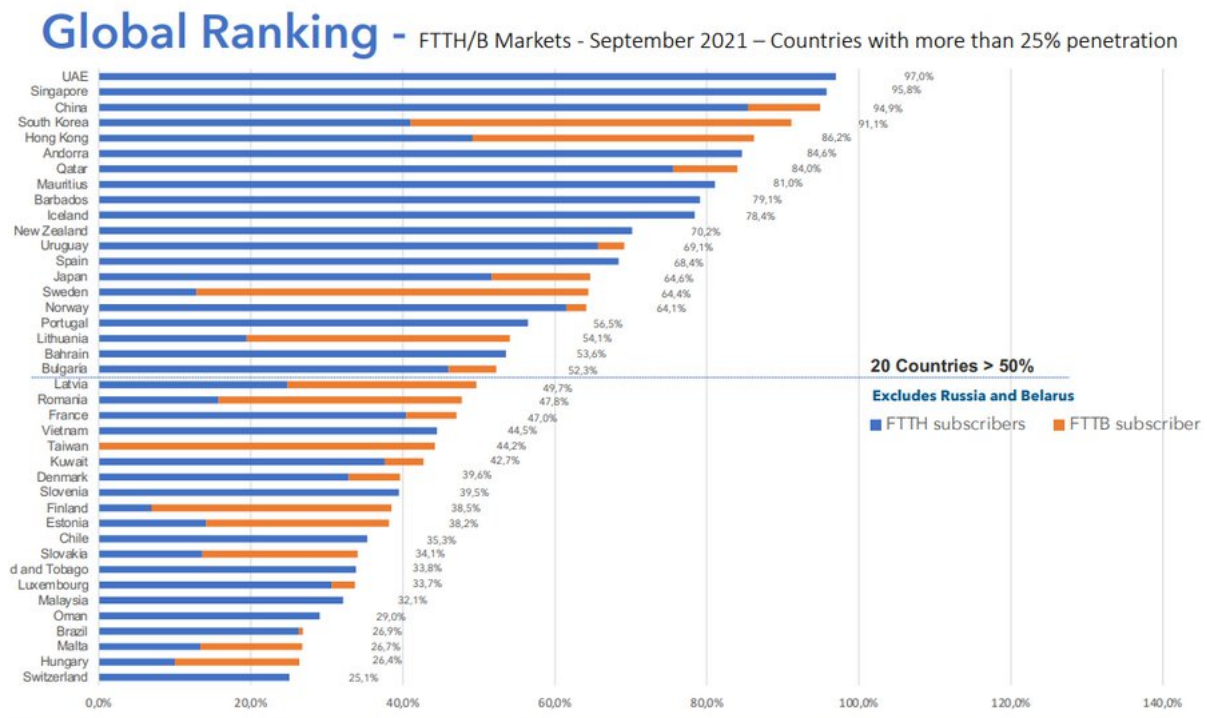
MDDSL Mitteldeutsche Gesellsch. für Kommunikation	https://test.mddsl.eu/ordernew/pdf/Schnittstellenbeschreibung_11_21.pdf	2017-06 Nr. 329/2017	AON
Stadtwerke- Strom Plauen	https://www.stadtwerke-strom-plauen.de/fileadmin/user_upload/ntg_package/images/Dokumente/Leistungsbeschreibung_D_UO_FON_FTTH.pdf	2017-06 327/2017	AON
SWU TeleNet	https://www.swu.de/fileadmin/content/telekommunikation/Passiver-Netzzugang-BK-FTTB-FTTC-FTTH-Zugangsdaten-Technische-Anforderungen.pdf	2017-06 Nr. 330/2017	GPON
DCC GmbH	https://www.dachau-citycom.de/images/Dateien_neue_HomePage/TK_Transparenzverordnung/2021-05-11_Schnittstellenbeschreibung_der_Dachau_CityCom_GmbH_nach_5_FTEG.pdf	2016-16 Nr. 1113/2016	GPON
envia Tel Cottbus	https://www.enviatel.de/footer/agb	2016-16 Nr. 1117/2016	AON
KomMITT- Ratingen	https://www.kommitt.de/fileadmin/user_upload/Glasfaser-Schnittstellenspezifikationen_Endkunden_GPON.pdf	2016-16 Nr. 1116/2016	GPON
WOBCOM	https://www.wobcom.de/wp-content/uploads/Leistungsbeschreibung-Dezember-2021.pdf	2016-16 Nr. 1125/2016	GPON

Anmerkungen zu Kompatibilität und Interoperabilität von Telekommunikationsendgeräten und öffentlichen Telekommunikationsnetzen im Bereich der Glasfasertechnologie

1. PON: Verbreitung im weltweiten Markt
2. Auch Netzbetreiber wünschen eine Vielfalt an Endgeräten bei PON
3. PON-Standards sind ausgereift
4. Ressourcenzuteilung in PON erfolgt durch das Netz (OLT)
5. Allgemeine Bestimmungen zur Störsicherheit von Endgeräten
6. Absicherungen gegen Fehlverhalten eines Endgeräts im Standard
7. Zertifizierung der Konformität zum Standard
8. Interoperabilität - organisiert von der Industrie für die Industrie

1. PON: Verbreitung im weltweiten Markt

Der weit überwiegende Teil der FTTH-Anschlüsse weltweit basieren auf „Passive Optical Networks“ (PON). Insbesondere in China erfolgte der Glasfaser-Ausbau mit PON – über 90% der vielen 100 Millionen Festnetzanschlüsse laufen mit GPON.



FTTH/B Global Ranking 2022, <https://www.ftthcouncil.eu/> (Member Area)

Generell basieren die Anschlüsse in Asien ausschließlich auf GPON und zunehmend XGS-PON. Aufgrund der schieren Größe der Märkte ist Interoperabilität zwischen Netz (Optical Line Termination, OLT) und Endgeräten (Optical Network Termination, ONT/IAD) notwendig und auch gegeben; die Endgeräte sind auch im Handel erwerbbar und von den Nutzern anschließbar.

2. Auch Netzbetreiber wünschen eine Vielfalt an Endgeräten bei PON

Der Blick nach Europa zeigt ein vergleichbares Bild: Die fortgeschrittenen „Glasfaser-Nationen“ (Frankreich und Spanien) verwenden flächendeckend GPON mit Millionen von Geräten und befinden sich am Beginn des Übergangs auf XGS-PON.

Betrachtet man die Implementierung von Glasfaser in den europäischen Netzen, ist deutlich zu erkennen, dass kaum noch ein an den OLT-Hersteller gebundener Verkauf eines ONT des gleichen Herstellers erfolgt. Stattdessen werden, wie auch bei allen anderen Breitbandtechnologien für Endverbraucher üblich, integrierte Geräte (Integrated Access Device, IAD) verwendet. Dies gilt bspw. für die Telekommunikationsunternehmen in Deutschland, Belgien, Spanien, Frankreich, Italien und anderen Ländern.

Ein Endgerät mit integriertem Glasfasermodem, Telefonie und WLAN-Router wird zum Standard. Einige dieser Geräte sind in den Anhängen 3 und 4 aufgelistet.

Die Hersteller dieser IAD unterscheiden sich von den Herstellern der OLT. Dies ist auch der Grund, warum Netzbetreiber schon jetzt bereits ein hohes Maß an herstellerübergreifender Interoperabilität und Standardkonformität am Glasfaseranschluss erreicht haben.

Dieses Interesse ist auch in Open-Access- bzw. Kooperationsmodellen begründet. Ähnlich wie bei Vectoring oder DOCSIS erfordert auch PON die Koordination bzw. Herrschaft eines OLT durch den Netzbetreiber, während Serviceprovider ihren Diensten entsprechend ihren Privat- oder Firmenkunden entsprechende Endgeräte (IAD) anbieten.

3. PON-Standards sind ausgereift

Für die derzeit verbreiteten PON sind die zugehörigen Standardisierungen bereits vor vergleichsweise langer Zeit abgeschlossen worden. Die Standardisierungen für GPON in ITU-T G.984.1 - die in Deutschland zurzeit am weitest verbreitete PON-Variante - reichen bis zum Anfang dieses Jahrtausends zurück. Die ersten Ratifizierungen (denen eine entsprechend lange Vorbereitungszeit vorausgeht/-ging) fanden bereits im Jahr 2003 statt (vgl. ITU-T G.984.1, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>) und sind damit älter als VDSL2 (vgl. ITU-T G.993.2, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2/en>).

Wie bei anderen Telekommunikationsstandards, wurden die PON-Standards im Laufe der Zeit weiter „verfeinert“; dazu gehört z.B. die Aufnahme von Energiesparfunktionen für Geräte ohne Last (vgl. Rec. ITU-T G.984.3 (2014)/Amd.1 (03/2020), Table E.2 - ONU power management states).

Konkret gibt es innerhalb von ITU-T G.984 (GPON) folgende Standarddokumente:

- G.984.1 : General characteristics, 2008, with amendment 1 (2009) and 2 (2012)
- G.984.2 : Physical Media Dependent (PMD) layer specification, 2003, with amendment 1 (2006) and 2 (2008)
- G.984.3 : Transmission convergence layer specification, 2008, with amendments 1 (2009), 2 (2009), 3 (2012) and erratum 1 (2010)
- G.984.4 : ONT management and control interface (OMCI) specification, 2008, with amendments 1 (2009), 2 (2009), 3 (2010), erratum 1 (2009), corrigendum 1 (2010), and an

implementer's guide (2009)

G.984.5 : Enhancement Band, 2014, Coexistence with future WDM PON technology on the same medium

G.984.6 : Reach extension (2008), with amendments 1 (2009) and 2 (2012)

G.984.7 : Long reach (2010)

4. Ressourcenzuteilung in PON erfolgt durch das Netz (OLT)

Alle technischen Standards für Punkt-zu-Mehrpunkt-Topologien (beispielsweise DOCSIS, Mobilfunk 4G/5G, ISDN oder PON) vergeben die Kontrolle über das Medium einseitig der Netzwerkseite.

