

## Gegenüberstellung der DSL-Technologie und dem direkten Glasfaserausbau, FTTH

20.07.2013

<http://www.bscom.de>

Die Deutsche Glasfaser GmbH betreibt derzeit den Ausbau eines Glasfasernetzes im Kreis Heinsberg in der Variante FTTH – „Fiber To The Home“. In dieser Variante wird das Glasfasernetz bis in den Haushalt verlegt und entspricht der konsequenten Fortführung der im Internet lange etablierten Technik.

Zeitgleich hat die Telekom den Ausbau ihres DSL-Netzes auf Basis des vorhandenen Telefonanschlussnetzes angekündigt.

Im Folgenden sollen die Technologien kurz vorgestellt und verglichen werden.

### Inhaltsverzeichnis

Ausbaupläne der Telekom.....	2
Netzstruktur .....	2
Geschwindigkeit und Reichweite.....	3
VDSL2-Vectoring .....	4
Ausblick.....	5
Ausbaupläne der Deutschen Glasfaser .....	5
Netzstruktur .....	6
Geschwindigkeit und Reichweite.....	6
Ausblick.....	6
Gegenüberstellung der Technologien .....	7
Ausbau .....	7
Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit.....	8
Ausblick.....	8
Mobilfunk.....	8
Zusammenfassung .....	9

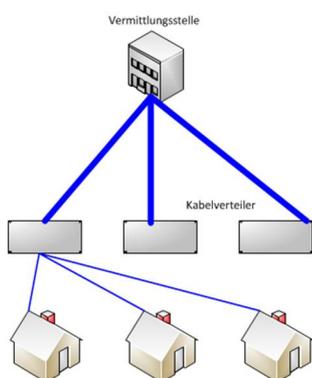
## Ausbaupläne der Telekom

Um genauere Auskünfte über die Ausbaupläne der Telekom zu erhalten, wurde der für Kommunen zuständige Vertriebsbeauftragte der Telekom direkt zu den Ausbauplänen für den Bereich Wegberg befragt. Das Gespräch ergab:

- 90 Kabelverteiler werden durch aktive Technik aufgewertet: Es werden Outdoor-DSLAMs aufgestellt, die über größtenteils neu zu verlegende Glasfasertechnik an die Vermittlungsstellen angebunden werden. Die Standorte der Outdoor-DSLAMs sind bereits mit der Stadt Wegberg abgeklärt, ebenso wie die notwendigen Baumaßnahmen.
- Eingesetzt werden soll VDSL-Technologie der Firma Huawei. Zunächst werden VDSL-Verbindungen mit bis zu 50Mbit/s im Downstream angeboten. Da die eingesetzte Technik grundsätzlich VDSL2-Vectoring fähig ist, soll das Angebot 2014 um diese Variante erweitert werden. Damit wären dann bis zu 100Mbit/s im Downstream möglich.
- Der Ausbau soll weitestgehend Ende 2013 / Anfang 2014 abgeschlossen sein
- Die Standorte der geplanten Outdoor-DSLAMs konnten nicht in Erfahrung gebracht werden. Diese Information wäre wertvoll gewesen, um den Erfolg der Ausbaumaßnahme abschätzen zu können, denn die VDSL-Technologie ist nur auf kurzen Leitungswegen einsetzbar.

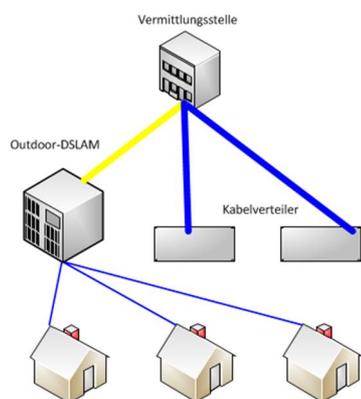
Die meisten Informationen waren bereits bekannt. Neu ist, dass der Ausbau mit aktueller Technik erfolgt, die VDSL2-Vector ermöglicht. Dass diese DSL-Variante erst später freigeschaltet werden kann liegt vermutlich an den noch nicht zur Gänze abgeschlossenen Verhandlungen mit der Regulierungsbehörde.

### Netzstruktur



Aktuell verläuft das Telekom-Netz „baumförmig“ von der Vermittlungsstelle über Bündelleitungen, die aus vielen Kupfer-Aderpaaren gebildet werden, zu den Kabelverteilern. Bis die Leitung den Hausanschluss erreicht, können mehrere Kabelverteiler passiert werden, die das Telefonnetz immer weiter in kleinere Kabelbündel aufspalten.

Die TAL – „Teilnehmer Anschluss Leitung“, auch gern als „letzte Meile“ bezeichnet, stellt die Verbindung zwischen der letzten aktiven Komponente der Telekom (hier: Vermittlungsstelle) und dem Hausanschluss dar. Die TAL kann auch durch andere Provider von der Telekom gemietet werden. Je nach Entfernung zur Vermittlungsstelle, Position der Kabelverteiler und Leitungswege erreichen TAL durchaus beachtliche Längen > 5km.



