

DFN

The background of the entire page is a close-up, slightly blurred photograph of a network switch or patch panel. Numerous yellow Ethernet cables are plugged into the ports, with some blue cables visible in the upper right. The focus is on the physical infrastructure of the network.

X-WiN

**DIE NETZINFRASTRUKTUR
DES DEUTSCHEN
FORSCHUNGSNETZES**

Die Netzinfrastruktur X-WiN des DFN

H.-M. Adler, P. Eitner, K. Ullmann, H. Waibel, M. Wilhelm (DFN-Verein)

Das X-WiN ist die neueste Generation der Netzinfrastruktur des DFN und löste das Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN) im Jahre 2006 nach dessen vierjähriger Laufzeit ab. Der DFN-Verein hat eine nunmehr fast 25-jährige Tradition, seine Netzinfrastrukturen den jeweiligen Spitzentechnologien anzupassen. Während die Vorläufer des X-WiN alle mit erheblicher finanzieller Unterstützung der Bundesregierung realisiert wurden, konnte das X-WiN erstmalig aus eigener Kraft errichtet werden. Im folgenden wird über Dienste und technische Eigenschaften des X-WiN berichtet.

Dienste des X-WiN

Anwender des X-WiN (Universitäten, Hochschulen sowie Einrichtungen von Forschung und Lehre in Deutschland) können auf die technische X-WiN Plattform über zwei unterschiedliche Dienste zugreifen: den DFNInternet Dienst und den DFNVPN Dienst. Beide Dienste werden unter <http://www.dfn.de/de/dienstleistungen/> für den Anwender dargestellt; dort werden auch jeweils gültige Entgelte, die ein Anwender für dessen Nutzung bezahlen muss, aufgeführt. Die Dienste sind auf zwei Plattformen realisiert, der optischen Plattform und der Internet Plattform. Diese Plattformen werden im folgenden näher beschrieben.

Die optische Plattform

Mit der Liberalisierung des deutschen Marktes für Telekommunikationsdienstleistungen wurde die Anmietung von Glasfaserverbindungen für den DFN-Verein wirtschaftlich möglich. Die sich für einen Netzbetreiber durch eine eigene Glasfaserstruktur ergebenden Kostenvorteile und vor allem die hohe Flexibilität bei der technischen Bereitstellung leistungsfähiger Dienste wollte der DFN-Verein auch für seine Anwender erschließen. So wurden erste Überlegungen zur Veränderung der Technologie des Wissenschaftsnetzes G-WiN bereits im Sommer 2003 vorgenommen. Das neue Netz X-WiN sollte auf Glasfasertechnologie zusammen mit der Nutzung unterschiedlicher Lichtfrequenzen auf den Glasfaserverbindungen sowie – wo nötig und wirtschaftlich – einigen sogenannten Carrier Links (Verbindungen) basieren. Als Vorbereitung zum Aufbau des neuen Netzes wurde 2004 eine europaweite Ausschreibung (Glasfaserverbindungen, Ausrüstung von Glasfasern, Netzüberwachung sowie Carrier Wellenlängen) gestartet, die dann zu dem im folgenden dargestellten Ergebnis führte.

Glasfaserverbindungen werden innerhalb des X-WiN-Backbones in der Regel von Anwender-Einrichtung zu Anwender-Einrichtung in dortige Rechenzentren geführt und mit der DWDM Technik ausgerüstet. Für diese DFN PoP (Point of Presence) werden hohe Anforderungen an die Strom- und Klimaversorgung gestellt und mit der gastgebenden Einrichtung, die jeweils Strom und Klima liefert, vereinbart. Es gibt ca. 70 deutschlandweit verteilte DFN-PoPs (siehe auch Abbildung 1).

Mit Stand Anfang 2009 sind ca. 9.500 km Glasfaserverbindungen vorhanden, weitere werden hinzukommen. Die existierenden Verbindungen bilden mehrere Ringe, die untereinander verbunden sind. Nur noch wenige Carrier Links ergänzen diese Struktur. Die Fasern werden von drei größeren (Gasline, KPN und Global Connect) und mehreren kleineren spezialisierten Firmen geliefert. In der Regel sind langjährige Leasingverträge Grundlage der Lieferung. In diesen Verträgen sind auch einschlägige Qualitätsparameter wie Anforderungen an die Faserqualität (Dämpfung, Dispersion), mittlere Reparaturzeiten (MTTR) sowie die Verpflichtungen der Lieferfirma in Bezug auf Wartungsprozesse im X-WiN vereinbart.

