

Bitte ein Terabit!

DFN-Verein startet weltweit erstes Terabit-Testbed für die Wissenschaft

Native Terabit-Technologie für die Datenübertragung, so lautet das Ziel, das sich das Deutsche Forschungsnetz und sein Telekommunikationsausrüster ECI Telecom gestellt haben. Anfang 2014 soll ein erster Meilenstein auf dem Weg dieses ambitionierten Vorhabens erreicht sein. Auf einer Versuchsstrecke zwischen Dresden und Chemnitz wird eine Datenübertragung mit nativer Terabit-Technologie erfolgen. Damit wird einer der größten Sprünge in der Netztechnologie vorbereitet, der in den kommenden Jahren zu erwarten ist.

Text: Kai Hoelzner (DFN-Verein), Dr. Stefan Piger (DFN-Verein)

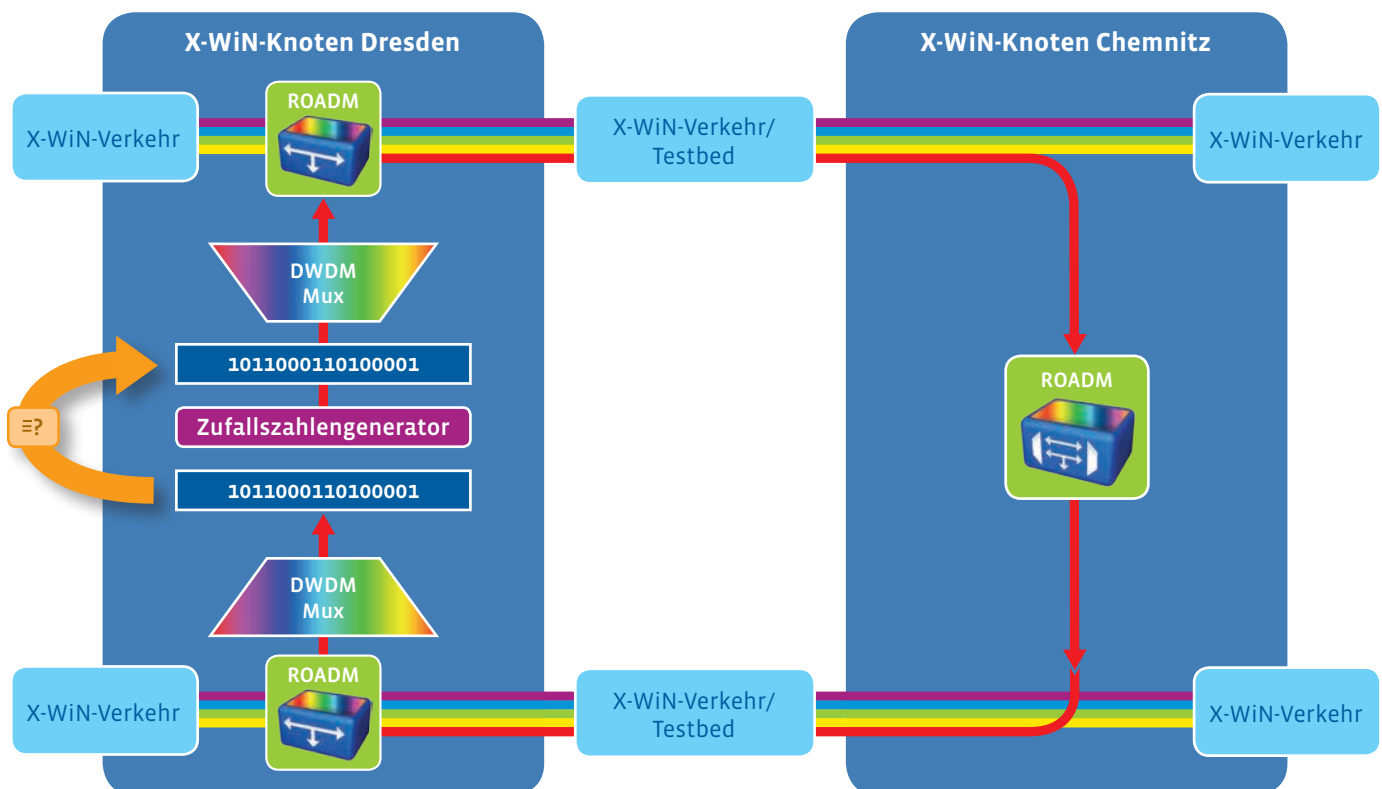


Abb. 1: Das Terabit-Testbed des DFN-Vereins: Ein Zufallszahlengenerator speist am X-WiN Kernnetzstandort Dresden ein Testsignal ein, das per ‚Super-Channel‘ parallel zum X-WiN-Verkehr auf der Glasfaser nach Chemnitz und von dort in einer Schleife zurück nach Dresden übertragen wird. Dort erfolgt eine Prüfung der Identität von versendeten und empfangenen Daten.

Terabit-Testbed betritt völliges Neuland

Mit dem Terabit-Testbed wagt der DFN-Verein einen Vorstoß in Übertragungsbereiche, die weit in die Zukunft der Datenkommunikation hinausweisen. Weniger, was die pure Datenmenge angeht, die hierbei über das Wissenschaftsnetz transportiert wird, als vielmehr in technischer Hinsicht stellt Terabit-Technologie für die Datenkommunikation völliges Neuland dar. Weder existieren bisher Ethernet-Standards für Terabit/s, so dass native Terabit-Verbindungen von Anwender zu Anwender derzeit nicht absehbar sind, noch gibt es bislang klare Vorstellungen, welche Auswirkungen derartige Übertragungsverfahren auf das Design der Netze haben werden.