Geplant ist, 90 Kabelverteiler durch aktive Technik, den Outdoor-DSLAMs, zu ersetzen. Eine Outdoor-DSLAM wird über eine Glasfaser Verbindung mit der Vermittlungsstelle verbunden. Die TAL des Hausanschlusses bleibt unverändert in gewohnter Kupfertechnik. Die Länge der TAL verkürzt sich nun jedoch drastisch, da sie nicht mehr die Distanz bis zur Vermittlungsstelle, sondern nur noch bis zur Outdoor-DSLAM überbrückt. Auch dabei kann die TAL noch durch andere Kabelverteiler verlaufen.

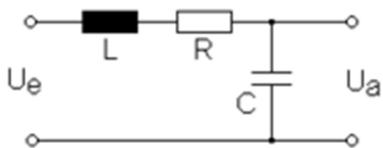
Die strategische Platzierung der Outdoor-DSLAMs entscheidet über den Erfolg beim Kunden. Nahe beim Kunden platziert erreicht der Ausbau den größten Effekt, jedoch kann mit einer Outdoor-DSLAM nur ein begrenzter Kundenkreis erreicht werden. Wird die Outdoor-DSLAMs „weiter oben“ in der Baumstruktur montiert, verlängern sich zwar die Leitungswege, dafür können mehr Kunden von einer Outdoor-DSLAM erreicht werden.

## Geschwindigkeit und Reichweite

Zwei wesentliche Faktoren begrenzen die erreichbaren Geschwindigkeiten:

### a) Leitungsdämpfung

Kupferleitungen weisen elektrische Eigenschaften auf: Den Widerstand, die Induktivität und die Kapazität einer Leitung.



Das einfache Ersatzschaltbild einer Kupferleitung bildet einen Tiefpass 2. Ordnung. Die Induktivität  $L$  bildet ein magnetisches Feld um die Leiter und dämpft hohe Frequenzen. Der Widerstand  $R$  dämpft alle Signale. Die Kapazität  $C$  bildet ein elektrisches Feld zwischen den Leitern und schließt hohe Frequenzen kurz, wodurch diese nicht mehr das Leitungsende erreichen.

Alle Werte sind direkt abhängig von der Leitungslänge – je länger, je ungünstiger. Durch spezielle Kabel können die Effekte minimiert werden, z.B. weisen Koaxialkabel eine deutlich bessere Eignung bei hohen Frequenzen auf. Die DSL-Technik setzt jedoch darauf, die vorhandenen Telefonleitungen zu erhalten und zu nutzen.

Es gibt einen direkten Zusammenhang zwischen Bandbreite und der erreichbaren Geschwindigkeit in der Datenübertragung. Das Shannon-Hartley-Gesetz zeigt, dass mit einer vorgegebenen Bandbreite eine maximale Übertragungsgeschwindigkeit nicht überschritten werden kann.

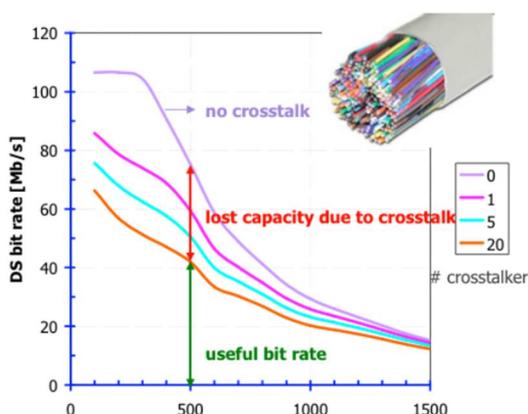
Die elektrischen Effekte der Kupferleitung begrenzen jedoch die maximal übertragbare Frequenz, wobei insbesondere die Leitungslänge maßgeblich ist. Aus diesem Grund wird durch die Montage der Outdoor-DSLAMs die Länge der Kupferleitungen verkürzt, um eine höhere Bandbreite und damit eine schnellere Datenübertragung zu erreichen.

### b) Störungen

Um eine sichere Datenübertragung zu erreichen, muss das Nutzsignal deutlich stärker sein als die Störsignale auf einer Leitung. Das Shannon-Hartley-Gesetz bezieht auch diesen Fakt ein: sind die Störungen zu „laut“, muss man „deutlicher und langsamer sprechen“, um noch verstanden zu werden.

Die Kupferleitungen des Telefonnetzes sind ursprünglich nicht für die Übertragung der hohen Frequenzen gebaut worden, die für DSL benötigt werden. Neben den Effekten in a) kommt auch eine schlechte Abschirmung der Leitungen untereinander zum Tragen. Ein hochfrequentes DSL-Signal kann so in den Kabelbündeln auf benachbarte Leitungen übersprechen und dort die Datenübertragung stören.

Der Effekt verstärkt sich mit der zunehmenden Beschaltungsdichte der Leitungsbündel mit DSL und mit den immer höheren Frequenzen, die für eine schnelle Datenübertragung verwendet werden.



Das Bild zeigt die erreichbaren Geschwindigkeiten bei einer VDSL2-Verbindung auf den ersten 1,5km.

