



Hinweispapier – Leistungsfähigkeit der GPON-Übertragungstechnologie

Stand 10.04.2019

Leistungsfähigkeit der GPON-Übertragungstechnologie

GPON (Gigabit-capable passive optical networks) ist eine von der International Telecommunications Union (ITU) unter der Nummer ITU-T G.984 standardisierte Glasfaserübertragungstechnologie im Bereich der Teilnehmerzugangsnetze. Wesentliche Merkmale dieser Technologie sind, u.a.:

- Ein-Faser-Übertragung möglich,
- Passives optisches Übertragungsnetzwerk,
- Reichweiten bis zu 20 km,
- Bis zu 128 Anschlüsse an einer Übertragungseinheit (Splitting-Faktor),
- Datenraten bis zu 2,4 Gbit/s je Übertragungseinheit,
- Shared Medium.

Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit der GPON-Technologie ist insbesondere die Netzwerkstruktur genauer zu betrachten. Wie in den wesentlichen Merkmalen bereits erwähnt, handelt es sich zunächst um ein *passives* optisches Übertragungsnetzwerk (Optical Distribution Network). Dies bedeutet, dass zwischen dem OLT (Optical Line Termination) und der ONU/ONT (Optical Network Unit/Optical Network Terminal) nur optische, d.h. passive Bauteile zum Einsatz kommen, die keinerlei Energieversorgung benötigen (siehe Abbildung 1).

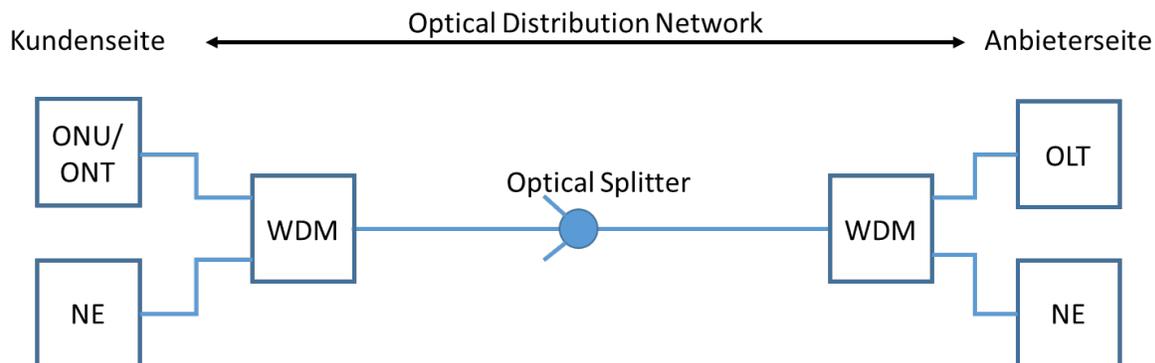


Abbildung 1: Logische Netzstruktur eines GPON-Netzes. OLT – Optical Line Termination, ONU/ONT – Optical Network Unit/Optical Network Terminal, NE – Network Element, WDM – Wavelength Division Multiplex.

OLT und ONU/ONT selbst sind jedoch aktive Komponenten, da diese eine elektrische Nutzerschnittstelle (z.B. Netzwerkanschluss) bereitstellen müssen.

Weiterhin zeigt die Abbildung 1 WDM-Module. Diese dienen dazu, den Up- und Down-Link auf verschiedenen Wellenlängen über eine Faser zu übertragen (Ein-Faser-Übertragung). Zudem kann über eine dritte Wellenlänge auch ein Video-/TV-Signal (z.B. das Kabelfernsehsignal) in Richtung des Kunden übertragen werden.

Ein wesentliches Element der GPON-Netzstruktur sind die optischen Splitter. Diese erlauben den Anschluss mehrerer ONU/ONT an einen OLT. Anders formuliert können über einen Splitter mehrere Kunden an eine Sende/Empfängereinheit des Anbieters angeschlossen werden. Da diese Aufteilung rein optisch erfolgt (es handelt sich ja um ein passives Übertragungsnetzwerk),

teilen sich alle Anschlüsse eines Splitters die dort verfügbare Übertragungskapazität (Shared Medium).