Prinzipiell ist es bereits heute möglich, Datenübertragungen im Terabit-Bereich vorzunehmen. So lassen sich in der aktuellen Konfiguration des X-WiN bereits heute 100-Gigabit-Verbindungen bis in den Terabit-Bereich akkumulieren. Doch geht es beim Terabit-Testbed des DFN-Vereins nicht um Erreichen quantitativer Rekorde, sondern um die Vorbereitung künftiger Technologie-Stufen des Netzes.

Ohnehin verfügen weltweit nur wenige Wissenschaftsnetze bislang über die erforderliche 100-Gigabit-Technologie. Neben dem DFN-Verein mit seinem Wissenschaftsnetz X-WiN finden sich 100-Gigabit-Verbindungen vor allem im europäischen Forschungsbackbone GÉANT und im Netz der Nordamerikanischen Internet2-Initiative.

Generationswechsel im Ethernet

Das Durchstoßen der Terabit-Schwelle im Netz ist jedoch nicht allein durch Limitierungen der Hardware behindert. Selbst die hierfür erforderlichen Client-Schnittstellen befinden sich bislang gerade am Anfang der Standardisierungsphase. Frühestens 2017 wird mit einer Ethernet-Generation jenseits des 100-Gigabit-Standards zu rechnen sein. So wurde erst im März dieses Jah-

res eine „400 Gb/s Ethernet Study Group“ von der IEEE, dem Institute of Electrical and Electronics Engineers, ins Leben gerufen, die sich mit der nächsten Generation des Protokolls beschäftigt.

Doch auch wenn Datenraten jenseits der 100-Gigabit/s auf absehbare Zeit nur durch Bündelung mehrerer Kanäle erreicht werden können, ist die technologische Vorbereitung in den tieferliegenden Schichten des Netzes mehr als bloß eine Kür für die Wissenschaften. Zum einen gilt es, eine Basis-Infrastruktur zu erschaffen, die für die Entwicklung neuer Protokolle genutzt werden kann. Zum anderen sind die Beschaffungszyklen im Netz und die vermehrte Nachfrage hochleistungsfähiger Netze in den Wissenschaften nicht geeignet, die technische Entwicklung abzuwarten und erst später zu reagieren. Vor allem aber folgt der DFN-Verein mit dem Terabit-Testbed seinem Auftrag, Infrastruktur für wissenschaftliche Datenkommunikation nicht nur bereitzustellen, sondern zu fördern und dabei künftige Stufen der technologischen Entwicklung mitzugestalten.