Oben (violett) ist die maximale Kanalkapazität einer einzelnen, ungestörten Leitung eingezeichnet. Der gleichmäßige Abfall der Kurve wird durch die Leitungsdämpfung verursacht.

Die untere, orange Kurve zeigt eher die Realität, nämlich eine durch (nur) 20 andere DSL-Leitungen gestörte DSL-Leitung. Gegenüber der ungestörten Leitung ist die Übertragungskapazität durch Störungen reduziert.

Ebenfalls gut erkennbar ist, dass sich nach ca. 1,2km Leitungslänge alle Kurven annähern und ab da gemeinsam verlaufen. Hier wirkt vor allem die Bandbreitenbegrenzung der

langen Leitung, während bei kurzen Leitungen  $< 1,2\text{km}$  auch die Störungen eine entscheidende Rolle spielen.

Das Schaubild zeigt auch sehr gut die real erreichbaren Geschwindigkeiten (orange Kurve):

- Bis ca. 400m Leitungslänge wird VDSL50 mit 50Mbit/s im Downstream angeboten
- Bis ca. 800m Leitungslänge wird VDSL25 mit 25Mbit/s im Downstream angeboten
- Ab 800m Leitungslänge wird ADSL2+ mit „bis zu 16Mbit/s“ im Downstream angeboten.

Die real erreichbaren Geschwindigkeiten hängen aber von sehr vielen Einflüssen ab, daher sind die Angaben nur Richtwerte. Im Einzelfall kann das Ergebnis deutlich abweichen, sowohl positiv als auch negativ.

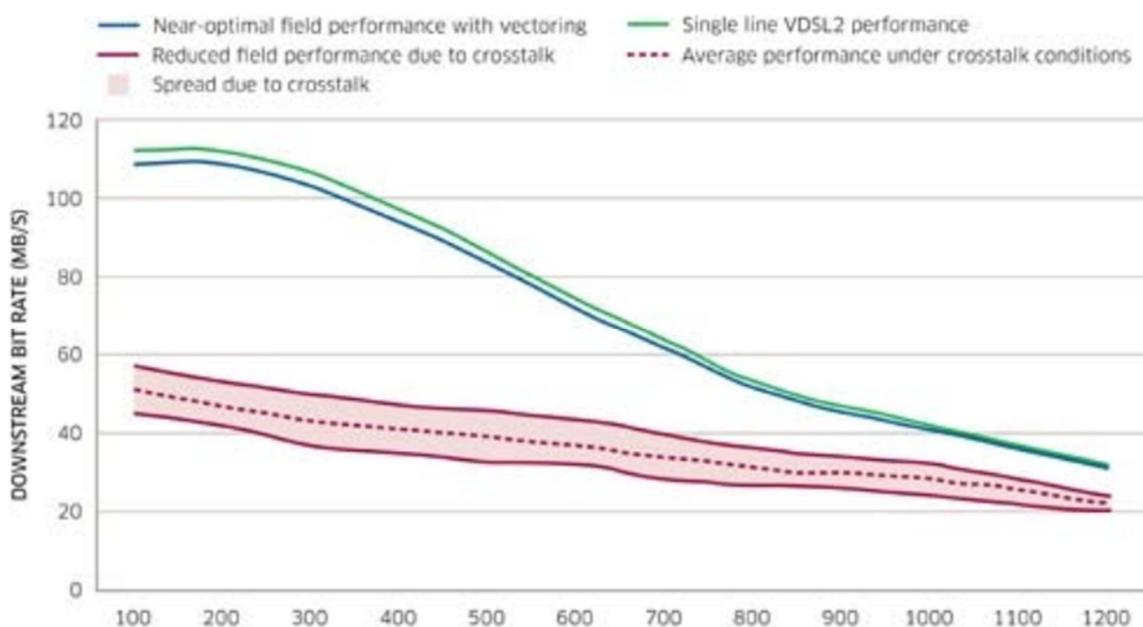
Leitungslängen über 1,5km Länge sind im Schaubild leider nicht erfasst. Hier verlaufen die Kurven, wie auch schon erkennbar, stetig und nah zusammenliegend gegen Null. Bei einer Leitungslänge von ca. 4,5km – 5,5km kann letztlich keine sichere DSL-Verbindung mehr aufgebaut werden, die Datenrate liegt dann unter 0,2Mbit/s.

## VDSL2-Vectoring

Um die Bandbreite der Kupferleitungen möglichst groß zu halten, wird die Leitungslänge durch Auslagerung der DSLAMs in Outdoor-DSLAMs verkürzt. Nun müssen noch die Störungen eliminiert werden, die insbesondere bei kurzen Leitungen hohe Datenraten verhindern.

Die neueste Entwicklung wird unter dem Namen „Vectoring“ angeboten. Vectoring setzt voraus, dass alle Adern in einem Kabelbündel gemeinsam kontrolliert werden. Die Technik analysiert nun in Echtzeit die Störungen auf den Aderpaaren. So wird z.B. ermittelt, auf welchen anderen Adern eine DSL-Leitung Störungen verursacht und welcher Art diese Störungen sind. Aus diesen Informationen wird eine Übertragungsmatrix für alle Leitungen gebildet. Die Sender der einzelnen Leitungen werden anhand dieser Übertragungsmatrix so gesteuert, dass die ermittelten Störungen minimiert werden können. Das Verfahren ist ausgesprochen komplex und wird von verschiedenen Herstellern durch eigene Verfahren optimiert, deren genaue Funktionsweise ungern preisgegeben wird.