Mit dem X-WiN verfügen die Anwender (Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland) erstmals über ein eigenes zusammenhängendes Netz von Glasfaserverbindungen für ihre Datenkommunikation. Die Glasfasertechnologie ermöglicht höchste Übertragungsraten und nahezu unbegrenzte Übertragungskapazitäten. Durch die Ausrüstung der Glasfasern mit DWDM Technik kann das X-WiN nicht nur für den DFNInternet-Dienst sondern auch für weitere verbindungsorientierte Dienste, wie Hochleistungs-VPNs im Rahmen des Dienstes DFN-VPN flexibel gestaltet werden.

Der flächendeckende Einsatz von Glasfasern in der

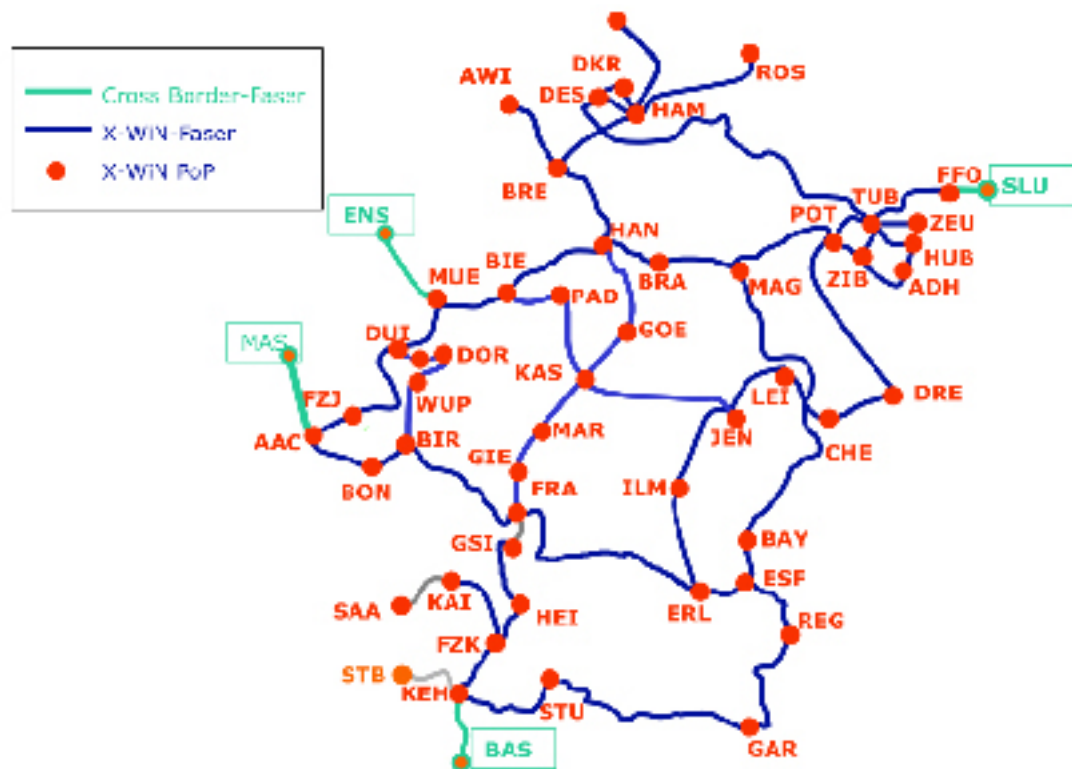


Abbildung 1: Glasfaserverbindungen im X-WiN (Stand Januar 2009)

optischen Plattform des X-WiN bietet dem DFN-Verein und seinen Anwendern nicht nur Kostenvorteile und eine hohe Planungssicherheit. Auch die technischen Möglichkeiten der Gestaltung des Gesamtnetzes profitieren von dem hohen Vermaschungsgrad der Glasfaserverbindungen. So können Wellenlängen, die im Rahmen des DFN-VPN Dienstes geschaltet werden, flexibel geschaltet werden. Durch die Wahl optimaler Faserwege beim Festlegen der Wellenlängenstrecken können die Laufzeiten der optischen Trägersignale zwischen den Standorten gesenkt werden.