Der Standard ITU-T G.984 sieht hier zwei Datenratenkombinationen vor:

- 1,2 Gbit/s Up, 2,4 Gbit/s Down
- 2,4 Gbit/s Up, 2,4 Gbit/s Down

Allerdings beschreibt der Standard die asymmetrische Datenratenkombination von 1,2 Gbit/s Up und 2,4 Gbit/s Down als die Wesentliche. Dies wird damit begründet, dass nahezu alle bestehenden und geplanten GPON-Netze diese Kombination nutzen.

Damit ist die exklusive Datenrate eines Anschlusses direkt vom eingesetzten Splitting-Faktor abhängig – der Standard sieht Splitting-Faktoren bis zu 1:128 vor:

- 1:32 Splitting-Faktor
 - 37,5 MBit/s Up und 75 MBit/s Down
- 1:64 Splitting-Faktor
 - 18,75 MBit/s Up und 37,5 MBit/s Down
- 1:128 Splitting-Faktor
 - 9,375 MBit/s Up und 18,75 MBit/s Down

Warum ist die GPON-Übertragungstechnologie von den großen Netzbetreibern international in den letzten Jahren bevorzugt worden? Dies liegt insbesondere am evolutionären Breitbandausbau der letzten Jahre. Hierbei werden Bestandsnetze immer weiter ertüchtigt und die Glasfaserinfrastruktur immer weiter in die Fläche gebracht. Ein Beispiel hierfür ist der Überbau von *passiven* Kabelverzweigern (KVZ) im Telefonnetz mit *aktiven* Outdoor-DSLAMs.

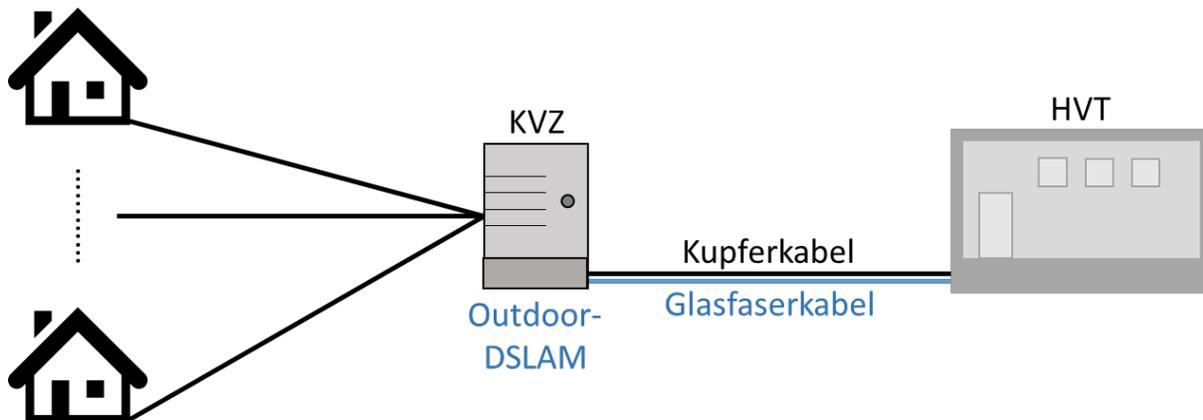


Abbildung 2: Ausbau des Telefonnetzes mit Outdoor-DSLAMs.

Bei dieser Ausbaugestaltung werden die bestehenden Kupferleitungen zwischen dem HVT (Hauptverteiler) und dem Kabelverzweiger (KVZ) mit einer Glasfaseranbindung ersetzt. Die aktive Technik mit der sich das DSL-Modem des Kunden verbindet, „wandert“ ebenfalls aus dem HVT in den KVZ. Dies wird dann Outdoor-DSLAM genannt und ist die dominierende Struktur in der Bundesrepublik Deutschland.