Das Verfahren kann nur funktionieren, wenn die Technik die Kontrolle über das ganze Kabelbündel übernehmen kann. Derzeit jedoch vermietet die Telekom ihre TAL auch an andere Anbieter, die darüber eigene Technik einsetzen. Dies ist durch die Regulierungsbehörde festgelegt. Um Vectoring überhaupt einsetzen zu können, müssen entweder die verschiedenen Techniken der Provider synchronisiert werden, was sich schwierig gestaltet, da die Hersteller untereinander nicht kompatibel arbeiten. Einfacher wäre, wenn die Telekom die vermieteten Leitungen unter die eigene Kontrolle nähme, und den Providern einen Zugang über die Telekom-DSLAM vermieten könnte. Dies bedarf jedoch einer entsprechenden Änderung durch die Regulierungsbehörde. Die Verhandlungen dauern derzeit noch an, weshalb die Vectoring-Technologie derzeit noch nicht breit eingesetzt werden kann.



Die grüne Kurve zeigt die nahezu optimale Leistung einer ungestörten Leitung bis 1,2km Länge; das rote Band spiegelt die derzeit erreichbaren Geschwindigkeiten wieder, die durch Störungen weit unterhalb des Möglichen liegen. Vectoring soll nun die Störungen so weit eliminieren, dass die Leitungsgeschwindigkeit sich nahezu perfekt an den Maximalwert annähert.

Derzeit besteht wenig „Felderfahrung“ mit dieser Technik. Ob die erwartete Leistung in jeder Situation so perfekt wie geplant erreicht werden kann, ist aufgrund der vielen Parameter fraglich. Jedoch ist von einer signifikanten Verbesserung auszugehen.

Aus der Kurve kann man auch die durch Vectoring erreichbaren Entfernungen ablesen:

- Bis ca. 300m Leitungslänge: 100Mbit/s im Downstream
- Bis ca. 800m Leitungslänge: 50Mbit/s im Downstream
- Bis ca. 1200m Leitungslänge: 25Mbit/s im Downstream
- Ab ca. 1200m Leitungslänge: „bis zu 16Mbit/s“ im Downstream

Vergleicht man die Werte mit denen der VDSL-Technik ohne Vectoring ist eine deutliche Erhöhung der Geschwindigkeit bis ca. 1200m Leitungslänge zu erwarten, bei längeren Leitungen wirkt sich die Technik nicht aus. Hier ist nach wie vor die Leitungsdämpfung der wesentliche Faktor.

Die eingesetzte Technik basiert auf ADSL, Asynchronem DSL, bei dem die Senderichtung in das Internet (Upstream) deutlich langsamer ausgeführt ist, als die Empfangsrichtung (Downstream). So ist bei VDSL50 ein Upstream von bis zu 10Mbit/s üblich, während der Downstream 50Mbit/s erreicht. Diese Betriebsart unterstützt zwar das übliche Benutzerverhalten, meist mehr Daten aus dem Internet zu empfangen als zu senden, zeigt sich aber zunehmend hinderlich in der Nutzung der immer neuen Dienste des Internets, für deren Einsatz auch ein schneller Upstream erforderlich ist.

Die Angaben zur Reichweite schwanken je nach Quelle sehr stark. So wurde von Seiten der Telekom bereits angekündigt, dass eine Leitungslänge von bis zu 1 km eine Geschwindigkeit von 100Mbit/s erlaube. Andere Quellen aus gleichem Hause sprechen von 800m, 400m oder fügen oft den Zusatz „bis zu“ ein, der eine klare Abschätzung durch den Kunden unmöglich macht.

Eine Recherche auf den Webseiten des Herstellers (in diesem Fall Huawei) fördert eine erwartete Reichweite von ca. 300m bei 100Mbit/s Downstream zutage, was sich mit den Angaben in den oben verwendeten Graphen der BITKOM deckt, und dies soll so auch als Grundlage der Gegenüberstellung dienen.

## Ausblick

Eine weitere DSL-Technologie steht in den „Starlöchern“: G.FAST oder auch Giga-DSL. Sie wird noch erheblich höhere Geschwindigkeiten ermöglichen, ein Maximum von 1Gbit/s wird genannt. Allerdings wird sich hier die nutzbare Leitungslänge erneut drastisch verkürzen: 1Gbit/s wird nur bei Leitungen kürzer als 100m möglich sein. Die Nutzung dieser Technik setzt also erneut eine Verkürzung der Kupferleitungen voraus.