Bei PON übernimmt die Netzbetreiber-Ausrüstung (OLT) sowohl die Aktivierung neuer Endgeräte - der GPON-Teilnehmermodems (ONT) - als auch die komplette Verwaltung der Leitungsparameter (vgl. ITU-T G-984.3 "TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS"). Damit hat der Betreiber des OLT die gesamte Kontrolle und Sichtbarkeit über teilnehmenden Endgeräte. Hinzu kommt, dass ein neu angeschlossenes Endgerät erst dann überhaupt auf der Leitung senden darf, wenn das Netz dazu (in Abständen) definierte Zeitslots zur Verfügung stellt und nach neu hinzugekommenen ONT fragt (vgl. ITU-T 984.3, 10 activation method).

Alle GPON-Teilnehmermodems verwenden einen Physical Layer Management Channel (PLOAM), um die Übertragung zwischen OLT und GPON-Teilnehmermodem auf physikalischer Ebene zu koordinieren. Ohne diesen Managementkanal kann die Verbindung nicht aktiviert werden und das GPON-Modem kann nicht senden.

GPON-Teilnehmermodems aller Standards sind so konzipiert, dass sie das ankommende Signal zuerst prüfen, bevor sie Licht in die Faser einspeisen ("listen before talk"). Nur wenn die technischen Bedingungen erfüllt sind und das Modem vom Betreiber autorisiert ist und vom Betreiber eine zeitliche Ressource zugeteilt bekommen hat, wird die aktive Übertragung in das Glasfasernetz gestartet.

PLOAM bietet bei Bedarf eine Möglichkeit, ein GPON-Teilnehmermodem aus der Ferne von der OLT-Seite aus abzuschalten.

5. Allgemeine Bestimmungen zur Störsicherheit von Endgeräten

Nicht nur in Bezug auf PON gibt es für das Inverkehrbringen von Produkten im europäischen Binnenmarkt sog. „grundlegende Anforderungen“, die in den entsprechenden europäischen Normen beschrieben werden. Dazu gehört z.B. Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit, die ein Stören von Netzen ausdrücklich verbietet.

Dazu kommen Regelungen aus ITU-T K.137 (01/2022), "PROTECTION AGAINST INTERFERENCE. Electromagnetic compatibility requirements and measurement methods for wireline telecommunication network equipment" (<https://www.itu.int/rec/T-REC-K.137-202201-I/en>), die die Störfestigkeit von Netzwerkinfrastrukturen beschreibt und entsprechende Tests spezifiziert.

6. Absicherungen gegen Fehlverhalten eines Endgeräts im Standard

Wie bei allen technischen Geräten ist es vereinzelt möglich, dass ONT ausnahmsweise defekt werden. Um das GPON vor möglichen Schäden durch solche Geräte zu bewahren, regelt der PON-Standard Verfahren für die Erkennung und Trennung solcher Geräte vom Netz, so in ITU-T Series G, Supplement 49 "Rogue optical network unit (ONU) considerations"; darin: "techniques and tools to facilitate the prevention, detection, isolation and removal of the offending ONU to avert or minimize service interruptions to other ONUs on the PON").

So erhebt der OLT statistische Daten zur tatsächlichen Einhaltung der von ihm vorgegeben Zeitslots durch die ONT und kann bei zu hoher Abweichung den ONT von der Teilnahme ausschließen. Hierzu ist ein entsprechender Status vorgesehen ("Emergency Stop" oder E-STOP), der dem Endgerät untersagt, den Laser zu aktivieren und zu senden. Dieser Status kann auch so eingerichtet werden, dass das Endgerät diesen auch über einen Neustart hinaus beibehalten muss. Der Standard sieht im Vorfeld aber eine Kommunikation mit dem ONT vor, damit er diese Abweichungen ausgleicht.

7. Zertifizierung der Konformität zum Standard

Möglichkeiten, die Kompatibilität und Interoperabilität der Endgeräte zu Standards und Infrastrukturelementen anderer Hersteller zu belegen, prüfen oder zu zertifizieren, werden von internationalen Telekommunikationskonsortien wie dem Broadband Forum (für DSL- oder Glasfasertechnologien), CableLabs (für DOCSIS/Kabelnetze) bereitgestellt .

Eine allgemein von europäischen Telekommunikationsunternehmen wie der Swisscom, Orange, KPN, Telefónica oder der Deutschen Telekom anerkannte Prüfung wird vom Broadband Forum in TR-247 (https://www.broadband-forum.org/technical//download/TP-247_Issue-4.pdf) spezifiziert und vorgenommen.

Diese Prüfung gibt es bereits seit 2011 und umfasst alle wesentliche Punkte, die die Kompatibilität und Interoperabilität zwischen verschiedenen Komponenten unterschiedlicher Hersteller sicherstellt. Waren es bis 2018 bereits 66 Endgeräte unterschiedlicher Hersteller, die erfolgreich Konformität nachweisen konnten sind es zum Stand August 2022 bereits 132 Produkte von 32 Herstellern weltweit. 105 Produkte wurden für GPON und bereits 27 Produkte für XGS-PON zertifiziert. Die Mehrheit der Produkte (85) sind vom Typ IAD (Residential Gateway) bzw. als SFP zum Einschub in einen IAD. 48 Zertifizierungen beziehen sich auf „herkömmliche“ ONT.

Zu den in Deutschland bekannteren Herstellern gehören Arcadyan, AVM, CommScope (ehemals ARRIS), Genexis, Huawei, Nokia, Sagemcom, Sercomm, Technicolor, ZTE und Zyxel.

Weitere Details dazu finden sich unter <https://www.broadband-forum.org/wp-content/uploads/2022/08/BBF.247-GPON-ONU-Products-2022-08-01.pdf>

8. Interoperabilität - organisiert von der Industrie für die Industrie

Für alle im Telekommunikationsmarkt agierenden Hersteller gilt: Die Basis für die Entwicklung eines Produkts und die darauf basierende Marktteilnahme sind Chips als Vorprodukte der Halbleiterindustrie, die für den jeweiligen Anwendungszweck entwickelt werden. Halbleiterhersteller bedienen globale Märkte, die sich um die internationalen Standards herum entwickeln.

Chiphersteller stellen daher bereits früh im Entwicklungsprozess sicher, zum jeweiligen Standard konform sowie zu möglichst vielen anderen Chipherstellern interoperabel zu sein, bevor der „Baustein“ in die Produktion geht. Dieses industrieseitige Vorgehen wird als „interoperability by design“ bezeichnet.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Anzahl an Herstellern von Chipsätzen für bestimmte Telekommunikationsstandards - seien es DSL-, Kabel oder Glasfasernetze - sehr gering ist; bei GPON sind insbesondere die Hersteller MaxLinear, Broadcom, Cortina und Mediatek relevant.

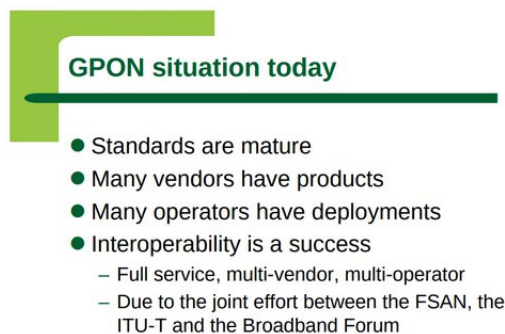
Hinzu kommt, dass nicht jeder dieser Hersteller Bausteine für sowohl die Infrastruktur auf Seiten des Netzbetreibers (OLT) als auch für Endgeräte (ONT/IAD) herstellt. Es besteht also ein großes Interesse daran, die Lösungen/Produkte anderer Hersteller ebenfalls zu unterstützen.

Neben der reinen Prüfung auf Standardkompatibilität gibt es weitere Maßnahmen der Industrie, die reibungslose Zusammenarbeit ihrer Komponenten sicherzustellen. Insbesondere in früheren Phasen einer Implementierung neuer Protokolle organisiert die Industrie gerne so genannte "Plug-Fests", bei denen auf Arbeitsebene (Ingenieure und Entwickler) Produkte durch kombinieren verschiedener Konstellationen prüfen und testen, ob es in der Implementation eines Standards Besonderheiten gibt, die Berücksichtigt werden müssen. So kann zu einem sehr frühen Zeitpunkt geprüft werden, wo es in der Implementation noch graue Bereiche gibt, die ggfs. genauer beschrieben und definiert werden müssen oder ob in bestimmten Einstellungskonstellationen Schwierigkeiten auftreten.

Für GPON wurden diese Events in der Regel von der Industrieorganisation "Full Access Service Network (FSAN)" organisiert und von der University of New Hampshire (UNH) durchgeführt, die ein Interoperability Lab betreiben. Die Plugfests für GPON liegen allerdings soweit in der Vergangenheit, dass sie nicht mehr im Archiv der Universität gepflegt werden (zur Orientierung: das letzte dokumentierte Plugfest für GPON bei der UNH fand im Jahr 2010 statt, <https://www.iol.unh.edu/event/2010/06/11th-fsan-gpon-test-event>).

Diese von der Industrie (von Chipsatzherstellern bis hin zu Systemintegratoren) geschätzten Events werden auch für neue Glasfasertechnologien fortgeführt. Für XGS-PON wurde das letzte Plugfest direkt vom Broadband Forum organisiert (<https://www.broadband-forum.org/meetings-and-events/4th-xgs-pon-interoperability-plugfest>) und bei LAN-Park in Frankreich durchgeführt (wo auch die BBF.247-Zertifizierungen durchgeführt werden).

Das Broadband Forum und dessen Mitglieder stellten bereits vor zwölf Jahre, im Jahr 2010, fest:



The slide features a green L-shaped graphic on the left side. The title "GPON situation today" is positioned at the top left of the content area, followed by a horizontal line. Below the line is a bulleted list of four main points, with the last one having two sub-points.




GPON situation today

- Standards are mature
- Many vendors have products
- Many operators have deployments
- Interoperability is a success
 - Full service, multi-vendor, multi-operator
 - Due to the joint effort between the FSAN, the ITU-T and the Broadband Forum






**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

Fully integrated terminal devices are very common with fiber providers. This development can also be clearly seen in retail; numerous IADs for direct connection to the fiber network are offered.