Dabei ist zu beachten, dass die Glasfaseranbindung zwischen HVT und KVZ typischerweise mit deutlich weniger Fasern realisiert wurde/wird als Teilnehmeranschlüsse am KVZ vorhanden sind, was für den Betrieb eines Outdoor-DSLAM auch vollkommen ausreichend ist. Es erlaubt jedoch später *nicht* die direkte *durchgehende* 1:1-Faseranbindung der Teilnehmeranschlüsse an den HVT.

GPON bietet die Möglichkeit aufgrund der optischen Splitter, die wenigen am Outdoor-DSLAM ankommenden Fasern auf die Anschlüsse „aufzuteilen“ (vgl. Abbildung 3). Dazu wird der mit aktiver Technik bestückte Outdoor-DSLAM durch einen passiven, optischen Splitter ersetzt und die (dann neu gebauten) Glasfaseranschlussleitungen („fibre-TAL“) zu den einzelnen Kunden an den Splitter angeschlossen: Es handelt sich um einen optischen Verteiler zur Aufteilung des Gesamtsignals und damit auch der Datenrate auf die angeschlossenen Kunden. Dieses ist durchaus vergleichbar mit einer Mehrfachsteckdose bei der Stromversorgung – auch hier wird die bereitgestellte Leistung auf alle angeschlossenen Geräte aufgeteilt.

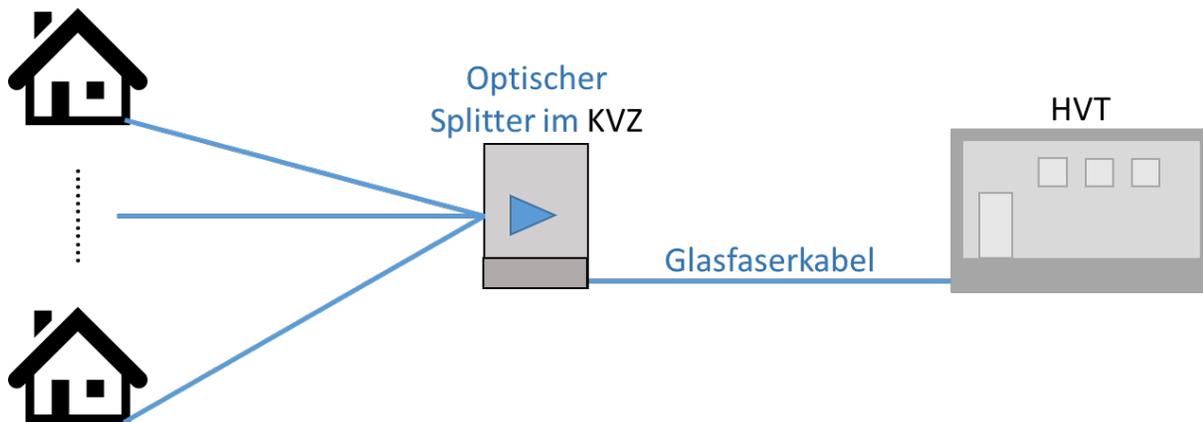


Abbildung 3: Einsatz von GPON auf Basis des Telefonnetzes.

Bei einem Splitting-Faktor von 1:32 würden z.B. 4 Glasfasern zwischen HVT und Splitter am KVZ ausreichen, um $4 \times 32 = 128$ Kunden anzuschließen. Allerdings mit den oben genannten Nachteilen.

Technologisch wäre auch eine direkte Anbindung der Kunden an den HVT möglich, wenn genügend Fasern zum Outdoor-DSLAM verlegt worden wären. Die auch im Rahmen der Förderprogramme gemachten Investitionen haben dieses i.a. nicht berücksichtigt, d.h. diese Möglichkeit der Durchverbindung (HVT <-> Teilnehmer) schließt sich für die Bestandsnetzbetreiber aus.

Anbieter, die neu in den Markt einsteigen und nur (neu gebaute) Glasfasernetze bis zum Kunden betreiben, setzen im Regelfall Punkt-zu-Punkt-Technologien (PtP-Netze) ein und verwenden i.a. kein GPON im Teilnehmeranschlussbereich, wodurch die Flexibilität dieser Netze höher einzuschätzen ist.