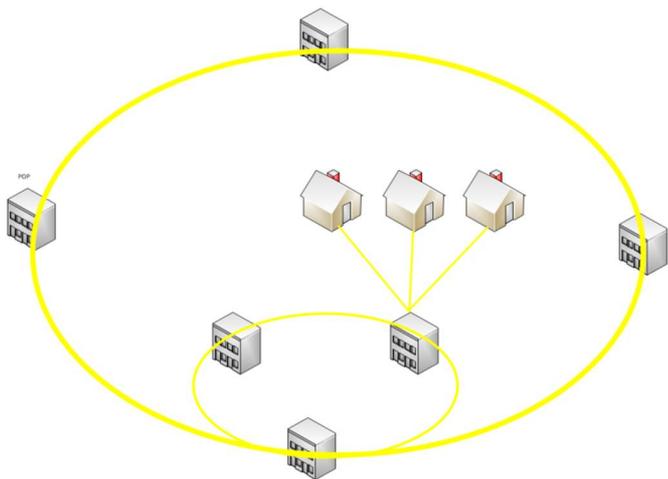
Ein denkbare Szenario für diese Technik wäre „FTTC“ – Glasfaser in die Nachbarschaft oder „FTTB“ – Glasfaser in das Gebäude (bei großen Objekten). Hier werden die Glasfaserleitungen bis in die unmittelbare Nähe der Hausanschlüsse gebracht und durch eine große Anzahl von Outdoor-DSLAMs über die verbleibenden, kurzen Kupferadern zu den Hausanschlüssen gebracht. Diese Technik setzt also einen weiteren, deutlich massiveren Ausbau mit Glasfasertechnik voraus, als dies mit VDSL2-Vectoring nötig ist. Zu beachten ist auch, dass der Ausbau mit Vectoring grade erst begonnen hat und zu G.FAST aktuell noch keine Ausbaupläne bekannt wurden.

## Ausbaupläne der Deutschen Glasfaser

Glasfasern übertragen Informationen nicht mittels elektrischer Signale, sondern mittels Licht. Der Aufbau einer Glasfaser ermöglicht die Totalreflexion des Lichtes an den optischen Flächen. Diese Totalreflexion verläuft verlustfrei. Die Glasfaser verhält sich für Licht ganz ähnlich wie ein Schlauch für Wasser: Was man am einen Ende hereinschiebt, kommt auch am anderen Ende heraus.

Trotzdem ist auch bei der Glasfaser keine unendliche Reichweite möglich: Unreinheiten im Glas dämpfen das Licht, und die verschiedenen Reflexionswege ermöglichen Moden, die die Signalqualität einschränken. Je nach Glasfasertyp sind Entfernungen bis 70km überbrückbar, die erreichbaren Übertragungsraten wachsen ständig. So können durch eine Glasfaser mehrere Signale parallel übertragen werden, dabei verwendet man verschiedene Lichtfarben: Z.B. ein Signal in Rot, eines in Blau. Durch das Hinzufügen weiterer Lichtfarben (auch UV oder IR) kann die Kapazität immer weiter erhöht werden. Weiterhin stehen auch unterschiedlich leistungsfähige Übertragungsverfahren zur Verfügung, deren Weiterentwicklung stetig höhere Übertragungsraten ermöglichen.

## Netzstruktur



In den Ortschaften werden Verteilerstationen aufgebaut, genannt POP – „Point Of Presence“. Diese werden untereinander mit einem Glasfaser-Ring vernetzt. An diesen Ring werden weitere kleinere Glasfaserringe angeknüpft, um die Ortschaften abseits des Hauptringes zu versorgen. Die konsequente Ringstruktur schafft auch Ausfallsicherheit: Wird der Glasfaserring unterbrochen (z.B. durch Beschädigung der Glasfaser durch Bauarbeiten), wird die Verbindung zwischen zwei POP unterbrochen. Die betroffenen POP können trotzdem noch untereinander kommunizieren, indem sie die verbleibende, intakte Ringstruktur nutzen.

Ausgehend von den POP werden die Hausanschlüsse sternförmig mit Glasfaser angeschlossen. Diese Variante wird auch als FTTH – Glasfaser bis ins Haus –

bezeichnet. Da die Reichweite einer Glasfaser deutlich über der einer Kupferleitung liegt, werden nur wenige POP benötigt. In der Regel reicht ein POP für einen Ort aus.

## Geschwindigkeit und Reichweite

Je nach Glasfasertyp und Übertragungsverfahren können mit Glasfasern Entfernungen von bis zu 70km überbrückt werden. In Übersee-Leitungen werden auch wesentlich höhere Entfernungen erreicht, hier sorgen allerdings auch eingebaute Faserverstärker für eine Auffrischung der Signale.

Die im Hausanschlussbereich eingesetzte Technik setzt auf Single-Mode Fasern, die Übertragungstechnik ermöglicht Bandbreiten bis 1Gbit/s. Derzeit werden vertraglich Geschwindigkeiten mit 100Mbit/s (symmetrisch, Upstream und Downstream erreichen je 100Mbit/s) und 200Mbit/s (symmetrisch) angeboten. Dabei wird eine Reichweite (POP bis zum Haus) von 10km erreicht, ohne dass die Geschwindigkeit reduziert werden muss. Aufgrund der zentralen Lage der POP wird die maximal nutzbare Reichweite nur selten benötigt.

