



## Q&A - Glasfasertechnologie und Endgerätefreiheit

Glasfasertechnologie ist die Zukunftstechnologie. Um auch künftig für die Technologie „gerüstet“ zu sein, stellt der Verbund der Telekommunikations-Endgerätehersteller (VTKE) ein Q&A zur Verfügung.

### 1. Welche Glasfasertechnologien sind (in Deutschland) gebräuchlich?

Gegenwärtig gebräuchlich sind Active Optical Networks (AON, aktiv) und Gigabit Passive Optical Networks (GPON, passiv).

Ein aktives Glasfaser-Netzwerk (AON) besteht aus einer Punkt-zu-Punkt-Struktur (Point-to-Point). Jeder Nutzer hat seine eigene Leitung zum Netzbetreiber. Die Verkabelung ist sternförmig.

Ein passives Glasfaser-Netzwerk (GPON) besteht aus einer Punkt-zu-Multipunkt-Struktur. Die Kabel mehrerer Haushalte werden an einem Punkt zusammengeführt und teilen sich ab dort dieselbe Leitung zum Netzbetreiber. Damit gehört das GPON, wie beispielsweise auch das Kabelnetz, zu den Shared Media, das heißt, alle Anschlüsse eines Stranges teilen die verfügbare Bandbreite untereinander auf.

### 2. Gibt es Standards für Glasfaseranschlüsse?

Für jede Glasfasertechnologie gibt es international gültige Standards; dies sind z.B. für GPON: ITU G.984.1<sup>1</sup> und für AON: 1000Base-BX10 IEEE 802.3z<sup>2</sup>.

Alle weiteren Komponenten eines Glasfaseranschlusses sind ebenfalls standardisiert oder normiert, so z.B. die Verkabelungen eines Wohngebäudes (DIN 18015-1, 2), die Beschreibung anwendungsneutraler Kommunikationskabelanlagen in Wohnungen (DIN EN 501734) oder die Steckverbindung (DIN EN 61754-20).

### 3. Gilt die in Deutschland gesetzlich verankerte Endgerätefreiheit auch für Glasfaseranschlüsse?

Ja. Mit dem Gesetz zur Auswahl und zum Anschluss von Telekommunikationsendgeräten (TK-Endgerätegesetz) hat der Gesetzgeber klargestellt, dass der Netzabschlusspunkt „passiv“ ist (§ 45d TKG) – unabhängig von der am Anschluss verwendeten Technologie.

Im Sinne eines technologieneutralen Ansatzes ist daher die passive Anschlussdose an die Teilnehmeranschlussleitung (TAL) - also die Dose an der Wand - als genereller Netzabschlusspunkt zu betrachten.

Einen solchen physischen, passiven Anschlusspunkt gibt es im Festnetz in jedem Fall, vollkommen unabhängig von der verwendeten Technologie - also unabhängig vom Übertragungsmedium (Kupfer, Koaxialkabel, Glasfaser, o.ä.) und der Netztopologie (Punkt-zu-Punkt, Punkt-zu-Multipunkt o.ä.). Im Mobilfunk ist der Netzabschlusspunkt ebenfalls „passiv“, nämlich die Luftschnittstelle.

1 <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1>

2 <https://ieeexplore.ieee.org/document/690946>

#### 4. Was bedeutet die freie Endgerätewahl für den Glasfaseranschluss?

Bei der freien Endgerätewahl geht es um das grundsätzliche Recht eines Endnutzers, ein frei von ihm gewähltes Endgerät an den Netzabschlusspunkt anschließen zu können. Laut §45d TKG ist dieser Netzabschlusspunkt "passiv". Eine „aktive“ Komponente, wie z. B. ein Kabelmodem oder bei Glasfaseranschlüssen ein Optical Network Termination (Glasfasermodem, ONT), kann daher kein Netzabschlusspunkt sein, sondern ist gemäß den Vorgaben des Europäischen Kodex für Elektronische Kommunikation eine "Endeinrichtung".

Wie bei allen anderen Internetzugangstechnologien (sei es DSL, Kabel oder Mobilfunk) auch, bedarf es auch bei Glasfaser eines aktiven Endgeräts mit integriertem Modem. Und – ebenfalls wie bei allen anderen Zugangstechnologien auch – sind integrierte Glasfaserzugangsgaräte im Handel erhältlich und können direkt an die Glasfaserdose angeschlossen werden.