In China, which can justifiably be called a fiber mass market, the range of commercially available (fully integrated) terminal devices for direct connection to the fiber line is even more remarkable.

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Telekom	Fiber / GPON	Speedport Smart 4 Plus		https://www.telekom.de/zuhause/geraete-und-zubehoer/wlan-und-router/speedport-smart-4-plus-kauf
Sercom (Deutsche Telekom)	Fiber / GPON	Speedport Modem 2		https://www.amazon.de/-/en/Deutsche-Telekom-flexible-connection-Speedport/dp/B09159SSJB
Telekom	Fiber / GPON /DSL	Speedport Pro Plus		https://www.mediamarkt.de/de/product/_telekom-speedport-pro-plus-2721714.html?






**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Telekom	Fiber / GPON	Digitalisierungsbox		https://www.telekom.de/hilfe/geraete-zubehoer/router/digitalisierungsbox/premium-2 https://blog.jaseg.de/posts/telekom-gpon-sfp/
Zyxel	Fiber / GPON	PMG3000-D20B		https://geschaeftskunden.telekom.de/internet-dsl/produkt/digitalisierungsbox-glasfasermodem-kaufen
AVM	Fiber / GPON	FRITZ!Box 5590 Fiber		https://www.amazon.de/AVM-Glasfasermodem-DECT-Basis-5-Gigabit-Port-Deutschland/dp/B09ZD4LFR3
AVM	Fiber / GPON	FRITZ!Box 5530 Fiber		https://www.amazon.de/AVM-Glasfasermodem-2-5-Gigabit-LAN-Port-geeignet-Deutschland/dp/B08RB83RZ4/
AVM	Fiber / GPON	FRITZ!Box 5491 Fiber		https://www.notebooksbilliger.de/avm+fritzbox+5491+b+ware+663575



**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
LANCOM	Fiber / GPON	LANCOM 1790EF		https://www.lancom-systems.de/produkte/router-sd-wan/vpn-router/lancom-1790ef
LANCOM	Fiber / GPON	LANCOM 1790EF		https://www.lancom-systems.de/produkte/router-sd-wan/vpn-router/lancom-1800ef
LANCOM	Fiber / GPON	LANCOM 1800EFW		https://www.lancom-systems.de/produkte/router-sd-wan/vpn-router/lancom-1800efw
LANCOM	Fiber / GPON	LANCOM 1800EFW-5G		https://www.lancom-systems.de/produkte/router-sd-wan/vpn-router/lancom-1800ef-5g
LANCOM	Fiber / GPON	LANCOM 1900EF		https://www.lancom-systems.de/produkte/router-sd-wan/vpn-router/lancom-1900ef
LANCOM	Fiber / GPON	LANCOM 1900EF-5G		https://www.lancom-systems.de/produkte/router-sd-wan/vpn-router/lancom-1900ef-5g





**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
LANCOM	Fiber / GPON	LANCOM SFP-GPON-1		https://www.lancom-systems.de/produkte/optionen-zubehoer/zubehoer/lancom-sfp-gpon-1
Draytek	Fiber / GPON	Vigor2925FVn		https://www.draytek.de/Glasfaser.html
Draytek	Fiber / GPON	Vigor 2860FVn		https://www.draytek.de/Glasfaser.html
Turris	Fiber / GPON	Omnia RTROM01-FCC		https://www.turris.com/en/omnia/overview/
Ubiquiti	Fiber / GPON	UF-Nano		https://www.amazon.de/-/en/0810354025761-Ubiquiti-Uf-Nano/dp/B076KHSXTB/




**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
				
Televes	Fiber / GPON	ONT Hospitality (769514)		https://www.televes.com/uk/769514-ont-hospitality-wifi-ac-module.html




**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
TP-Link	Fiber / GPON	TX-VG1530		https://www.tp-link.com/baltic/home-networking/pon-sfu-hgu/tx-vg1530/
TP-Link	Fiber / GPON	N300		https://www.ebay.de/itm/265710040345
Halny	Fiber / GPON	HL-1GE		https://www.amazon.de/-/en/terminal-downstream-upstream-gigabit-interface-White/dp/B09YD1XGD7
Elfcam	Fiber / GPON	Onu		https://www.amazon.de/-/en/Elfcam%C2%AE-GPON-Ethernet-optical-interface/dp/B09LD3FGVN



**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Tenda	Fiber / GPON	HG7		https://www.tendacn.com/de/product/HG7.html
D-Link	Fiber / GPON	DPN-101G		https://www.dlink.lt/mn/products/1383/2624.html
D-Link	Fiber / GPON	DPN-144DG		https://www.dlink.lt/mn/products/1383/2176.html
D-Link	Fiber / GPON	DPN-124G		https://www.dlink.lt/mn/products/1383/2177.html
D-Link	Fiber / GPON	DPN-1021G		https://www.dlink.lt/mn/products/1383/2175.html




**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
EchoLife	Fiber / GPON	EG8280P		https://www.router-switch.com/eg8280p.html
Comtrend	Fiber / GPON	GRG4267uf GRG-4260		https://www.aleashop.es/gpon/ont/ont-gpon-comtrend-grg-4267uf.html https://www.aleashop.es/gpon/ont/ont-gpon-comtrend-grg4260us.html
Huawei	Fiber	EG8245Q EG8245H5 EG8145v5 EG8141A5		https://www.aleashop.es/ont-gpon-huawei-eg8245q.html https://www.aleashop.es/gpon/ont/ont-gpon-huawei-eg8245h5.html https://www.aleashop.es/gpon/ont/ont-gpon-huawei-eg8145v5.html https://www.aleashop.es/gpon/ont/ont-gpon-huawei-eg8141a5.html https://www.aleashop.es/gpon/ont/ont-gpon-huawei-eg8245q.html



**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
				
Mikrotik	Fiber	PowerBox Pro hEX S hEX PoE RB4011iGS+RM RB2011iLS-IN		https://mikrotik.com/product/RB960PGS-PB https://mikrotik.com/product/hex_s https://mikrotik.com/product/RB960PGS






**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
				https://mikrotik.com/product/rb4011igs_rm https://mikrotik.com/product/RB2011iLS-IN
NuCom	Fiber / GPON	NC8800AC		https://www.aleashop.es/gpon/ont/ont-gpon-nucom-nc8800ac.html
Optera	Fiber / GPON	i6405 FTU		https://icotera.com/media/1475/icotera-ftth-cpe-i-series-product-catalogue-v52.pdf https://www.proshop.de/Datenelektronik/Icotera-i6405-00-with-ftu/2750164
Televes	Fiber / GPON	ONT-Modul Home		https://www.televes.com/de/769502-ont-modul-home.html https://www.amazon.de/Televes-Modul-GPON-Ont-WLAN/dp/B01LCZQDRA/


**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
				
TP-Link	Fiber / GPON	Archer CR500 XN020-G3v		https://service-provider.tp-link.com/gpon/xn020-g3v/
	Fiber (GPON Modem, VoIP)	XR500v (Archer) TX-6610		https://service-provider.tp-link.com/gpon/archer-xr500v/



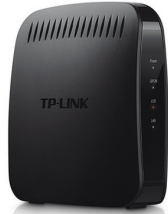
**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
	Fiber (GPON Modem)	FIBRA	 	https://www.amazon.de/TP-Link-WiFi-Router-Fibra-300mb/dp/B07G5JW9PP
	Fiber / GPON	TX-6610	 	https://www.amazon.de/TP-Link-TX-6610-1-Port-Gigabit-GPON-Terminal/dp/B019M0IP2I
FS	Fiber / GPON	GPON SFP Transceiver Modul mit DDM - GPON SFP ONU Stick mit Mac		https://www.fs.com/de/products/133619.html


**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

EU/Germany				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Televes	Fiber / GPON	Basic ONU module (769507)		https://www.televes.com/uk/769507-basic-onu-module.html

**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

USA				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Ubiquiti	Fiber	UF-Nano		https://www.amazon.com/dp/B077BFMJGL
CENTURYLINK	Fiber	Greenwave C4000XG		https://www.amazon.com/-/de/dp/B08BHNWR34/r
NBS	Fiber	BGW-320 500 802.11a		https://www.amazon.com/-/de/dp/B08PCRYJPW/
TP-Link	Fiber	TX-6610		https://www.tp-link.com/ae/service-provider/gpon/tx-6610/




**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

USA				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Optera	Fiber	i6405 FTU		https://icotera.com/media/1475/icotera-ftth-cpe-i-series-product-catalogue-v52.pdf https://www.proshop.de/Datenelektronik/Icotera-i6405-00-with-ftu/2750164



**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

China				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Diverse	Fiber	Diverse		https://www.taobao.com/ Search: „Gpon Router“

**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**

China				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
Huawei	Fiber	HG8120C		https://www.a.ubuy.com.kw/en/product/5C6C6H0AI-hg8120c8321rhgu2-1dibili-hg8120c
TP-Link	Fiber	Ep110		https://www.a.ubuy.com.kw/en/product/1HKT1LOIO-tp-link-tl-ep110-gigabit-cat-broadband-cat-epon-china-telecom-mobile-pon-terminal-tl-gp110-gigafiber-broadband-gpon
Linkwell	Fiber	BT-762XR		https://de.aliexpress.com/item/1005001727917969.html

**Examples of Fibre Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
Available in Worldwide Retail Markets
(08/2022)**




China				
Vendor	Subscriber Line	Products	Picture	Link
				
Linkwell	Fiber	BT-601GB		https://de.aliexpress.com/item/1005001726196027.html

**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

This is an overview of Integrated Access Devices (IAD) of European telecommunication operators. It demonstrates the diversity of device types and highlights that none of the devices are provided by manufacturers of central office equipment. All of the devices listed below are made by OEMs for operators running central office equipment from different manufacturers and thus can be taken as an example for interoperability and standard conformity on a very large scale.