Ausbauoptionen der heutigen X-WiN-Technik

Nachdem der DFN-Verein mit seiner neuen DWDM-Technik von ECI innerhalb von wenigen Monaten das X-WiN auf 100 Gbit/s aufgerüstet hat, sollen nun die Ausbauoptionen der neuen DWDM-Technik des X-WiN ausgelotet werden. Dazu wird ECI dem DFN-Verein seine aktuellen Erprobungsträger für Terabit-Technologie für ein Testbed zur Verfügung stellen und gemeinsam mit dem DFN-Verein Erprobungen durchführen. Für den DFN-Verein ist es dabei von besonderem Interesse, dass diese Erprobungen nicht in einer besonders behüteten Laborumgebung, sondern parallel auf den gleichen Glasfasern ablaufen, auf den auch der Regelbetrieb des X-WiN stattfindet.

ECI hat sich für derartige Erprobungen auch durch seine Aktivitäten im Tera San-

ta-Consortium qualifiziert. Im Rahmen des Tera Santa-Consortiums, einem Zusammenschluss von akademischer und industrieller Forschung, hat sich ECI zum Ziel gesetzt, ein Ökosystem für Terabit-Technologie zu erschaffen, innerhalb dessen bislang vollkommen unerprobte Konzepte für die Datenübertragung im Terabit-Bereich bis zur Einsatz-Reife erforscht und entwickelt werden sollen. Der DFN-Verein wird das Konsortium als Anwendungspartner bei der Erprobung künftiger Technologiestufen im Feld unterstützen. Ohne bislang eine feste Laufzeit des Projektes vereinbart zu haben, rechnen DFN-Verein und ECI Telecom damit, dass die Meilensteine des Testbeds innerhalb der nächsten 24 Monate erreicht werden können.

Drei Meilensteine auf dem Weg nach morgen

Derzeit stehen drei solcher Wegmarkierungen im Blickfeld. Hierzu gehört zunächst die Erprobung des bisherigen Konzeptes. Dazu soll in der ersten Projektphase Anfang 2014 eine Terabit-Verbindung zwischen zwei benachbarten Knoten des Wissenschaftsnetzes geschaltet werden. Als Ergebnis dieses Meilensteins soll gezeigt werden, dass über das gegenwärtige Glasfasernetz des Wissenschaftsnetzes mit aktueller DWDM-Technik eine Verbindung mit dieser Übertragungskapazität möglich ist. Hierzu wird eine Versuchsstrecke unter Verwendung einer Netzschleife zwischen den Kernnetz-Standorten in Dresden und Chemnitz eingerichtet.

In einem zweiten Meilenstein soll im gleichen Jahr die Erprobung der Terabit-Technologie zwischen der TU Dresden und dem Leibniz Rechenzentrum in München-Garching (LRZ) erfolgen. Als Ergebnis dieses Meilensteins soll gezeigt werden, dass die technologischen Konzepte für Terabit-Verbindungen auch für längere Faserstrecken tauglich sind. Der Zeitpunkt und genaue Inhalt dieses Meilensteins hängt von den dann verfügbaren technischen Komponenten ab.

Der für 2015 geplante dritte Meilenstein schließlich befasst sich mit Fragen der Integrierbarkeit von Terabit-Technologie in den laufenden Netzbetrieb. Im Probebetrieb soll hierbei eine 1-Tbit/s-Verbindung zwischen Dresden und LRZ etabliert werden, auf der erste Applikations-Szenarien zur Anwendung kommen.

Datenübertragung am offenen Herzen

Die Entwicklung neuer Netzwerk-Karten gliedert sich in eine Vielzahl einzelner Blöcke, die später einmal auf einer Karte integriert werden können. Neben optischen Komponenten werden für die Transponder und Transceiver OTU-Framer sowie digitale Signalprozessoren benötigt, die in der Laborsituation als einzelne Module kombiniert werden müssen. Doch was sich im Laborversuch als funktionierender Prototyp erwiesen hat, muss sich auf Weitverkehrsstrecken erst noch bewähren. In der ersten Projektphase werden die Terabit-Verbindungen nicht in standardisierten Einschubmodulen enden, sondern in maßgeschneidert für den Einsatz im Terabit-Testbed konfektionierten Komponenten.