Endgerätfreiheit beim Glasfaseranschluss bedeutet also, dass der Endnutzer die freie Wahl über das Endgerät an der "Glasfaserdose an der Wand" (Netzabschlusspunkt) haben muss und NICHT erst über die Geräte, die an das zwangsweise vom Netzbetreiber bereitgestellte, aktive "Netzabschlussgerät" (ONT) angeschlossen werden.

#### 5. Welche Auswirkung hat die gesetzliche Verankerung der Endgerätfreiheit für den Glasfaserausbau in Deutschland?

Die gesetzlichen Vorgaben zur Endgerätfreiheit in Deutschland haben positive Auswirkungen auf den Glasfaserausbau hierzulande.

Auf dem Markt wird eine Vielzahl von unterschiedlichen Produkten für alle Bedarfe angeboten werden. Die Verfügbarkeit unterschiedlicher Endgeräte im Bereich gigabitfähiger Anschlusstechnologien und die damit verbundene Auswahlmöglichkeit für den privaten oder gewerblichen Anwender entsprechend seinem Bedarf fördern geradezu den zügigen Glasfaserausbau. Auch ist festzuhalten, dass sich die Entwicklung von Endgeräten und Netzen wechselseitig befördert; beispielhaft seien hier iPhone/Mobilfunk oder integrierte WLAN-Router/Festnetz genannt.

#### 6. Kann mit freien Endgeräten ein Wholesale-Modell im Glasfaserbereich umgesetzt werden?

Natürlich. Auch in einem Modell, bei dem Wettbewerber Zugang auf die Leitungen eines anderen Netzbetreibers bekommen, verbleibt die zentrale Steuerungs- und Verwaltungshoheit der Netzelemente (zum Beispiel der OLT) vollständig in der Hoheit des Netzbetreibers. Angeschlossene Endgeräte müssen bei einer Punkt-zu-Multipunkt Verbindung weiterhin in einem Zugangspunkt enden, über den der Netzbetreiber steuern kann, welche Datenströme zu bestimmten Zielen geleitet werden.

Da Netze durch ihre Schnittstellenbeschreibungen einen definierten Zustand haben, der von verschiedenen Herstellern bedient werden kann, wird Wettbewerb beflügelt und Technologie weiterentwickelt. Durch definierte Schnittstellen wird es zudem erst logistisch möglich, verschiedene Kundensegmente störungsfrei und reibungslos an das Netz anzubinden, da für die verschiedenen Teilnehmer des Marktes gleiche Regeln gelten.

## **7. Sind heute schon integrierte Endgeräte (z.B. Router mit integriertem ONT für den direkten Anschluss an das Glasfasernetz) für alle technischen Varianten der Glasfaseranschlüsse im Handel erhältlich?**

Auf dem Markt wird eine Vielzahl von unterschiedlichen Produkten für alle Bedarfe angeboten. 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. In Märkten, in denen der Glasfaserausbau bereits deutlicher fortgeschritten ist, sind vollintegrierte Geräte der Standard. Hierfür gibt es sowohl innerhalb Europas zahlreiche Belege (Frankreich, Schweiz, Niederlande, Spanien), als auch weltweit (Asien).

Die Produkte unterstützen vollumfänglich die hochleistungsfähigen Technologien für den Zugang zum Teilnehmeranschluss und die darüber erbrachten Dienste; z.B. Kabelanschlüsse mit vollständiger Unterstützung des derzeitigen Standards DOCSIS 3.1 (typischerweise von 1 bis zu 4 Gigabit pro Sekunde) oder Glasfaseranschlüsse in Punkt-zu-Punkt und Punkt-zu-Multipunkt-Konfiguration mit Unterstützung der entsprechenden technischen Standards (2,5 bzw. 10 oder 40 Gigabit pro Sekunde).