Wie oben bereits beschrieben, ist die in GPON-Systemen für den Kunden verfügbare Datenrate direkt vom Splitting-Faktor abhängig. Um den Kunden nun Gigabit-Datenraten (exklusiv) anbieten zu können, sind sehr kleine Splitting-Faktoren notwendig. Diese kleinen Splitting-Faktoren erhöhen jedoch die notwendige Anzahl an GPON-Komponenten im anbieterseitigen OLT (eine Halbierung des Splitting-Faktors verdoppelt die Komponentenanzahl im OLT). Aufgrund der

Komplexität der Übertragungstechnik sind GPON-Komponenten vergleichsweise kostenintensiv, sodass eine beliebige Verkleinerung des Splitting-Faktors nicht wirtschaftlich umsetzbar ist. Zudem fehlen, wie bereits erwähnt, derzeit ausreichend Faserverbindungen zwischen HVT und Splitter.

Daher fangen erste Netzbetreiber an, die passiven Splitter durch aktive Komponenten am Ort des bestehenden Outdoor-DSLAM bzw. KVZ zu ersetzen (dieser Punkt wird dann häufig Mini-POP genannt – vgl. Abbildung 4). Eine Aufteilung der Übertragungskapazität zwischen Mini-POP und Anschluss erfolgt dann nicht mehr: Bis zu diesem Mini-POP kann dann bei neu verlegten Glasfaserverbindungen zum Teilnehmer z.B. eine symmetrische 1 Gbit/s – Verbindung geschaltet werden.

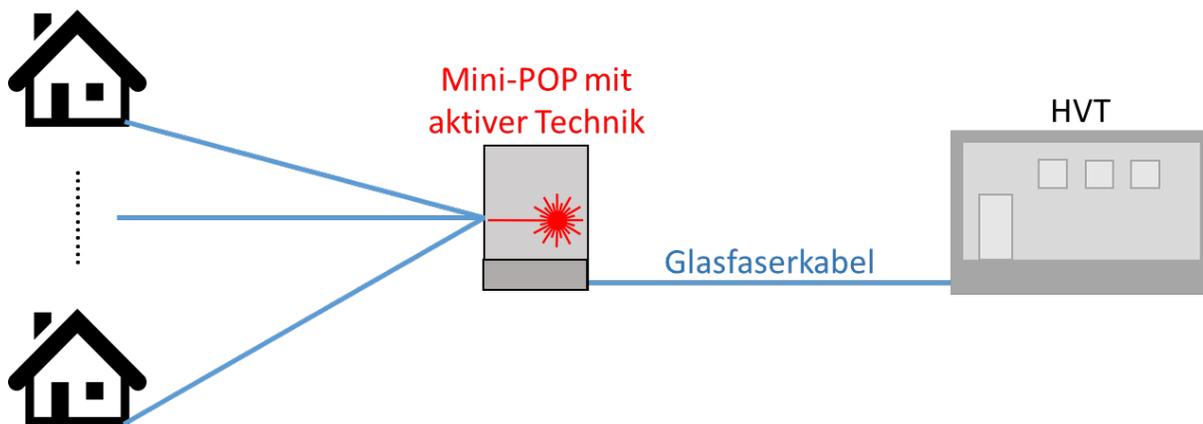


Abbildung 4: Netzstruktur nach Austausch der passiven optischen Splitter durch einen Mini-POP.

Allerdings handelt es sich dann auch nicht mehr um ein *passives* optisches Netz (und damit auch nicht mehr um GPON). Damit bleibt zudem die unter dem DSL-Regime entstandene Verteilung von energieverbrauchender Technik in der Fläche bestehen. Dies führt im Regelfall zu energetischen Verlusten in den Netzteilen oder zu einer Unterauslastung von Komponenten) und bedarf zusätzlich eines erheblichen Wartungsaufwandes an den Technikstandorten. Dies ist ein erheblicher Nachteil dieser Variante.