Super-Channels für mehr Kapazität auf dem Lichtleiter

Nicht nur auf standardisierte Module wird man in der Geburtsstunde der Terabit-Technologie verzichten müssen, sondern auch auf die bisherige Einteilung des genutzten Frequenzbandes, innerhalb dessen die Daten im Netz übertragen werden. So konnte man beim Übergang von 10 Gbit/s zu 100 Gbit/s noch durch eine Änderung der Modulation von On-Off Keying (OOK) zum Quadrature Phase Shift Keying im Polarisationmultiplex (DP-QPSK) eine Verzehnfachung der spektralen Dichte auf 2 Bit/(s*Hz) unter Beibehaltung des bekannten 50 GHz-Kanals erreichen.

Beim Übergang zur Terabit-Technik wird hier eine grundlegende Änderung notwendig, da sich keine weitere Verzehnfachung

der spektralen Dichte unter Einhaltung einer zu 10 und 100 Gbit/s-Technologie ähnlichen Reichweitencharakteristik erzielen lässt. Die aktuelle Entwicklung strebt eine moderate Erhöhung der spektralen Dichte durch Einsatz einer höherwertigen Modulation (16QAM) an. Gleichzeitig wird das bisherige 50-GHz-Kanalraster aufgelöst. Terabit-Übertragungen werden in sogenannten Super-Channels von bis zu 187,5 GHz Breite in mehreren Bändern realisiert.

Der Einsatz von Super-Channels hat Auswirkungen auf die im optischen Netz eingesetzte Multiplexer-Technik. So kommen in den meisten Netzen heutzutage ROADMs (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer) zum Einsatz, die Kanäle im 50 GHz Raster vermitteln können. Eine Weiterentwicklung dieser Geräte verfeinert diese Granularität auf minimal 12,5-GHz (Flex-Grid ROADM) und ermöglicht dadurch eine dichtere Anordnung mit der Folge einer höheren Anzahl von Super-Channels im C-Band.

Eine weitere Folge der höheren spektralen Dichte und des damit sinkenden OSNR (-6dB gegenüber QPSK) ist eine Reduktion der maximalen Reichweite der Übertragungen ohne optisch-elektrisch-optische (OEO) Regeneration. Durch die extrem hohe Übertragungskapazität pro Super-Channel kann es sich jedoch ohnehin als sinnvoll erweisen, das Netz mit einer ODU-Switching-Funktionalität auszurüsten, um Kapazitäten unterhalb von einem Terabit pro Sekunde vermitteln zu können. Durch die von diesen Komponenten zwangsweise durchgeführte Regeneration des Signals wäre die maximale unregenerierte Reichweite eines Super-Channels von untergeordneter Bedeutung.

Integration künftiger Technologiestufen

Der Auftakt für das Terabit-Projekt wird mit einem ersten Feldversuch gegeben, der voraussichtlich im Januar auf einer

Schleife zwischen den Kernnetzstandorten des X-WiN an der TU Dresden und der TU Chemnitz durchgeführt wird. Hierbei wird ein Prototyp der nächsten Transceiver-Generation auf einem 7-Band-Superchannel zum Einsatz kommen, der parallel zu den vorhandenen Verbindungen des X-WiN geschaltet werden wird. Zunächst soll damit das Verhalten dieses Prototyps außerhalb der reinen Laborsituation getestet werden. Auf Basis der Ergebnisse dieses Feldtestes wird in den folgenden Monaten an einer Weiterentwicklung der Terabit-Technik mit dem Fokus auf Integration der Komponenten und höherer Reichweite gearbeitet. Nicht zuletzt müssen aber auch Applikationsszenarien entwickelt und getestet werden, um die vervielfachte Übertragungskapazität für Anwender des X-WiN nutzbar zu machen. So futuristisch der Gedanke an Terabit-VPNs oder das Verpacken von 100-Gigabit-Datenströmen in Trunks der Terabit-Klasse heute noch anmutet, so sicher ist es, dass Überlegungen dieser Art in wenigen Jahren auf der Agenda der meisten Netzbetreiber stehen werden. ♦