Die Verbindungen der POP untereinander werden über mehrere Glasfaserleitungen hergestellt. Die Übertragungstechnik erlaubt darüber hinaus auch deutlich höhere Geschwindigkeiten, die nach Bedarf weiter ausgebaut werden können.

## Ausblick

Die mögliche Leitungslänge des Anschlussnetzes von bis zu 10km ohne Geschwindigkeitseinbußen erlaubt eine sichere Internetverbindung und eine spätere Steigerung der angebotenen Leistung um den Faktor 10, ohne dass eine neue Ausbaustufe erreicht werden muss. Auch über diesen Faktor 10 hinaus kann die Geschwindigkeit weiter angehoben werden, ohne die verlegten Leitungen ersetzen zu müssen. Der Austausch der Sender/Empfänger durch solche mit höherer Übertragungsleistung reicht aus, um über die bereits verlegte Glasfaserleitung höhere Übertragungsraten zu erreichen. Größere bauliche Maßnahmen können so entfallen.

Der Anschluss der Häuser an ein Glasfasernetz ist nur die konsequente Weiterführung der Internettechnik: Dort ist Glasfaser als Transportmedium schon lange der bevorzugte Standard. Eine Wandlung der Signale auf andere Übertragungstechniken ist nicht nötig.

Glasfaserverbindungen sind – anders als Kupferleitungen – wesentlich unempfindlicher gegen Störungen. So kann z.B. ein Blitzschlag keinen weiterführenden Schaden anrichten, da seine Energie über die Glasfaserleitungen nicht transportiert wird. Ein starker Radiosender kann ebenfalls nicht für eine Beeinträchtigung der Verbindung sorgen.

## Gegenüberstellung der Technologien

Das Datenaufkommen im Internet und damit auch das eines jeden Haushaltes steigt immer schneller an. Dienste, die bisher auf eigenen Wegen transportiert wurden, verlagern sich zunehmend in das Internet. So betreibt jeder Telefonanbieter die Umstellung von herkömmlichen Telefonanschlüssen zu VoIP, mittelfristig sollen alle Telefonanschlüsse entsprechend umgestellt sein. TV-Programme werden zunehmend – und mit mehr Komfort – auch im Internet abrufbar, langfristig werden herkömmliche Transportwege wie Kabel / Satellit an Bedeutung verlieren, wie dies auch schon mit dem terrestrischen TV-Empfang geschehen ist. Neue Internetdienste wie „Cloudspeicher“ oder Musik-Bibliotheken sind etabliert und verzeichnen ein stetiges Wachstum. Internetangebote wie „Fotobücher“ bewegen immer mehr Daten, da Fotodateien dank immer besser werdender Kameras ständig wachsen.

Tablet-PCs oder Smartphones werden leistungsfähiger und dringen immer weiter in die Haushalte vor – besitzen aber kaum eigenen Speicher. Der begrenzte Speicher wird durch Internetdienste kompensiert: Speicherte man früher seine Emails überwiegend auf dem eigenen PC, wird Email heute auch mit dem Smartphone oder dem Tablet bearbeitet. Um einen gemeinsamen Datenstand auf allen Geräte zu halten, verbleiben die Emails bei den Providern und werden bei Bedarf von allen Geräten abgerufen. Cloudspeicher ermöglichen die Synchronisation von Daten zwischen mobilen Geräten und dem PC, die Daten werden allgemein verfügbar.

Um das stetig wachsende Angebot komfortabel nutzen zu können, bedarf es einer schnellen, ständig verfügbaren und stetigen Internetverbindung. Eine 16Mbit-Verbindung, die heute als gut brauchbar gilt, wird in drei Jahren deutlich weniger komfortabel sein: aktuelle Schätzungen gehen davon aus, dass sich das Datenvolumen in den nächsten drei Jahren verdreifachen wird. Unter diesen Voraussetzungen ist abzusehen, dass auch von den Providern immer schnellere Internetzugänge gefordert werden, und zwar in immer kürzeren Zeitintervallen.

Ortslagen mit eingeschränkter Verfügbarkeit aktueller Internetanschlüsse werden schneller als bisher ins Abseits gelangen. Trotz eines nahen Autobahnzugangs, einer guten Zuanbindung und allgemein guten Infrastruktur zählt dann auch der Faktor Internetanbindung, dessen Fehlen eine Ortslage schnell uninteressanter werden lässt. Gewerbebetriebe und Einwohner achten schon heute auf eine gute Internetverfügbarkeit, fehlt diese, ist ein Standort bestenfalls zweite Wahl. Auf die Netzbetreiber kommt also die Aufgabe zu, die Anschlussgeschwindigkeit zügig zu steigern und eine breite Verfügbarkeit der Anschlüsse bereitzustellen.

### Ausbau

#### DSL-Technologie

Die Nutzung des vorhandenen Telefon-Anschlussnetzes zur Überbrückung der „letzten Meile“ ist verlockend und liegt nahe. Die grundsätzlich wenig geeignete Telefonleitung erfordert jedoch immer aufwendigere Technik. Aber auch diese kann nicht verhindern, dass mittelfristig die TAL immer kürzer werden muss, um ausreichende Bandbreiten zu erreichen.