Wie ist die Leistungsfähigkeit von GPON nun zu bewerten? Zunächst ist festzuhalten, dass laut ITU-Standard Datenraten von 1 Gbit/s und mehr mit der GPON-Technologie möglich sind. Wieviel dieser Datenrate an einem Anschluss genutzt werden kann, ist jedoch erheblich von dem eingesetzten Splitting-Faktor abhängig. Sehr kleine Splitting-Faktoren sind jedoch unwirtschaftlich. Deshalb sind Datenraten deutlich unterhalb von 1 Gbit/s je Anschluss (insbesondere in den Hauptnutzungszeiten) realistisch.

Abschließend sei auf die mangelnde Definition des Gigabit-Begriffs hingewiesen – von wo bis wo und unter welchen Voraussetzungen muss/soll eine Datenrate von 1 Gbit/s gegeben sein?

Allen Übertragungstechnologien für öffentliche Netze ist gemeinsam, dass sie über Konzentratorenpunkte/-systeme verfügen. An diesen Punkten werden die Übertragungsressourcen in Richtung des Kernnetzes verringert. Diese Konzentratorenpunkte liegen bei unterschiedlichen Übertragungstechnologien an unterschiedlichen Stellen, haben jedoch erheblichen Einfluss auf die Res-

sourcenzuteilung und –nutzung. Bei DSL-Systemen ist ein solcher Konzentratorknoten der (Outdoor-) DSLAM, bei GPON ist es der Splitter und in der Ausbauvariante mit Mini-POP ist es der Mini-POP selbst. Auch bei Punkt-zu-Punkt-Netzen gibt es diese Konzentratorknoten, die POPs.

Konzentratorknoten treten entlang eines Übertragungsweges immer wieder auf und sind technologisch und vor allem wirtschaftlich notwendig und daher zunächst nicht negativ zu bewerten. Allerdings ist immer das *Konzentrationsmaß* zu bewerten. Beispiel Mini-POP (siehe Abbildung 5): Alle Glasfaserverbindungen bis zum Teilnehmer verfügen über eine Datenrate von 1 Gbit/s symmetrisch. Bei nur einem einzelnen Teilnehmeranschluss am Mini-POP besteht eine Verbindung mit 1Gbit/s vom diesem Anschluss bis zum HVT, wenn der Mini-POP mit 1 Gbit/s an den HVT angeschlossen ist. Nutzen zwei Anschlüsse diese Verbindung gleichzeitig, besteht die Datenrate von 1 Gbit/s jedoch nur noch zwischen Anschluss und Mini-POP – und der Mini-POP ist nur wenige hundert Meter vom Anschluss entfernt. Die zwischen Mini-POP und HVT bestehende Verbindung muss nun aufgeteilt werden, sodass jedem Anschluss dort nur 500 Mbit/s zur Verfügung steht. Es stellt sich also die Frage, zwischen welchen Punkten oder Netzelementen müssen 1 Gbit/s zur Verfügung stehen, um als gigabitfähiges Netz zu gelten?