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
DE	Germany	DTAG	Fiber, DSL	Telekom Speedport Smart 4		https://www.telekom.de/zuhause/geraete-und-zubehoer/wlan-und-router/speedport-smart-4-plus-kauf
DE	Germany	Deutsche Glasfaser	Fiber	Sagemcom F@st 386E AX 7800		https://www.deutsche-glasfaser.de/dgwlanplus/
CH	Switzerland	Swisscom	Fiber	Internetbox 4		https://www.swisscom.ch/en/residential/products/internetrouter/details.html/internet-box-4-fibre-11050518




**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
CH	Switzerland	Salt	Fiber	FiberBox x6		https://fiber.salt.ch/en/help/home/internet/fiber-box-x6
CH	Switzerland	Zyxel	Fiber	Zyxel AX7501-B0		https://www.zyxel.ch/de/provider-products/fiber-access/ax7501-b0/
CH	Switzerland	Sunrise	Fiber	F@st 5688ax Sunrise Internet Box		
F	France	Free	Fiber	Freebox Delta		https://www.free.fr/freebox/freebox-delta/




**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
F	France	Orange	Fiber	Livebox 6		https://boutique.orange.fr/informations/livebox-6/
ES	Spain	Movistar (Telefonica)	Fiber	Movistar Home		https://www.movistar.es/particulares/movil/moviles/hgu
ES	Spain	Vodafone	Fiber	Wifi Station		https://www.vodafone.es/c/particulares/es/productos-y-servicios/internet-y-fijo/super-wifi-6-y-router-wifi-6/

**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
I	Italy	TIM	Fiber, DSL	TIM Hub+		https://www.tim.it/prodotti/modem-e-chiavette/modem-tim-hub-plus
P	Portugal	MEO	Fiber	MEO Fiber Gateway Wifi 6 und XGS-PON		
	General	Icoteria	Fiber	XGS-PON FTTH ONT - i7400 Series		https://icotera.com/products/fiber-network-termination/xgs-pon-ftth-ont-i740x-series




**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
General	Sercom	Fiber	Tri-band 10G PON Home Gateway		https://www.sercomm.com/contpage.aspx?langid=7&type=prod3&L1id=21&L2id=17&L3id=66&Prodid=551
General	Askey	Fiber	XGS-PON Home Gateway		https://www.askey.com.tw/products-detail/rtf6105vw/
General	Commscope (Arris)	Fiber	NVG578 10G GPON Gateways		https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/64324-p360-nvg578-external.pdf




**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
B	Belgium	Proximus	Fiber, DSL	B-Box 3		https://www.proximus.be/en/id_zwpr_p/personal/products.html
DE	Germany	Deutsche Telekom	VDSL 35b, Fixed Line/Wireless Hybrid, Fiber	Speedport Smart 3, Speedport Pro		https://www.telekom.de/zuhause/geraete-und-zubehoer/wlan-und-router
FR	France	Orange	Fiber, VDSL	Livebox 5		https://boutique.orange.fr/internet/offres-fibre
FR	France	Free	Fiber (VDSL)	freebox		https://www.free.fr/freebox
NL	Netherlands	KPN	Fiber, VDSL	Xperia Box		https://www.consumentenbond.nl/router/producten/zte/experia-box-v10 https://www.kpn.com/internet/glasvezel.htm https://shop.kpn.com/internet-tv/internet-tv/


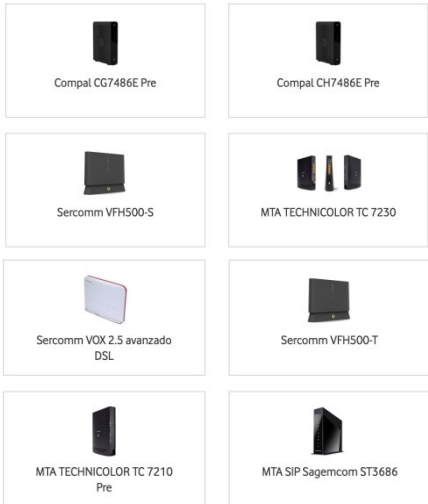

**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
CH	Switzerland	Swisscom	Fiber ,VDSL, G.Fast	Internet Box 2 Internet Box 3		https://www.swisscom.ch/de/privatkunden/abos-tarife/inone-home/internet.html https://www.swisscom.ch/de/privatkunden/produkte/zu-behoer/swisscom-tv-und-internet/internet-box-3.html
CH	Switzerland	Sunrise		Sunrise Internet Box		https://www.sunrise.ch/de/privatkunden/internet-tv/bundles.html
CH	Switzerland	Salt	Fiber, 10G XGS PON	Salt Fiber Box		https://www.salt.ch/de/#Fiber


**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
I	Italy	Telekom Italia	Fiber, ADSL, VDSL	TIM Hub FRITZ!Box 7590		https://www.tim.it/tim-super-fibra#/
I	Italy	Fastweb	Fiber, ADSL, VDSL	Fastgate		https://www.fastweb.it
I	Italy	Wind Infostrada	Fiber	Zykel Fiber Router		https://www.infostrada.it/privati/

**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
ES	Spain	Telefonica Movistar	Fiber,DSL	IAD		http://www.movistar.es/particulares/internet/adsl-fibra-optica?pid=tealium_clic_PA-control-ofertas-internet-y-fijo
ES	Spain	Vodafone	DOCSIS, xDSL, Fiber	Various OEM Products		https://www.vodafone.es/c/tienda-online/particulares/fibra-optica/
ES	Spain	Orange	Fiber, xDSL	Livebox		https://internet.orange.es/home/fibra-adsl/

**Examples of Fiber Telecommunication Terminal Equipment / Integrated Access Devices (IAD)
for selected Public Network Operators in Europe (08/2022)**

	Country	Network Operator	Subscriber Line	Products	Picture	Link
ES	Spain	Euskatel	Fiber	ASUS Router		https://www.euskatel.com

Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland
[Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

DATUM	URSACHE	BERICHT
06.08.2022	Kabelschaden	Karlsruher Kunden verzweifeln: Seit Wochen kein Telefon, Internet und TV. In den heutigen Zeiten ist eine Störung über einen so langen Zeitraum eine Unmöglichkeit. Ein Kabelschaden ist die Ursache, dass sich Menschen in Wolfartsweier gerade ziemlich veräppelt fühlen. Ein Ende ist noch nicht absehbar. https://bnn.de/karlsruhe/karlsruhe-stadt/wolfartsweier/karlsruher-kunden-verzweifeln-seit-wochen-kein-telefon-internet-und-tv
05.08.2022	Kabelschaden bei Baggerarbeiten	Netzausfall: Auch Krankenhäuser waren betroffen Ein Kabelschaden bei Baggerarbeiten an der B 178 hatte diese Woche wieder für eine großräumige Störung von Telefon und Internet gesorgt. Das hatte Auswirkungen auf die Kliniken in Ebersbach, Zittau und Weißwasser. Plötzlich sind die Leitungen tot - was für den Privathaushalt ein großes Ärgernis ist, kann für ein Krankenhaus oder andere Einrichtungen zu einem noch größeren Problem werden. Nachdem bei Baggerarbeiten im Zuge des B-178-Ausbaus bei Oberseifersdorf am Mittwochnachmittag erneut ein Glasfaserkabel beschädigt worden ist, wurde nun bekannt: auch das Klinikum Oberlausitzer Bergland (KOB) war betroffen - wie tausende andere Privathaushalte und Firmen. https://www.saechsische.de/loebau/lokales/klinikum-vom-netzausfall-betroffen-telefon-internet-bau-b-178-kabel-defekt-5739836-plus.html
05.08.2022		Vodafone: Die Störung bei Internet und Telefonie im Vodafone-Netz, von der auch Kunden in Weener und in der Gemeinde Jemgum betroffen waren, ist behoben. Seit Freitag Netzausfall bei DSL und Telefonie https://rheiderland.de/artikel/41613/vodafone-stoerung-im-netz-behoben Vodafone: 200 Anschlüsse gestört - Rheiderland Zeitung https://rheiderland.de/artikel/41595/vodafone-200%C2%A0anschluesse-gestoert
04.08.2022	Rückkanalstörung	Rund 250 Vodafone-Kabel-Kunden in Waldkirch sind von einer Störung betroffen. Sie haben Probleme mit Internet, Telefon und Fernseher: Die Fehlerbehebung sei schwierig, sagt das Unternehmen. Techniker des Telekommunikationsanbieter suchen gerade nach dem Gerät, das die Störung verursacht. https://www.badische-zeitung.de/rund-250-waldkircher-vodafone-kunden-von-stoerung-betroffen--215771887.html
03.08.2022	beschädigte Leitung / 192 Glasfasern	Die Deutsche Glasfaser hat seit Mittwochmittag massive Probleme. Wegen einer großflächigen Störung haben die Kunden in Kaarst, Korschenbroich und Willich teilweise kein Internet und Festnetz. Seit Mittwochmittag haben Kunden der Deutschen Glasfaser (DG) am Niederrhein teilweise weder TV-Empfang, Internet noch Festnetz. Wie das Unternehmen mitteilte, gibt es in dem Bereich seit etwa 12.20 Uhr eine Störung für Privat- und Geschäftskunden. Rund 1500 Haushalte in Kaarst, Korschenbroich, Willich, Viersen und Mönchengladbach seien betroffen, wie ein Sprecher des Unternehmens gegenüber unserer Redaktion erklärte. Das Problem werde analysiert und die DG versuche, es so schnell wie möglich zu beheben, so der Sprecher weiter. Der Grund für die Störung sei entweder auf einen Faserschaden, der zum Beispiel wegen Tiefbauarbeiten auftreten kann, oder auf ein Softwareproblem zurückzuführen. https://rp-online.de/nrw/staedte/kaarst/kaarst-grossflaechige-stoerung-bei-diensten-der-deutschen-glasfaser_aid-74181801 https://rp-online.de/nrw/staedte/kaarst/kaarst-deutsche-

Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland
[Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

		glasfaser-findet-ursache-fuer-stoerung_aid-74266703
04.08.2022	großes Glasfaserkabel beschädigt.	Nach drei Wochen läuft das Internet in Lehre endlich wieder. Bei Tiefbauarbeiten an der Berliner Straße wurde am 11. Juli ein großes Glasfaserkabel beschädigt. https://www.helmstedter-nachrichten.de/helmstedt/article236071307/Nach-drei-Wochen-laeuft-das-Internet-in-Lehre-endlich-wieder.html
03.08.2022		Vodafone-Störung im Kabel-Glasfasernetz dauert mehr als vier Tage an. Rund 100 Kundenanschlüsse in Walsrode waren betroffen. https://www.wz-net.de/vodafone-strung-dauert-mehr-als-vier-tage-an_150_112179573-21-.html
04.08.2022		Polizei ermittelt zu Netzausfall in Löbau-Zittau Wo der Defekt an der Leitung liegt, ist inzwischen klar. Den genauen Grund des Telefon- und Internetausfalls ermittelt jetzt die Polizei. Die Polizei ermittelt zum erneuten Netzausfall im Süden des Landkreises. Betroffen waren seit dem frühen Mittwochnachmittag Kunden von Telekom, Vodafone und weiterer Anbieter. Dabei funktionierten weder Telefon noch Internet oder andere Dienste. https://www.saechsische.de/zittau/verkehr-baustellen-zittau/bauarbeiten-internet-telefon-ausfall-telekom-zittau-loebau-oderwitz-herrnhut-5739101-plus.html
03.08.2022		Ärger über Vodafone in Xanten. Tagelang bleibt der Fernseher schwarz. 26 Haushalte in Xanten haben seit eineinhalb Wochen kein TV oder Internet. Vodafone will die Störung bald beheben. Warum das bisher nicht möglich war – die Erklärung des Unternehmens dazu https://rp-online.de/nrw/staedte/xanten/xanten-tagelange-stoerung-kunden-aergern-sich-ueber-vodafone_aid-74164267
02.08.2022	defekten Gleichrichter in einem versorgenden Netzelement	Seit Montag ist es im Ortsteil Heuchelheim bei manchen Telekom-Kunden zu einer Störung von Internet und Festnetz-Telefon gekommen. Rund 100 Anschlüsse seien betroffen. Als Resultat sei es zu vereinzelt Ausfällen dort angeschalteter Kundenanschlüsse gekommen. https://www.fnp.de/lokales/wetteraukreis/kein-internet-in-heuchelheim-91702649.html
04.08.2022	Glasfaserkabel bei Baggerarbeiten zerstört	Kein Internet, kein Telefon – Vodafone- und Telekom-Kunden im Raum Zittau haben seit Gestern Nachmittag vergeblich versucht, eine Verbindung zu bekommen. Die Störung wurde offenbar inzwischen beseitigt. Telefon und Internet funktionieren wieder. https://www.radiolausitz.de/beitrag/kabel-zerstoert-viele-zittauer-ohne-telefon-und-internet-732030/
02.08.2022	unbezahlte Stromrechnung	Oberkircher Stadtwerke drehen Vodafone in Renchen den Saft ab. Zwei Jahre sind die Oberkircher Stadtwerke der Stromrechnung für einen Mobilfunkmast in Renchen hinterhergelaufen. Am Freitag machten sie ernst – und Vodafone-Kunden waren tagelang ohne Internet. https://bnn.de/mittelbaden/ortenau/renchen/oberkircher-stadtwerke-drehen-vodafone-in-renchen-den-saft-ab
01.08.2022		In Raum Uckermark und Berlin tritt aktuell eine großflächige Störung im Festnetz und Internetanschluss von Vodafone auf. Seit Montagvormittag treten großflächige Störungen in der Festnetz- und Internetversorgung im Vodafone-Netz auf, berichtet der

Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland
[Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

		<p>Funkturm Prenzlau. Betroffen sei der Großraum Berlin und die Uckermark. Nach Auskunft des Betreibers sollen die Störungen voraussichtlich am späten Nachmittag behoben sein. Angaben zu den Ursachen wurden bislang nicht gemacht.</p> <p>https://www.nordkurier.de/uckermark/festnetz-und-internet-von-vodafone-in-uckermark-und-berlin-gestoert-0149103608.html</p>
29.07.2022		<p>Vodafone-Kunden in Wolfsburg ohne Internet. Im Wolfsburger Stadtteil Hohnstein sind ein paar Haushalte momentan ohne Internet. Anbieter Vodafone arbeitet bereits an einer Lösung. Betroffen von der kleineren, lokalen Störung sind laut Netzbetreiber acht Haushalte. „Wir bitten die betroffenen Kunden noch um etwas Geduld und um Entschuldigung für die Unannehmlichkeiten“, teilte ein Sprecher des Unternehmens am Freitag auf Anfrage unserer Zeitung mit.</p> <p>https://www.braunschweiger-zeitung.de/wolfsburg/article236021261/Kleinere-Stoerung-Vodafone-Kunden-in-Wolfsburg-ohne-Internet.html</p>
29.07.2022		<p>PROBLEME IM KABEL-TV Fernsehstörungen: Neutraublinger sehen schwarz. Seit April klagt Dietmar Wild über Bild- und Tonprobleme auf seinem Fernseher. Mindestens 100 Haushalte in der Stadt sind davon betroffen, sagt Vodafone. Die Ursache ist bereits bekannt. https://www.mittelbayerische.de/region/regensburg-land-nachrichten/fernsehstoerungen-neutraublinger-sehen-schwarz-21364-art2142240.html</p>
29.07.2022	Kabelfehler	<p>Seit fast zwei Wochen funktioniert bei einer großen Zahl von Telekom-Kunden in Ameke weder das Internet noch der Festnetzanschluss. Auf telefonische Anfrage des WA bestätigt der Pressesprecher der Telekom, Frank Domagala, die Ursache der Störung ist ein Kabelfehler „Es geht aber wohl nicht um eine Störung durch eine Baumaßnahme“, sagt er. So ein Kabel könne auch einfach mal kaputt gehen, das sei nicht außergewöhnlich. Die Telekom sei auf jeden Fall bemüht, den Schaden so schnell wie möglich zu beheben. https://www.wa.de/lokales/drensteinfurt/in-ameke-funktionieren-internet-und-festnetz-seit-fast-zwei-wochen-nicht-91696149.html</p>
29.07.2022	Kabelschaden	<p>Ab 22 Uhr mussten Vodafone-Kunden am Donnerstagabend gute Nerven haben. Kein TV und Internet Störung – Tausende Haushalte ohne Fernsehprogramm. Aufgrund eines Kabelschadens gab es in Teilen Ostfrieslands und des Emslands kein Fernsehen und kein Internet. https://www.oz-online.de/artikel/1273145/Stoerung-Tausende-Haushalte-ohne-Fernsehprogramm</p>
29.07.2022	ein physischer Kabelschaden im Backbone	<p>Eine Störung im Glasfasernetz hat dazu geführt, dass seit Mittwochnachmittag in mehreren Weyher Ortsteilen Telefon und Internet ausgefallen sind. Betroffen waren Kunden der Deutschen Glasfaser. Außer in Weyhe waren deshalb auch in Stuhr sowie in Holdorf und in Neuenkirchen-Vörden Glasfaser-Kunden vom Netz getrennt. Insgesamt „knapp über 4 500 Kunden“, sagte der Sprecher. Es hätte die Autobahn 1 teilgesperrt werden müssen, was kurzfristig nicht möglich gewesen sei. Lösungszeit: unbekannt.“ Am Freitagvormittag war dann die Aktualisierung für den Bereich „Störung Niedersachsen / Weyhe – Festnetz, Internet, TV“ zu lesen: „beheben“.</p> <p>https://www.kreiszeitung.de/lokales/diepholz/weyhe-ort54198/und-darueber-hinaus-stoerung-im-netz-der-deutschen-</p>

Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland
[Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

		glasfaser-in-mehreren-weyher-ortschaften-91694265.html
26.07.2022	Physischer Kabelschaden	Über 24 Stunden lang waren Tausende Kunden von Telekom, Vodafone und anderen Anbietern von Ausfällen betroffen. Doch das Problem ist nicht endgültig geklärt. Nachdem am Montagvormittag eine Firma bei Bohrarbeiten an der B178 bei Oberseifersdorf die Glasfaser-Infrastruktur beschädigt hat, konnten die defekten Kabel ausgezogen und neu eingblasen werden. Am Dienstagvormittag vermeldete Vodafone, dass die Störung behoben ist und alle Dienste wieder zur Verfügung stehen. Am späten Nachmittag folgte die Telekom. https://www.saechsische.de/zittau/netz-ausfall-internet-telefon-tv-vodafone-telekom-zittau-b178-oberseifersdorf-5733990-plus.html
23.07.2022	Physischer Kabelschaden / Bagger	Verl: Ein Bagger durchtrennte am Freitag bei Bauarbeiten ein Kabel, was für Kunden der Deutschen Glasfaser fatale Folgen hatte. Betroffen waren sämtliche 3.900 Anschlüsse im Bereich Verl, Oelde, Wadersloh. https://www.nw.de/lokal/kreis_guetersloh/verl/23312849_UPDATE-Stoerung-behoben-Verler-wieder-mit-Internet-und-Festnetz.html
21.07.2022	Störung der Übertragungsleitung	Internet- und Telefonstörung im Stadtgebiet Prenzlau. Nach planmäßigen Wartungsarbeiten kommt es im Prenzlauer Stadtgebiet am Donnerstag zu einer erheblichen Störung. Aufgrund einer Störung der Übertragungsleitung von Berlin nach Prenzlau sind derzeit im Prenzlauer Stadtgebiet die Internet- und Telefonverbindung unterbrochen. Die KabelService Prenzlau GmbH stehe in stetigem Kontakt mit der e.discom, um den Fehler zu beheben. https://www.nordkurier.de/uckermark/internet-und-telefonstoerung-im-stadtgebiet-prenzlau-2148981807.html
20.07.2022	Netzelement ausgefallen	Kreis Soest: Zehntausende Haushalte betroffen: Vodafone-Störung sorgt für Internet-Ausfall. Der Mitarbeiter gab an, dass ein Netzelement ausgefallen sei und die Störung auslösen würde. https://www.soester-anzeiger.de/lokales/kreis-soest/kreis-soest-zehntausende-haushalte-betroffen-vodafone-stoerung-sorgt-fuer-internet-ausfall-91677977.html
20.07.2022	Rückkanalstörungen	Kein Internet bei Pyur-Kunden in Zwickau. "Aktuell liegen uns in Zwickau drei Rückkanalstörungen in Oberplanitz, im Bereich Bahnhofstraße und Umgebung sowie in Brand vor", erklärte Pressesprecher Tim Stiehl von der Tele Columbus AG am Mittwoch. https://www.freiepresse.de/zwickau/zwickau/stoerung-kein-internet-bei-pyur-kunden-in-zwickau-artikel12312997
19.07.2022	Störung Betreiberstation	Störung bei Vodafone: 2.610 Kunden in Reutlingen betroffen. »Es gab eine örtliche Störung in einer Betreiberstation«, sagte ein Pressesprecher. Demnach seien in der Region auch Tübingen, Metzingen und Bad Urach betroffen gewesen. https://www.gea.de/reutlingen_artikel.-bundesweite-st%C3%B6rung-bei-vodafone-trifft-reutlingen-und-die-region-arid.6635335.html
14.07.2022		Mehr als 15.000 Nutzer*innen melden über entsprechende Portale eine aktuelle Telekom-Störung, ebenso wie Ausfälle bei unter anderem MagentaTV und Sky. Wie auf allestörungen.de ersichtlich betrifft die gegenwärtige Telekom-Störung zahlreiche Großstädte in ganz Deutschland. Im Bereich der Telekom hat die Störung aktuell zu Problemen mit dem Festnetz und Internet (75%), dem mobilen Internet (12%) sowie vereinzelt auch zu totalem Blackout (12%) geführt.

Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland
[Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

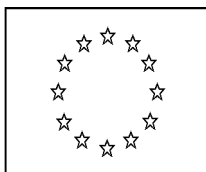
		https://www.futurezone.de/digital-life/article369571/aktuelle-telekom-stoerung-magentatv-und-sky-betroffen-ueber-zehntausend-nutzer-melden-probleme.html
14.07.2022	Stromausfall Betriebsstelle	Rund 22.000 Vodafone-Kunden in und um Mainz hatten am Mittwoch Probleme mit TV, Internet und Festnetz über das Kabelnetz. Hintergrund für den Ausfall: Die Betriebsstelle in Kastel sei vom Stromnetz abgeschnitten gewesen. https://www.main-spitze.de/lokales/rhein-main/storungen-bei-vodafone-scheinen-behoben-zu-sein_25618459
11.07.2022	Anbindungsfehler Kabelstrang, defektes Bauteil	Bad Waldsee: Seit Tagen kein Internet. Mehr als 100 Waldseer Haushalte betroffen. Störungsursache ist ein Anbindungsfehler auf dem Kabelstrang, über den diese 103 Kunden an das Vodafone-Kabelnetz angeschlossen sind. Um die Störung beheben zu können, müsse ein defektes Bauteil ersetzt werden. Das macht Tiefbauarbeiten erforderlich. https://www.schwaebische.de/landkreis/landkreis-ravensburg/bad-waldsee_artikel,-seit-tagen-kein-internet-mehr-als-100-waldseer-haushalte-betroffen-_arid.11529775.html
11.07.2022	Kabelschaden Verteilstelle	Bei 3930 Vodafone-Kunden in Kempten haben am Montagvormittag weder Internet noch Telefon oder Kabelfernsehen funktioniert. Einem Unternehmenssprecher zufolge war ein Kabel kurz vor dieser Verteilstelle beschädigt. https://www.allgaeuer-zeitung.de/allgaeu/kempten/stoerung-bei-vodafone-behoben-kein-internet-telefon-und-kabelfernsehen-in-kempten_arid-444106
09.07.2022	Überhitzter Verteilerkasten	Im hessischen Liederbach klagten Hunderte Telekom- und Vodafone-Kunden über ständige Internetausfälle. Es sorgte offenbar ein überhitzter Verteilerkasten am Straßenrand für die Probleme. https://www.stern.de/digital/technik/internet-ausgefallen--telekom-reagierte-langsam--aber-ein-sonnenschirm-half-32525748.html
09.07.2022	Kabelschaden, Bauarbeiten	Telekom-Kunden in Friesland über 24 Stunden ohne Netz. Kabel bei Bauarbeiten massiv beschädigt Friesland: Telekom-Kunden über 24 Stunden ohne Netz (nwzonline.de)
08.07.2022	Anbindungsfehler Kabelstrang, defektes Bauteil	SCHIFFERSTAD: Mehr als 500 Haushalte ohne TV, Telefon und Internet. Grund war eine Störung im Vodafone-Netz im Bereich Portheide und Umgebung. Ursache war laut Vodafone ein Anbindungsfehler auf dem Kabelstrang, über den diese ans Netz angeschlossen sind. Zur Behebung der Störung musste ein defektes Netzelement ersetzt werden. https://www.rheinpfalz.de/lokal/rhein-pfalz-kreis_artikel,-mehr-als-500-haushalte-ohne-tv-telefon-und-internet-_arid.5378116.html
07.07.2022		In der Stadt Cuxhaven und in Teilen des Landkreises können Nutzer zur Zeit weder Internet, noch Telefon oder Fernsehen empfangen. Grund ist offenbar eine größere Vodafone-Störung über Kabel. "Es gibt ein Problem mit der Glasfaseranbindung in Richtung Cuxhaven. Die Techniker sind dazu weiter in Analyse." Gegen 10 Uhr bestätigten laut Vodafone die Techniker die Unterbrechung der Glasfaserverbindung. Behoben ist das Problem jedoch noch nicht, die Analyse laufe weiter https://www.cnv-medien.de/news/kein-tv-internet-und-telefon-vodafone-bestaetigt-grosse-stoerung-in-cuxhaven.html

Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland
[Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

07.07.2022	Glasfaserleitung durchtrennt, Bauarbeiten	Im gesamten Bereich Saarbrücken und auch im Raum Bliesgau meldete der saarländische Anbieter Inexio, der zum Unternehmen „Deutsche Glasfaser“ gehört, seit Mittwoch eine Störung des Telefon- und Internetnetzwerks. Rund 1300 private Kunden und 100 Geschäftskunden seien von dem Ausfall betroffen. Sei bei Bauarbeiten in Saarbrücken-St. Johann eine Glasfaserleitung der Inexio durchtrennt worden. Saarbrücken: Störung bei Inexio größtenteils behoben – private Anschlüsse wieder online (saarbruecker-zeitung.de)
04.07.2022	Anbindungsfehler Kabelstrang, defektes Bauteil	Störung bei Vodafone: Mehr als 200 Alfterer ohne Internet, Telefon und Kabelfernsehen. Ursache dafür sei ein Anbindungsfehler auf einem Kabelstrang, über den 233 Vodafone-Kunden, also Haushalte, angeschlossen sind. Zur Behebung der Störung müsse ein defektes Bauteil an einem örtlichen Verteilerpunkt ausgebaut und durch ein neues Netzelement ersetzt werden. Internet, Telefon und Kabelfernsehen: Störung bei Vodafone in Alfter (ga.de)
01.07.2022	Anbindungsfehler Kabelstrang, defektes Bauteil	Bis zu 525 Reckenfelder Haushalte in Reckenfeld hatten seit Freitag massive Probleme mit Vodafone, konnten kein Kabel-TV empfangen, nicht im Internet surfen und nicht im Festnetz telefonieren. Ursache ist ein Anbindungsfehler auf dem Kabelstrang. Zur Behebung der Störung muss ein defektes Bauteil ersetzt werden. Vodafone-Kunden ohne Netz (muensterschezeitung.de)
27.06.2022		Mit einer großflächigen Störung hat der Netzbetreiber DNS:Net zu kämpfen. Knapp 2000 Anschlüsse von Privat- und Firmenkunden im Raum Wanzleben-Oschersleben liegen seit Sonnabend still. Als Grund wird vom Betreiber der Ausfall „von Geräten für die Datenversorgung“ angegeben. DNS:Net-Kunden ohne Internet: Störung in Wanzleben, Oschersleben und der Westlichen Börde seit Samstag (volksstimme.de)
24.06.2022	Unterbrechung Stromversorgung Verteilerkasten	Telekom bringt Gartencenter Unternbäumer und 60 Haushalte nach zwölf Tagen zurück ans Netz. Nach Ameisen-Befall: Internet in Enger läuft wieder. Ameisen haben die Stromversorgung eines Verteilerkastens lahmgelegt. Nach Ameisen-Befall: Internet in Enger läuft wieder (westfalen-blatt.de)
21.06.2022	Kabelschaden, Bauarbeiten	Telekom-Störung in Unna und Holzwickede: Notruf fiel aus. Weil ein Glasfaserkabel bei Bauarbeiten an der A44 beschädigt wurde, wurden einige Festnetzanschlüsse lahmgelegt. Telekom-Störung in Unna und Holzwickede: Notruf fiel aus (hellwegeranzeiger.de)
15.06.2022	Kabelschaden, Bauarbeiten	Störung in Wiedenbrück laut Vodafone behoben. Von Freitag bis Dienstagabend waren 800 Haushalte in Wiedenbrück von der Außenwelt abgeschnitten, weil bei Bohrarbeiten die Leitung gekappt worden war. Vodafone hat nun eine provisorische Leitung verlegt. Störung in Wiedenbrück laut Vodafone behoben Radio Gütersloh (radioguetersloh.de)
13.06.2022		Bei der Telekom kam es ab heute Mittag zu einigen Störungen. Wie das Portal „allestörungen.de“ zeigt, meldeten tausende Nutzer in Deutschland Probleme beim Festnetz-Internet, beim Telefonieren und beim mobilen Surfen. Die Nutzermeldungen kamen aus fast ganz Deutschland. Es handelte sich dabei offenbar nicht um ein lokales Problem. Betroffene Städte waren unter anderem Berlin, München, Hamburg, Köln, Düsseldorf und Frankfurt. Nach Telekom-Störung: Ausfälle beim Provider