Der Ausbau mit Glasfasertechnologie erfolgt so schrittweise von der Vermittlungsstelle in Richtung Hausanschluss und folgt damit den vorhandenen Telefonnetzen, die Netzstruktur ergibt sich zwangsläufig als baumförmig.

Der Vorteil: die erste Stufe, dem Ausbau mit auf VDSL basierender Technik, kann relativ schnell erfolgen und benötigt vergleichsweise wenig Baumaßnahmen. Entsprechend ist auch der finanzielle Aufwand überschaubarer.

Der Nachteil: weiter entfernt liegende Häuser können nach wie vor nur mit geringeren Geschwindigkeiten versorgt werden. Weitere Ausbaustufen müssen folgen, die nach und nach den Glasfaserausbau bis nah an das Haus bringen werden.

#### FTTH

Der Ausbau mit Glasfasertechnik bedeutet den maximalen Aufwand und führt die im Internet übliche Technik bis an den Hausanschluss fort. Damit verbunden sind große Baumaßnahmen und ein größerer Zeitaufwand.

Der Vorteil: Der Internetzugang kann ohne den Einsatz komplexer Übertragungsverfahren bis in das Haus angeschlossen werden. Im Ausbaubereich wird eine gleichbleibend hohe und gute Anschlussqualität erreicht. Die sich bildende Netzstruktur kann neu und modern gestaltet werden. Weitere Ausbaumaßnahmen sind auf lange Zeit nicht nötig.

Der Nachteil: Die Schaffung eines komplett neuen Anschluss- und Verteilernetzes bedeuten einen hohen finanziellen Aufwand, der auch Zeit in Anspruch nehmen wird. Ein frühzeitiger Start mit den Ausbaumaßnahmen ist von Nöten, um rechtzeitig genügend Anschlüsse anbieten zu können.

## Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit

### DSL-Technologie

VDSL2-Vectoring:

Bis zu: 100Mbit/s DOWN – 40Mbit/s UP (ca. 300m)

Bis zu: 50Mbit/s DOWN – 10Mbit/s UP (ca. 800m)

Bis zu: 25Mbit/s DOWN – 5Mbit/s UP (ca. 1200m)

Ab 1200m keine wesentliche Änderung

VDSL:

Bis zu 50Mbit/s DOWN – 10Mbit UP (ca. 400m)

Bis zu 25Mbit/s DOWN – 10Mbit UP (ca. 800m)

Ab 800m: keine wesentliche Änderung

Nach wie vor bleibt die Leitungslänge das entscheidende Kriterium bei der erreichbaren Geschwindigkeit. Eine kontinuierliche Verkürzung der Leitung und damit der weitere Ausbau mit Glasfasertechnik ist notwendig.

Auch VDSL und VDSL2 setzen auf unterschiedliche Geschwindigkeiten im DOWN- und UP-Stream, wobei der UP-Stream zunehmend an Bedeutung gewinnt und nur bedingt bedient werden kann.

Die Wandlung des Netzwerkzugangs in ein DSL-Signal erfordert eine ständige Synchronität der DSL-Verbindung zwischen DSLAM und DSL-Modem. Die Verbindung reagiert empfindlich auf jegliche Störung und muss dann neu synchronisiert werden, was einen vorübergehenden Ausfall der Verbindung bedeutet. VoIP-Telefonate oder Downloads werden dabei unterbrochen.

## Ausblick

### DSL-Technologie

Die starke Abhängigkeit von der Leitungslänge erfordert einen stetigen Ausbau des Glasfasernetzes und eine immer größere Anzahl von Outdoor-DSLAMs, um die Leitungslängen Schritt für Schritt zu verkürzen. Das Glasfasernetz rückt so immer näher an die Hausanschlüsse: für den nächsten Ausbaustandard G.FAST muss die Leitungslänge von 300m auf 100m verkürzt werden. Die Ausbaustufen werden aufgrund des zunehmend verzweigten Glasfasernetzes und der benötigten hohen Anzahl an Outdoor-DSLAMs erheblich aufwendiger als der aktuelle VDSL2-Ausbau. Ein flächendeckender Ausbau mit G.FAST wird daher fast den Aufwand erreichen, den der direkte Glasfaserausbau benötigt.

## Mobilfunk

Mobilfunkdienste wie UMTS/3G und LTE/4G erlauben heute schon die Versorgung mit schnellen Internetzugängen. Insbesondere LTE800 mit seinem für größere Reichweite günstigem Frequenzbereich erlaubt auch die Anbindung abgelegener Gebiete, deren Erschließung mit leitungsgestützten Zugängen kaum finanzierbar ist. Die zur

### FTTH

100Mbit/s in DOWN und UP

200Mbit/s in DOWN und UP

Eine weitere Steigerung der Geschwindigkeit erfordert keinen neuen Ausbau. Aktuell sind bereits 1Gbit/s möglich. Noch höhere Geschwindigkeiten können durch Austausch der Komponenten erreicht werden, ohne die verlegte Glasfaser ersetzen zu müssen.