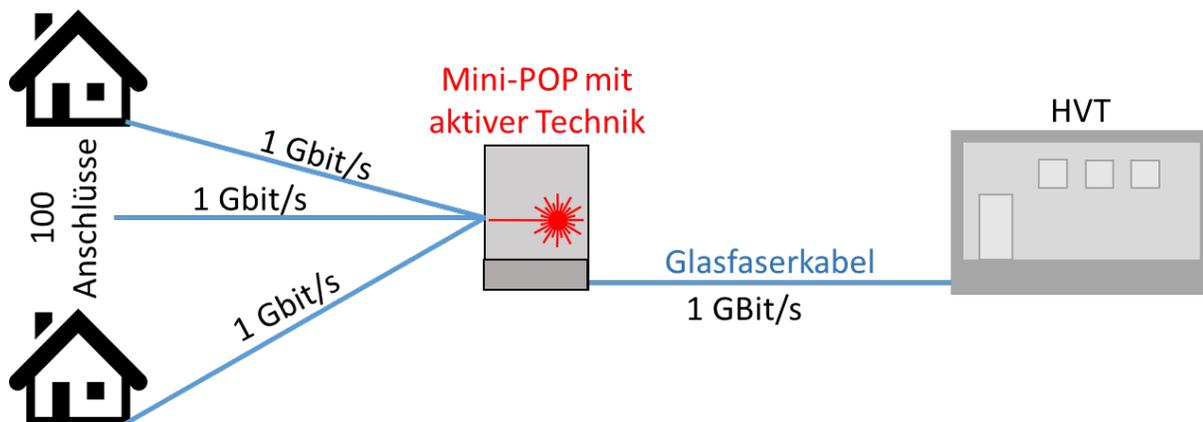


Abbildung 5: Beispiel Ausbauvariante Mini-POP mit 1 Gbit/s-Verbindungen.

Erhöht man nun die Zahl der Anschlüsse auf 100, würde sich die Datenrate pro Anschluss bei gleichzeitiger Nutzung zwischen Mini-PoP und HVT weiter auf 10 Mbit/s je Anschluss verringern. Zur Kompensation könnte die Verbindung zwischen Mini-POP und HVT entsprechend leistungsfähiger ausgelegt werden. Um hier das richtige Maß zu finden, muss jedoch definiert werden, unter welchen Umständen welche Datenrate zur Verfügung stehen soll. Gibt es eine minimale Exklusivdatenrate, die immer zur Verfügung stehen muss und sind die 1 Gbit/s als „best case“ zu sehen? Würde man nun einmal annehmen, dass von jedem Anschluss bis zum HVT 50 Mbit/s exklusiv und 1 Gbit/s im Maximum zur Verfügung stehen sollen, würde eine Konstellation, wie in Abbildung 6 notwendig: 1 Gbit/s zwischen Anschluss und Mini-POP und 5 Gbit/s zwischen Mini-POP und HVT.

Legt man jedoch fest, dass jedem Anschluss exklusiv (also zu jeder Zeit) 1 Gbit/s zur Verfügung stehen sollen, erhöht dies die Anforderungen an die Verbindung Mini-POP \leftrightarrow HVT von 5 Gbit/s auf 100 Gbit/s in diesem Beispiel.

Dieser Umstand unter welchen Nutzungsbedingungen (Verkehrslast) welche Ressourcen zur Verfügung stehen, wird i.d.R. als Überbuchung bezeichnet. Das Überbuchungsmaß ist entscheidend hinsichtlich der durchschnittlich nutzbaren Datenrate an einem Anschluss und bestimmt die Kosten bzw. Entgelte des Anschlusses für den Endkunden.

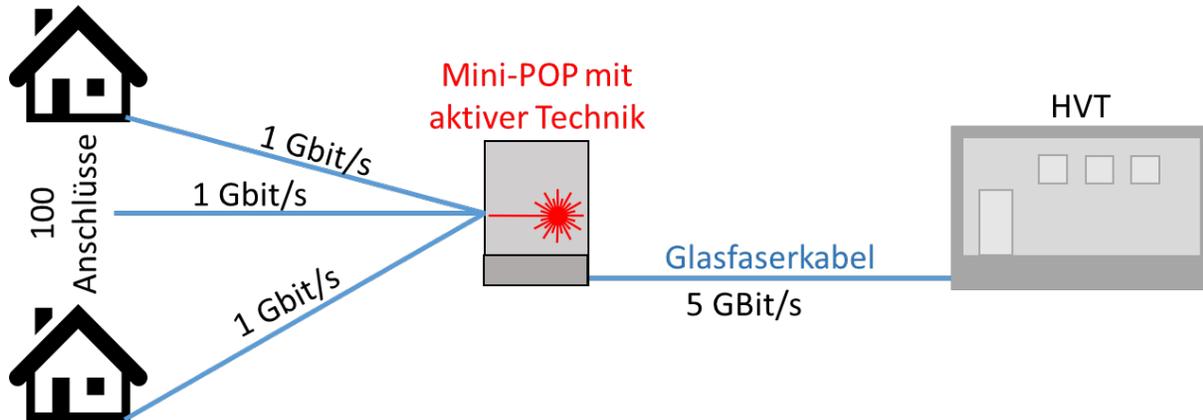


Abbildung 6: Beispielkonfiguration für eine durchgehende Datenrate von jedem Anschluss bis zum HVT von 50 MBit/s exklusiv und 1 Gbit/s im Maximum.