Bekannt gewordene Störungen in öffentlichen Telekommunikationsnetzen in Deutschland
[Zeitraum: 1. Mai bis 6. August 2022]

		offenbar wieder behoben - FOCUS online
10.06.2022		Vodafone-Störung in Duisburg, Dinslaken und Moers. Vodafone hat am Donnerstagmorgen eine Störung im Kabelnetz gemeldet. Bis abends mussten 6980 Haushalte auf Telefon, TV und Internet verzichten. Vodafone-Störung in Duisburg, Dinslaken und Moers behoben - nrz.de
09.06.2022	Kabelschaden, Bauarbeiten	Gehrden: Im Gehrden Ortsteil Lenthe haben Arbeiter bei Bohrungen eine Glasfaserleitung des Dienstleisters htp beschädigt. Dessen Kunden sind derzeit ohne Internet. Betroffen sind ca. 100 Kunden des hannoverschen Dienstleisters htp. https://www.haz.de/lokales/umland/gehrden/gehrden-in-lenthe-fehlt-kunden-von-htp-das-internet-XM3MJEM7NJRJHGKXJKSGU7URQ.html
05.06.2022	Kabelschaden, Bauarbeiten	Vodafone-Störung in Lüdenscheid, Altena und Halver. Knapp 36 Stunden hatten tausende Haushalte bei uns im Märkischen Kreis weder Internet noch Fernsehen. Der Grund für die lange Störung war ein Kabelschaden durch Bauarbeiten in Lüdenscheid. Vodafone-Störung in Lüdenscheid, Altena und Halver offenbar behoben - Radio Mk
01.06.2022	Störung Verteilerkasten	Ausfall Telefonie und Internetzugang in OT Heiligenthal. Auf Grund einer Störung im DSLAM der Telekom kommt es in der Ortschaft Heiligenthal zu einer größeren Störung der Festnetz Anschlüsse für Telefonie und Internet. https://www.stadtgerbstedt.de/news/1/737846/nachrichten/ausfall-telefonie-und-internetzugang-in-ot-heiligenthal.html
19.05.2022		Internet und TV ausgefallen: Kabelnetz in Eppingen gestört. Die Störung ist nach Angaben des Betreibers Vodafone inzwischen behoben. Mehr als 500 Kunden waren betroffen. https://www.stimme.de/regional/kraichgau/nachrichten/internet-und-tv-ausgefallen-kabelnetz-in-eppingen-gestoert-art-4630327
12.05.2022	Kabelschaden, Bauarbeiten	Münsterland: 2500 Haushalte sind von einer längeren Störung im Netz der Deutschen Glasfaser betroffen gewesen. Sie konnten weder Internet noch ihr Festnetztelefon nutzen. Wie der Telekommunikationsanbieter auf Anfrage mitteilte, wurde die Störung durch Bauarbeiten ausgelöst. https://www.muensterschezeitung.de/lokales/deutsche-glasfaser-netzstorungen-im-westmunsterland-behoben-2570096
04.05.2022		Breitband-Störung auf dem Aarberg: 483 Vodafone-Kunden seit Tagen ohne Internet und Telefon. Aufgrund einer schwerwiegenden Störung im Breitbandnetz der Firma Vodafone. https://www.suedkurier.de/region/hochrhein/waldshut-tiengen/breitband-stoerung-auf-dem-aarberg-483-vodafone-kunden-seit-tagen-ohne-internet-und-telefon;art372623,11131463



EUROPEAN COMMISSION
ENTERPRISE AND INDUSTRY DIRECTORATE-GENERAL

Chemicals, metals, mechanical, electrical and construction industries; Raw materials
Mechanical, electrical equipment and Telecom Equipment
TCAM Secretariat

Brussels, 01 February 2012

Application of the R&TTE Directive to indirectly connected equipment and to equipment with LAN Ports

§ According to the R&TTE Directive, wireline equipment that is intended to be indirectly connected to interfaces of public telecommunications networks is covered by the Directive, knowing that:

1. Only equipment that is physically through-connected to such interfaces is considered to be indirectly connected;
2. Other equipment, in particular equipment that is attached to directly connected equipment and communicates with the public telecommunication network by way of such equipment, is not considered to be indirectly connected in the sense of the Directive, and therefore is not covered by the Directive

§ Both R&TTE (Article 6(3)) and EMC (Article 9(5)) Directives require that instructions accompanying equipment shall provide information on its intended use. Where it concerns terminals within the scope of the R&TTE Directive, such information shall identify interfaces of public telecommunications networks to which the equipment is intended to be connected (Article 6(3)). On this basis:

- With regard to wireline equipment including LAN ports: where information on intended use provided by the manufacturer does not identify interfaces of public telecommunications networks to which the equipment is intended to be connected, equipment shall be considered as not being intended to be connected to such interfaces. In this case and if no other public telecommunications network interfaces are present, such equipment shall be considered as not falling within the scope of the R&TTE Directive, and will normally fall within the scope of the EMC Directive and other pieces of European Union harmonisation legislation.

* * * * *

A review of the security role of ISP mandated ONUs and ONTs in GPONs

Max Franke

INET

Technische Universität Berlin
Berlin, Germany

Sebastian Neef

SecT

Technische Universität Berlin
Berlin, Germany

Abstract—Home fiber connections are largely realized by using passive optical networks, in their most common form today relying on the GPON standard. Among other things, this standard specifies how the first node inside of customers’ homes, the so called ONU or ONT, has to behave, and which security features have to be supported. Currently, customers in some European countries, including Germany, have freedom of choice between using terminal equipment provided by the ISP or a self-selected open market device. We analyze the security implications resulting from this freedom of choice and whether or not ISP-mandated hardware would increase the security of the GPON. Our review reveals that there are no differences between an ISP-mandated ONU/ONT and a standard conforming subscriber-selected ONU/ONT that would justify the security based recommendation of an ISP-mandated ONU/ONT.

I. INTRODUCTION

With the ever-increasing demand for higher bandwidth and the consequent expansion of fiber networks by Internet Service Providers (ISPs), like Fiber-to-the-Home (FTTH), reaching more and more customers, it becomes crucial to focus on the technologies and devices that facilitate this progress. The prevailing standard for such connections is the gigabit passive optical network (GPON), which was initially standardized by the ITU-T in 2003. The market penetration of FTTH utilizing GPON can reach as high as 97% in certain markets, such as the UAE. However, the adoption has been comparatively low in many European countries, with Germany for instance at around 8% in June 2022 [1], but targeted to increase to 50% by 2025 [2].

The GPON standards encompass numerous security measures and considerations for both the optical line terminal (OLT), responsible for terminating the connection at the provider’s end, and the optical network unit (ONU, also “optical network termination”– ONT) at the customer’s end. These standards are mandatory for all devices, regardless of whether they are provided by ISPs or third-party equipment vendors. The permissibility of operating third-party devices depends on the legislation in each country. In Germany, all network subscribers are granted by law¹ the freedom to choose their own terminal device. This has been applied to fixed and mobile access networks in general, including DSL, DOCSIS, PON fiber, and 4G/5G Fixed Wireless Access.

¹See e.g. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/freier-routerwahl.html>

In most cases, the PON terminal equipment combines the functionalities of both a router and a modem, resulting e.g. in space and power savings at the users’ premises. When such an integrated device is used as the terminal device, it serves the function of an ONU/ONT for the subscriber in the fiber network. It is also possible to split the functionalities and use two separate devices, a modem and a router. In this case, the modem serves the function of an ONU/ONT.

As such, a vendor of terminal equipment approached us to investigate the question whether an ISP-mandated ONU/ONT offers any security advantages compared to a standard conforming open market ONU/ONT. Our review considers any security differences affecting the subscriber itself, the ISP’s network, and the security of other subscribers on the same PON.

II. BACKGROUND

A. ITU-T Standards

The GPON standard was initially standardized in 2003 as G.984. It consists of a multitude of documents [3]–[9], each covering specific aspects of GPON. The details for the information exchange between an OLT and an ONU are described in G.988, the ONU management and control interface (OMCI) specification [10]. Closely related is ITU-T G.9807.1 (XGS-PON), which increases the bandwidth of GPONs to up to 10 GBit up- and downstream [11]. However, this work does not consider XGS-PON.

B. Definition of terms: ONU and ONT

The definitions of ONU and ONT in [3] are as follows:

optical network termination (ONT): A single subscriber device that terminates any one of the distributed (leaf) endpoints of an ODN, implements a PON protocol, and adapts PON PDUs to subscriber service interfaces. An ONT is a special case of an ONU.

and

optical network unit (ONU): A generic term denoting a device that terminates any one of the distributed (leaf) endpoints of an ODN, implements a PON protocol, and adapts PON PDUs to subscriber service interfaces. In some contexts, an ONU implies a multiple-subscriber device.

[3] makes no further differentiations when it comes to ONU and ONT and often uses them either interchangeably or both at the same time. This is also true in the security section:

Security Due to the multicast nature of the PON, GPON needs a security mechanism adapting the following requirements:

- To prevent other users from easily decoding the downstream data.
- To prevent other users from masquerading as another ONU/ONT or user.
- To allow cost-effective implementation.

As the ONT is just a special case of ONU, none of the other specifications make any further differentiation when it comes to security considerations. In fact the specification in which most of the security related aspects are included, [10], makes no references to ONTs at all.

C. Related Work

Twenty years after the initial standardization, [12] highlighted security problems in and proposed enhancements for GPON.

From a practical perspective, there have been several reports of security issues in GPON setups or capable devices [13]–[15].

There have also been works that review security flaws in other telecommunication standards. E.g., [16] demonstrated an attack on DOCSIS over ten years ago. With GPON, however, a discussion arose about the point of network termination. One could argue that the network termination happens at the fiber in the wall, while others might argue that the GPON modem is part of the network and thus the network termination follows after it.

Network security can be one of the deciding factors in this debate. It is therefore necessary to establish whether the use of an ISP-mandated device instead of a subscriber-selected standard conforming device is crucial to ensure the security of the PON.