Die leistungsfähigen Endgeräte unterstützen die für die Anwender wesentlichen aktuellen Standards, wie z.B. WLAN 802.11ax (Wi-Fi 6), Ethernet mit bis zu 2,5 bzw. 10 Gigabit pro Sekunde, TK-Anlagen-Funktionen zur Unterstützung aller IP-basierter Telefoniedienste des Anbieters für Privat- und Geschäftskunden, Schnittstellen für ISDN-Geräte und DECT, Hausnotruf- und Alarmierungssysteme, Kassensysteme, usw.

## **8. Wie wird die Sicherheit des Netzes bei der Nutzung kundeneigener Endgeräte gewährleistet? / Hat die Nutzung "falscher" kundeneigener Endgeräte Auswirkungen auf die Stabilität des Netzes?**

Für die Sicherheit der Netze sind ausschließlich die Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze verantwortlich - vollkommen unabhängig davon, ob das Endgerät "kundeneigen" ist oder vom Provider zur Verfügung gestellt wurde. Der Netzbetreiber muss mit netzseitigen Mechanismen sicherstellen, dass die Netze äußeren Einflüssen standhalten.

Sollte es dennoch wirklich zu Störungen im Netz kommen, die durch Endgeräte verursacht werden, gibt es diesbezüglich klare gesetzliche Regelungen: Verursacht ein Gerät ernsthafte Schäden an einem Netz oder schädliche Störungen beim Netzbetrieb, kann die Bundesnetzagentur dem Netzbetreiber gestatten, für diese Geräte den Anschluss zu verweigern. Der Netzbetreiber kann ein Endgerät sogar „im Notfall“ ohne vorherigen Erlaubnis vom Netz trennen, vorausgesetzt der Schutz des Netzes erfordert die unverzügliche Abschaltung des Geräts, und dem Nutzer des Geräts eine kostenfreie Alternative angeboten werden kann.

## **9. Wer macht Updates bei (kurzfristigen) Sicherheitslücken? / Wie kann bei der Nutzung kundeneigener Endgeräte sichergestellt werden, dass notwendige Sicherheitsupdates aufgespielt werden?**

Es liegt im ureigenen Interesse der Endgerätehersteller, möglichst sichere Produkte zu entwickeln, denn Sicherheit ist eines der wichtigsten Wettbewerbskriterien.

Für die Bereitstellung von Sicherheitsupdates eines kundeneigenen Endgeräts ist dessen Hersteller verantwortlich. Schon heute ist es gängige Praxis, dass Endgeräte über eine automatische Updatefunktion notwendige Sicherheitsupdates erhalten.

Die Erfahrung mit Sicherheitslücken hat gezeigt, dass diese durch die Endgerätehersteller deutlicher schneller behoben werden als durch die Netzbetreiber.

Die Verantwortung für die Sicherheit des Netzes liegt beim Netzbetreiber. Das Netz an sich muss sicher sein/gemacht werden und sich selbst schützen können. Die Netzsicherheit darf nicht von der Sicherheit von am Netz angeschlossenen Endgeräten abhängen.

In diesem Zusammenhang ist zu ergänzen, dass eine Endgeräte-Monokultur (beim Routerzwang) beispielsweise dazu führt, dass im Falle von Sicherheitsproblemen bei einem Endgerät (wie z.B. einem Hackerangriff) gleich eine sehr große Zahl an Endgeräten und damit Endnutzern betroffen ist. Die größere Diversität von Endgeräte-Modellen bei freier Endgerätewahl führt hingegen dazu, dass die Tragweite von Sicherheitsvorfällen auf ein bestimmtes Gerätemodell deutlich geringer ist.

#### **10. Hat der Netzbetreiber die Möglichkeit zu prüfen, ob bei kundeneigenen Geräten sicherheitskritische Updates eingespielt wurden?**

Selbstverständlich gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten für Netzbetreiber, Softwarestände der mit dem Netz verbundenen Komponenten zu (über)prüfen. Neben der allgemeinen Versionierung des Gesamtsystems („Firmwareversion“) eines Gerätes ist es oft sogar möglich, die Versionierung einzelner Subsysteme (z.B. für Telefonie) zu (über)prüfen. Auch hierfür gibt es anerkannte Standards.