Solange also nicht definiert wird, welche Teilnetze/-strecken betrachtet und welche Überbuchung zulässig ist, können weder die Technologien und noch die tatsächlich gebauten Strukturen miteinander objektiv verglichen oder abschließend bewertet werden.

Fazit

Die Frage, ob eine GPON-Netzstruktur „gigabitfähig“ ist, kann nicht ohne Berücksichtigung des Gesamtkonzeptes des Netzaufbaus bewertet werden. Die ITU-Standards erlauben entsprechende Datenraten in festgelegten Netzabschnitten; die Ausbaustrategien der Bestandsnetzbetreiber sind allerdings nicht durch diese Forderung geleitet, sondern müssen u.a. kommerzielle Fragen in den Vordergrund stellen. Hierzu gehört auch das Festhalten der etablierten Netzbetreiber an der Altstruktur der Telekommunikations- und Kabel-TV-Netze zur Erschließung der geografischen Fläche, um die eigenen bzw. geförderten Strukturen und Investitionen zu schützen. Daher bauen beide Gruppen derzeit nach dem GPON-Prinzip aus. Dadurch ist eine „Gigabitfähigkeit“ derzeit nur abschnittsweise gegeben. Das eigentliche Ziel des Ausbaus sollte daher weniger diese „Gigabitfähigkeit“, sondern vor allem aber die Vermeidung weiterer aktiver Komponenten in Teilnehmernähe sein, um die energetische Effizienz der Teilnehmeranschlusssleitungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Anschlussleistung zu verbessern.

Herausgeber:

Kompetenzzentrum Gigabit.NRW
Postfach 10 54 44
40045 Düsseldorf
<http://gigabit.nrw.de/>

Das Kompetenzzentrum Gigabit.NRW ist Auftragnehmer des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Aufgabe und Ziel des Kompetenzzentrums Gigabit.NRW ist es, den Ausbau von zukunftsfähigen Breitbandnetzen in NRW nachhaltig voranzubringen. Das Kompetenzzentrum Gigabit.NRW soll dabei unterstützen, die Breitbandziele des Landes durch Vernetzung, Wissenstransfer sowie Informations- und Kommunikationsmaßnahmen zu erreichen.

Dieses Dokument ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Kompetenzzentrums Gigabit.NRW und wird vorbehaltlich aller Rechte ohne die Erhebung von Kosten abgegeben und ist nicht für den Verkauf bestimmt. Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Medien sind ohne Zustimmung des Herausgebers nicht gestattet.

Die Inhalte dieser Publikation sind zur grundlegenden Information für die am Thema „Eigenwirtschaftlicher Breitbandausbau durch Bürgerinitiativen“ Interessierte gedacht. Sie entsprechen dem Kenntnisstand der Autoren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung und haben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Meinungsbeiträge geben die Auffassung einzelner Autoren bzw. Interviewter wieder. In den Grafiken kann es zu Rundungsdifferenzen kommen.

Autoren: Prof. Dr.-Ing. S. Breide, S. Helleberg, M.Eng. Institut für Breitband- und Medientechnik (I.BM.T)

Bezugsquelle:

Kompetenzzentrum Gigabit.NRW
Postfach 10 54 44, 40045 Düsseldorf
Telefon: +49 211/981-2345
Email: info@gigabit.nrw.de
Internet: <https://www.gigabit.nrw.de/>
Im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW

Redaktion:

Kompetenzzentrum Gigabit.NRW

Stand: 10.04.2019

Gestaltung: Kompetenzzentrum Gigabit.NRW



Kompetenzzentrum Gigabit.NRW
Postfach 10 54 44, 40045 Düsseldorf
Telefon: +49 211/981-2345
Email: info@gigabit.nrw.de
Internet: <https://www.gigabit.nrw.de/>