III. RESEARCH QUESTIONS AND METHODOLOGY

We evaluate the security of GPON concerning the two scenarios illustrated in Figure 1 and Figure 2.

In scenario 1, the ISP’s network ends before the ONU/ONT, and the ONU/ONT can be selected by the subscriber.

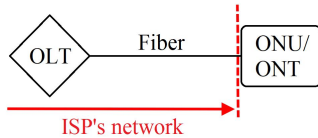


Fig. 1: Scenario 1 with subscriber-selected ONU/ONT. The ISP’s network includes the fiber, but excludes the subscriber’s ONU/ONT.

In scenario 2, the ISP’s network ends after the ONU/ONT, and the ONU/ONT is mandated by the ISP.

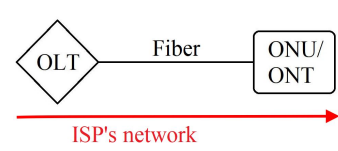


Fig. 2: Scenario 2 with ISP-mandated ONU/ONT. The ISP’s network includes the fiber as well as the subscriber’s ONU/ONT.

A. Research questions

Our review considers the following research questions:

- RQ1 Assuming ITU-T conforming ONUs/ONTs, is the security level of a PON in scenario 1 (subscriber-selected ONU/ONT) at least as high as in scenario 2 (ISP-mandated ONU/ONT) according to the ITU-T standards?
- RQ2 According to the ITU-T standards, can an ISP’s PON network equipment enforce a minimum level of security, so that an ONU/ONT is not unilaterally able to reduce this level?
- RQ3 Are ONUs/ONTs, and thus the subscriber, assigned the task of maintaining network security?
- RQ4 Does the ONU/ONT have to be part of the ISP’s network to guarantee security?
- RQ5 Are all the security features the standard offers required to be used?

B. Threat model

The vendor suggested the following boundary conditions as scope for the research threat model, matching the strong focus on the ITU-T standards:

- All devices are standard-compliant and properly integrated into the PON.
- Scenarios of malicious attackers with physical access to the fiber or to the intermediary network equipment, i.e. the passive optical components in the basement or on the street, are excluded. Such scenarios do not imply any differences between ISP-mandated and subscriber-selected devices and are therefore not relevant for our review.

C. Methodology

After a literature review of existing academic and non-academic work, our methodology consists of going through the relevant parts of the GPON ITU-T standards with a focus on aspects relevant to our security considerations. Additionally, the vendor provided us a trace of a GPON connection initialization between an ONU/ONT and OLT.

IV. RESULTS

With the given threat model and methodology, our analysis results in the following answers to our research questions:

A. RQ1

Yes, the security levels are identical for scenario 1 and scenario 2, assuming ITU-T conforming devices. Our review does not show any differences in the standards regarding the two scenarios. The standards do not differentiate between both scenarios, neither in general nor with respect to security. Even the term "Network Termination" (NT) that is used within the standards does not imply an association of a terminal device to an ISP's network. The ITU itself states [17]:

The NT term is used for generic network termination for various services. For some services it could be part of the access network, and for others not. The inclusion of the NT in the access network and vice versa does not necessarily imply the ownership.

[...]

The reference configurations in this clause show abstract functional groupings, which may or may not correspond to real devices. Real devices may comprise one abstract functional grouping, more than one abstract functional grouping or a portion of an abstract functional grouping.

In practice, all devices in a PON will need to support the required security features and properties, e.g. cryptographic algorithms. These can be implementation specific and vary from PON to PON. Nonetheless, it does neither weaken nor impact scenario 1, as conforming subscriber-selected devices will offer the required functionality and only need to provide a suitable configuration interface.

Therefore we do not see any justification from the standards to propose a security advantage arising from ISP-mandated ONUs/ONTs over conforming subscriber-selected ONUs/ONTs.

B. RQ2

Yes, an ISP's PON network equipment can enforce a minimum level of security, so that an ONU/ONT is not unilaterally able to reduce this level. The desired security properties are exchanged and negotiated between the OLT and ONU/ONT. In practice, an ONU/ONT will not be able to reach the state "O5-Operational" if the OLT does not approve – e.g., because the OLT's requests to choose a session key are not answered properly by the ONU/ONT.

Thus, it is left to the implementation of the OLT to require and enforce acceptable security properties.

C. RQ3

In GPON, the downstream is received by all ONUs/ONTs sharing the same fiber to an OLT. The standards recommend the use of encryption to ensure only the legitimate ONU/ONT can decipher its own downstream traffic. In this regard, the ONUs/ONTs are a contributing factor to the security for its own downstream, but it has no influence on the security of the network or other subscribers of the PON.

Regardless of the considered scenario, the subscriber has to configure the ISP-mandated or subscriber-selected ONU/ONT with specific credentials. However, this is not a new task

or role, as the subscriber already needs to provide the ISP with ONU/ONT-specific information in current GPON deployments, or needs to configure the router with correct credentials in existing DSL deployments. Obviously, it is in a subscriber's best interest to correctly configure the device, as misconfigured devices might not provide the desired internet connectivity. No security differences between scenario 1 and 2 can be deduced here.

D. RQ4

As the location of the ONU/ONT is inside subscribers' homes and easily accessible by them, they can not be required to be part of the ISP's network to guarantee security. A malicious actor could simply remove the modem and attach any device to the fiber, thus breaking security. As such, security has to be ensured and enforced by the OLT. An ONU/ONT with a non-conforming implementation or security flaws in the implementation would be far from the worst-case that could happen in such scenarios.

Thus, the position of a standard conforming ONU/ONT – inside or outside the ISP's network – has no effect on the rest of the network. A standard conforming implementation, including all optional security controls (see RQ5), provides the same security guarantees to the network, disregarding the origin of the device.

E. RQ5

The standard [10] includes optional so called "Enhanced security control" that can be negotiated. Among those additional security features is a Pre-Shared Key (PSK) that would be used in e.g. different hash functions. The example trace of a GPON connection initialization did not show the use of a PSK. From discussions with the equipment vendor, these enhanced security features are typically not activated or used by actual PON network operators.

There are several other optional security features the standard allows for. As such, to further enhance the security of the GPON, ISPs should work on implementing and utilizing these additional capabilities – and third-party vendors support them. Additionally, newer standards like XGS-PON include features like upstream encryption that further reduce the role the ONU/ONT takes in guaranteeing security for the network.

F. Limitations

The defined threat model imposed strong limits on possible attack scenarios against a PON or its users, which may arise from (physical) access to the fiber, including non-standard behavior or messages on the protocol level.

In reality, physical access can hardly be prevented. For example, in a FTTH setup, the fiber terminates at *home* in a ONU/ONT. For FTTB/C and FTTCab, reports of optical network equipment present in customer or publicly accessible places (i.e. basements of multi-story building) exist [13]. As a consequence, such attack scenarios against PONs need to be considered and mitigated at the OLT level, as the resulting security risks are not due to a specific type of ONU/ONT being used.

V. CONCLUSION

The analysis of the security role of ONUs/ONTs in GPON shows that the standards do not differentiate between ISP-mandated and subscriber-selected devices. Differences between both scenarios with regards to security or the security capabilities can not be deduced.

Assuming standard conforming devices, the security of PONs is not influenced by the use of ISP-mandated or subscriber-selected devices, as long as the ISPs provide the necessary configuration information (i.e. credentials, PSKs, etc.) and third-party devices provide a suitable configuration interface. The minimal requirements for the networks will need to be enforced by the OLT during the exchange of capabilities. The OLT can even ensure and enforce a certain security level for the individual subscriber. There is no difference in security for the network if the ONU/ONT is part of the ISP network or not.

The individual implementation of the standard on any device is specific to this device. It is therefore not possible to make any general statements on security differences between ISP-mandated and subscriber-selected ONU/ONTs. And even if there are potential security vulnerabilities within a device-specific implementation, this cannot compromise the security of other subscribers of the PON.

In reality, malicious attackers usually aim to threaten the security of the network itself. Security threats against GPONs are therefore far more likely to arise from rogue, non-standard conforming devices or physical access to the fiber. Such malicious attack scenarios, which were discussed in previous work, are agnostic to the chosen device and the association to the ISP's network.

REFERENCES

- [1] OECD, "Broadband Portal - OECD," Jun 2022.
- [2] D. Bundesregierung, "Gigabitstrategie der Bundesregierung," Feb 2023.
- [3] ITU-T, "G.984.1:Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics."
- [4] ITU-T, "G.984.2:Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification."
- [5] ITU-T, "G.984.3:Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Transmission convergence layer specification."
- [6] ITU-T, "G.984.4:Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): ONT management and control interface specification."
- [7] ITU-T, "G.984.5:Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Enhancement band."
- [8] ITU-T, "G.984.6:Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension."
- [9] ITU-T, "G.984.7:Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Long reach."
- [10] ITU-T, "G.988:ONU management and control interface (OMCI) specification."
- [11] ITU-T, "G.9807.1:10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)."
- [12] T. Horvath, L. Malina, and P. Munster, "On security in gigabit passive optical networks," in *2015 International Workshop on Fiber Optics in Access Network (FOAN)*, pp. 51–55, Oct. 2015. ISSN: 2378-8488.
- [13] P. Kim, "GPON FTTH networks (in)security - IT Security Research by Pierre."
- [14] S. Newman, "Critical RCE Vulnerability Found in Over a Million GPON Home Routers."
- [15] F. Martingale, "Is GPON uniquely vulnerable to eavesdropping exploits from neighbors on same network? If so, why?," Mar. 2021.
- [16] A. Alsbih, F. C. Freiling, and C. Schindelbauer, "A Case Study in Practical Security of Cable Networks," in *Future Challenges in Security and Privacy for Academia and Industry* (J. Camenisch, S. Fischer-Hbner, Y. Murayama, A. Portmann, and C. Rieder, eds.), vol. 354, pp. 92–103, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. Series Title: IFIP Advances in Information and Communication Technology.
- [17] ITU-T, "G.sup50 : Overview of digital subscriber line recommendations."