Neben diesen „einfachen“ Mitteln besteht darüber hinaus die Möglichkeit, Geräte nach ihrem tatsächlichen Verhalten auf Netzbetreiberseite zu prüfen. Selbst für den Fall, dass keine Versionsnummer angegeben würde, kann anhand des Verhalten eines Gerätes geprüft werden, ob ein bestimmtes sicherheitsrelevantes Verhalten konsequent abgestellt wurde.

#### **11. Wie können Störungen festgestellt und behoben werden, wenn ein Endnutzer sein eigenes Endgerät verwendet?**

Durch die im TKG festgehaltene Pflicht der Netzbetreiber zur Veröffentlichung der Spezifikationen ihrer Netzzugangsschnittstellen sind die Hersteller in der Lage, mit dem Netz kompatible/interoperable Endgeräte zu entwickeln. Die Entwicklung des Zusammenspiels zwischen Netz und Endgerät seit der Wiederherstellung der freien Endgerätewahl hat gezeigt, dass verschiedene Endgeräte im Festnetz keine echten Interoperabilitätsprobleme aufgewiesen haben bzw. aufweisen.

Sollte es dennoch wirklich zu Störungen im Netz durch „fremde“ Endgeräte kommen, gibt es diesbezüglich klare gesetzliche Regelungen: Verursacht ein Gerät ernsthafte Schäden an einem Netz oder schädliche Störungen beim Netzbetrieb, kann die Bundesnetzagentur dem Netzbetreiber gestatten, für diese Geräte den Anschluss zu verweigern. Der Netzbetreiber kann ein Endgerät sogar „im Notfall“ ohne vorherige Erlaubnis vom Netz trennen, vorausgesetzt der Schutz des Netzes erfordert die unverzügliche Abschaltung des Geräts, und dem Nutzer des Geräts eine kostenfreie Alternative angeboten werden kann.

Die Verantwortung für die Störungsermittlung/-lokalisierung steht nicht in Zusammenhang mit der Verantwortung für deren Behebung. Auch zukünftig werden die Netzbetreiber mit den bereits bestehenden Prüfungsmechanismen ermitteln können, ob eine Störung netz- oder endgeräteseitig verursacht wurde. Ist Letzteres der Fall, übernimmt der Endgerätehersteller die Unterstützung des Kunden bei der Beseitigung der Störungsursache.

Darüber hinaus haben die Endgerätehersteller vor dem Hintergrund des Wettbewerbs um das beste Endgerät ein ureigenes Interesse daran, auf Basis der Schnittstellenspezifikationen der Netzbetreiber sowie international geltender Standards interoperable Produkte zu entwickeln, die keine Störungen verursachen.

### **12. Ist der Endnutzer dafür verantwortlich, wenn sein eigenes (frei gewähltes) Endgerät Störungen oder Ausfälle im (Glasfaser-)Netz verursacht?**

Wenn Leitungssegmente von verschiedenen Teilnehmern geteilt werden müssen, weil es die Topologie, für die sich ein Netzbetreiber entschieden hat, so vorsieht, müssen Sicherungsmechanismen vorhanden sein, die Ausfälle von Netzen vermeiden helfen.

Sicherungsmechanismen funktionieren am besten, wenn sie voraussetzungsfrei arbeiten und möglichst ohne Abhängigkeiten des Verhaltens der Endverbraucher zu sichern sind.

Dies gilt in identischer Art und Weise nicht nur für alle anderen öffentlichen Kommunikationsnetze, sondern für alle öffentliche Netze (Energie, Straße, Wasser, etc.). Sicherungen auf der Seite des Endverbrauchers sind anzuraten – zum Beispiel in Form von Standardisierungen und Prüfungen. Wie in anderen Netzen auch, gibt es auch in Kommunikationsnetzen unabhängige Prüfstellen, die die sorgfältige Implementation von vorhandenen Sicherungsmaßnahmen prüfen können.

### **13. Führt die Verwendung eines eigenen Gerätes zu Leistungseinbußen im Shared Medium?**

Nein. Auch beispielsweise im Mobilfunk sind die Endgeräte auch unterschiedlich leistungsfähig. Dadurch sind in diesem Bereich allerdings noch keine nennenswerten Probleme entstanden.