Der schnelle UP-Stream erlaubt die komfortable Nutzung von datenintensiven Diensten. Er ist für die professionelle Nutzung des Internets unabdingbar und für die private Nutzung vorteilhaft.

Es besteht eine ständige Verbindung zwischen einer Netzwerkstrukturkomponente (Switch) und dem Router. Die Verbindung ist robust gegenüber Störungen, es ist auch kein Verbindungsaufbau wie bei DSL notwendig.

### FTTH

Die Geschwindigkeitsreserven des Glasfasernetzes machen zukünftige Baumaßnahmen überflüssig. Die schon verfügbaren Bandbreiten können sofort aktiviert werden und überflügeln jetzt schon den nächsten DSL-Ausbaustandard G.FAST. Dieser Standard ist freilich erst in der Entwicklung, mit dem Ausbau seines Vorgängers VDSL2-Vectoring wird derzeit grade erst begonnen.

Verfügung stehenden Kapazitäten sind jedoch sehr weit davon entfernt, eine flächendeckende Versorgung übernehmen zu können. Die dafür besser geeigneten hochfrequenten LTE-Varianten erfordern jedoch aufgrund der geringeren Reichweite einen massiven Ausbau mit Sendemasten. Ein solcher Ausbau ist aber schwierig, da die Aufstellung weiterer Sendemasten oft durch den Widerstand in der Bevölkerung behindert wird und mit enormen Kosten einhergeht.

Die derzeit verfügbare Tarifstruktur mit seinen stark begrenzten Volumina erlaubt kaum die Nutzung der Mobilfunkdienste als Ersatz für einen leitungsgebundenen Zugang. In erster Linie profitieren mobile Geräte und abgelegene Ortslagen von den schnellen Mobilfunkdiensten.

## Zusammenfassung

Die Modernisierung des Anschlussnetzes auf Basis von Glasfasertechnologie ist unumgänglich, um die zukünftigen Anforderungen an private und gewerbliche Internetanschlüsse zu bedienen.

Der sofortige Ausbau auf Basis von FTTH und Aufbau einer modernen Netzstruktur ist wünschenswert, benötigt jedoch viel Zeit und ist mit großen Investitionen verbunden. Ein früher Beginn mit den Ausbaumaßnahmen ist nötig, um rechtzeitig genügend Anschlüsse anbieten zu können. Ausgebaute Gebiete profitieren hingegen sofort von allen Vorteilen. Nahezu beliebige Geschwindigkeiten sind jederzeit möglich. Die kommt nicht nur den gewerblichen Betrieben entgegen, auch die privaten Haushalte profitieren durch die Möglichkeit zur Heimarbeit und der Nutzbarkeit aller Angebote des Internets.

Der stufenweise Ausbau des Glasfasernetzes unter Einbeziehung des vorhandenen Telefonnetzes erlaubt eine schrittweise Verkürzung der TAL und führt letztendlich ebenfalls zu dem gewünschten Ergebnis: dem Ausbau des Glasfasernetzes bis nahe an den Hausanschluss. Jedoch sind einzelne Ausbaustufen schneller und mit kleineren Investitionen erreichbar. Auf diese Weise können die Anschlussgeschwindigkeiten zügig aktualisiert werden und sind schneller flächendeckend verfügbar. Um auch langfristig mit den Anforderungen Schritt halten zu können, ist jedoch ein konsequenter und kontinuierlich fortgeführter Ausbau nötig. Jede Vernachlässigung des Ausbaus führt in den betroffenen Gebieten schnell zu einem Rückstand. In den ausgebauten Gebieten kann nur der ausgebaute Standard verwendet werden. Eine Anmietung darüber hinausgehender Kapazitäten, wie für gewerbliche Betreiber nötig, ist nicht flächendeckend möglich oder sehr teuer.

Die DSL-Technologie mit ihrem schrittweisen Ausbau ist für Gebiete, in denen kein aktueller oder kurzfristiger Ausbau mit Glasfasertechnologie geplant ist, eine notwendige Zwischentechnologie. Der direkte Ausbau mit Glasfasertechnik ist – wo möglich und angeboten – die konsequentere, nachhaltigere und erstrebenswertere Lösung. Eine Koexistenz von DSL, Glasfaser und weiteren Zugangswegen wie Kabel-TV sorgen für die nötige Konkurrenz und bieten den Kunden genügend Auswahlmöglichkeit.

### Quellen:

- Stellungnahme der BITKOM „Technische Potentiale LTE Mobilfunk und VDSL-Vectoring“  
[http://www.bitkom.org/de/themen/54882\\_73477.aspx](http://www.bitkom.org/de/themen/54882_73477.aspx)
- „Vectoring keeps copper up to speed“ – Huawei  
<http://www.huawei.com/en/about-huawei/publications/communicate/hw-145796.htm>
- Deutsche Telekom GmbH, Indirekter Vertrieb und Service, Kommunen, Herr Theissen (18.7.2013)
- Deutsche Telekom GmbH, Vertriebsshotline
- Deutsche Glasfaser GmbH, Partnerschulung