Weiterhin kann die unterschiedliche Leistungsfähigkeit auch in der Netz- und Produktplanung berücksichtigt werden, beispielsweise indem ein bestimmtes Produkt oder Leistungsmerkmal nur für Geräte mit z.B. XGS-PON unterstützt wird.

### **14. Ist bei der Nutzung eines eigenen (Glasfaser-)Endgeräts sichergestellt, dass beim Endnutzer auch die vertraglich vereinbarte Bandbreite ankommt?**

Ja, selbstverständlich. Bei der Nutzung des eigenen (Glasfaser-)Endgeräts muss vom Anbieter die vertraglich vereinbarte Bandbreite (vertragliche Leistung) zur Verfügung gestellt werden. Eine "Kontrolle" jedweder Art über das Endgerät durch den Anbieter zum Beleg der Leistungen ist vollkommen unnötig. Zudem erlaubt die Breitbandmessung der Bundesnetzagentur die tatsächliche Datenübertragungsrate mit der vertraglich vereinbarten zu vergleichen.

### **15. Wie kann in einem Shared Medium wie dem Glasfasernetz missbräuchliche Bandbreitennutzung zulasten der anderen Anschlüsse verhindert werden?**

In Punkt-zu-Mehrpunkt-Netzen sind die Mechanismen zur Bereitstellung von Bandbreite durch die zentrale Einheit auf der Seite des Netzbetreibers gesteuert. Das GPON-Protokoll für das Glasfasernetz regelt die Bandbreitennutzung insofern, als dass die Zuteilung des Upstreams durch den Zugangspunkt auf Netzbetreiberseite (*Optical Line Termination, OLT*) erfolgt, über die der Netzbetreiber die Hoheit hat. Ähnliche Mechanismen finden sich bei Kabelnetzen in Punkt-zu-Mehrpunkt-Topologie. Die Zugangspunkte auf der Netzseite befinden sich unter vollständiger und alleiniger Hoheit der Netzbetreiber.

### **16. Müssen bei einem Glasfaseranschluss auf der Teilnehmerseite aktive Elemente vorhanden sein, die unter Kontrolle der Netzanbieter stehen, damit z.B. die Qualität der zur Verfügung gestellten Leistung durch den Netzbetreiber geprüft werden kann?**

Nein, auf Teilnehmerseite bedarf es keiner aktiven Elemente unter Kontrolle des Netzbetreibers. Da der Netzabschlusspunkt laut §45d TKG passiv ist und dies für alle Zugangstechnologien (DSL, Kabel, Glasfaser) gilt, kann das aktive Gerät (beim einem Glasfaseranschluss ist das der ONT) nicht Teil des öffentlichen Telekommunikationsnetzes sein.

Auch in anderen Point-to-Multipoint-Netzen (wie z.B. im Kabelnetz) verwendet der Endnutzer lediglich sein (integriertes) Endgerät und benötigt kein separates, aktives "Netzabschlussgerät".

Die Verfügbarkeit der Leistung des Netzbetreibers sind durch Mechanismen auf Netzseite sicherzustellen, die vollständig der Kontrolle durch den Netzbetreiber unterliegt. Die Verfügbarkeit des Netzes und dessen Qualität ist vom verwendeten Endgerät am Netzabschlusspunkt unabhängig.

Sowohl die Zwangsendgeräte der Netzbetreiber als auch die frei im Handel erhältlichen Endgeräte basieren auf den gleichen, international geltenden Standards, sodass es dem Netzbetreiber in beiden Fällen möglich ist, die Qualität und Leistungsfähigkeit der Leitung sicherzustellen.

### **17. Besteht nach einer Kündigung oder eines Technologiewechsels die Möglichkeit, „fremde ONT“ aus dem Shared Medium abzuschalten?**

In der Regel sind in der Standardisierung für Punkt-zu-Multipunkt-Netzen Mechanismen vorgesehen, die es erlauben, den Transport eines Dienstes zu einer definierten Gegenstelle (Netzteilnehmer) einzustellen. Auch der GPON-Standard beinhaltet Mechanismen, Endgeräte im Shared Medium gezielt abzuschalten. Sowohl die Zwangsendgeräte der Netzbetreiber als auch die frei im Handel erhältlichen Endgeräte basieren auf dem gleichen, international geltenden GPON-Standard, sodass also in beiden Fällen eine Abschaltung von Endgeräten nach Kündigung oder bei einem Technologiewechsel möglich ist.

Letztendlich wird der Dienst durch den Netzbetreiber zur Verfügung gestellt. Das „Kappen der Leitung“ bei einer Punkt-zu-Punkt Verbindung kann auch auf eine Punkt-zu-Multipunkt Verbindung übertragen werden: Der Netzbetreiber implementiert netzseitig Mechanismen, Kunden und ihre Endgeräte aufgrund von definierten Merkmalen initial zuzulassen. Dies kann ein Benutzername, eine eindeutige Adresse („MAC-Adresse“), eine SIM-Karte oder andere Merkmale sein. Wenn diese Merkmale in den Systemen des Netzbetreibers als Grundlage für die Bereitstellung eines Dienstes

hinterlegt werden können, dann müsste es auch möglich sein, die Dienste zu diesen definierten Gegenstellen auf dieser Basis einzustellen.

## **18. Müssen Modems kurzfristig bei Technologiesprüngen ausgetauscht werden?**

Normalerweise sollten die Netzbetreiber ihre Kunden über bevorstehende Technologiewechsel/-sprünge informieren, sodass sich diese darauf vorbereiten können.

Entwicklungen von Internetzugangstechnologien haben vergleichsweise lange Zyklen. Bis diese in den jeweiligen Netzen vollständig und massentauglich umgesetzt sind, stehen in der Regel kompatible Endgeräte bereits vorher zur Verfügung. Dies war in der Vergangenheit bereits bei verschiedenen Technologien der Fall (wie beispielsweise beim Wechsel von ADSL auf ADSL2+ auf VDSL2 auf VDSL2 Vectoring auf VDSL2 Vectoring 35b oder im Mobilfunk beim Sprung von einfacher Telefonie auf den Datentransport über 2G, 3G, 4G bzw. bei der Einführung von VDSL-Vectoring, oder der UMTS- und ISDN-Abschaltung).

Darüber hinaus besteht, wie auch im Mobilfunk, die Möglichkeit, dass die neue Technologie abwärtskompatibel bleibt, das heißt auch noch mit alten Technologie"versionen" verträglich ist. Marktmechanismen helfen, harte Wechsel von einer Technologie auf die nächste mit Übergangsmechanismen und -fristen zu gestalten.

Ein Wechsel von einer Technologie zur nächsten braucht oft lange Übergangsfristen, in der Geräte älterer technologischer Stufen weiter betrieben werden, bevor sie durch neuere ersetzt werden. Diese Zyklen haben sich zwar verkürzt, bestehen aber weiter und sind völlig unabhängig vom verwendeten Endgerät. Lediglich das Netz und dessen Design bestimmen, wie problematisch Abwärtskompatibilität ist oder ob – wie im Beispiel von passiven Glasfasernetzen, die Nachfolgeneration parallel zum Betrieb der vorherigen – implementiert werden kann.

## **19. Hat die Nutzung eines vollintegrierten Glasfaser-Endgeräts Vorteile im Hinblick auf Nachhaltigkeit (Stromverbrauch/CO2-Emission)?**

Die sogenannte "Kaskadierung" – also die Konstruktion ‚Router an Router‘ bzw. ‚Router an Modem‘ – ist aus ökologischen und ökonomischen Gründen nicht nachhaltig. Zunächst benötigen beide Geräte Strom, wovon die Hälfte unnötigerweise verbraucht würde, was der Energiebilanz nicht zuträglich ist. Hinzu kommen die Anschaffungskosten für das zweite Gerät, die ohne den Routerzwang nicht aufgewendet werden müssten.

Vollintegrierte Endgeräte minimieren hingegen die Anschaffungskosten sowie den Stromverbrauch und sind daher deutlich nachhaltiger.

Bei einer "Router-an-ONT"-Konstruktion – statt der Nutzung eines einzelnen integrierten Endgeräts – stellt sich auch die Frage der Kostenaufteilung für den Strom. In diesem Falle zahlt der Endnutzer nämlich den Strom für ein Gerät (ONT), das ihm gar nicht gehört bzw. über das er keine Kontrolle hat.