Eine weitere große Bedeutung spielt der Vermaschungsgrad der Glasfasern für die Ausfallsicherheit des X-WiN. Die eingesetzte DWDM-Technik (z. Zt. von der Fa. Huawei) gestattet die Realisierung optischer Ersatzschaltungen (optical protection). Dazu kann für jede Wellenlänge zusätzlich zum „working-Pfad“ ein „protection-Pfad“ definiert werden. Für die Dauer von Störungen, hervorgerufen etwa durch Beschädigungen oder Wartungsarbeiten an den Übertragungswegen, die sich in der Praxis niemals vermeiden lassen, wird automatisch auf den Ersatzweg geschaltet. Diese Ersatzwege sind in der Regel deutlich länger. Dadurch können sich Delay-Zeiten auf diesen Verbindungen während dieser Störungs- und Wartungsarbeiten deutlich erhöhen. Eine Situation, die beim Email-Empfang nicht stört, aber bei zeit-

kritischen Anwendungen wie der IP-Telefonie oder beim Videokonferenzdienst von jedem Endnutzer als extrem störend empfunden wird. Auch hier schafft der hohe Vermaschungsgrad merklich Abhilfe, da dann die „protection-Pfade“ im Hinblick auf kürzere Signallaufzeiten ausgewählt werden können.

Internet Plattform

Die Internet Plattform des X-WiN ist im wesentlichen durch Router sowie Verbindungen zwischen diesen Routern aufgebaut. Von der Routertechnik wurde gefordert, dass sie für das X-WiN

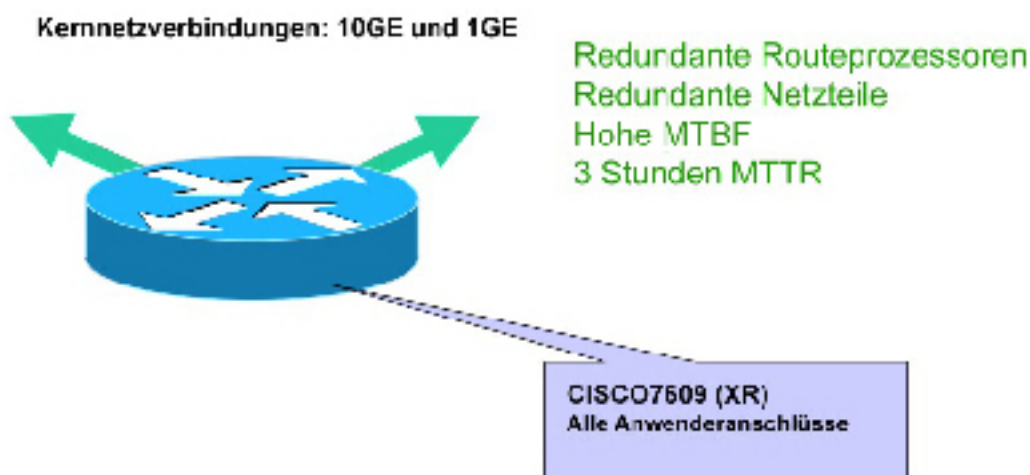
- Kernnetzverbindungen bis zu 10 Gbit/s, später auch 40Gbit/s, sowie Anwenderanschlüsse von 2Mbit/s – 10 Gbit/s (GE) bedienen kann und
- durch redundante Ausführung der wichtigsten Komponenten eine möglichst hohe Verfügbarkeit bei möglichst geringen Wartungskosten garantiert.

Deshalb wird die Routertechnik durch Router des hochverfügbaren Typs CISCO CRS-1 (zentraler Kernnetzbereich) und des Typs CISCO7609 realisiert. Die CRS-1 Router stellte CISCO für das X-WiN als Sponsoring zur Verfügung. Ein CRS-1 Router kommt

als 8-Port-Chassis-System mit redundanten Router-Prozessoren, Switch-Fabrics und Power Supplies zum Einsatz. Für spezielle Anforderungen, etwa VPN Anforderungen, können auf dem System logische Router implementiert werden.

Der andere Router Typ, CISCO7609, wurde bereits seit Januar 2006 im G-WiN teilweise eingesetzt. Abbildung 2 zeigt den generellen Aufbau eines Anwenderanschlusses. Die Routertechnik zeichnet sich insbesondere durch kostengünstige und leistungsfähige 10GE-Interfaces aus. Im X-WiN Kernnetz werden deshalb Verbindungen über eine 10GE-Schnittstelle betrieben.

Durch konsequente Verringerung der Anzahl der Router gegenüber dem G-WiN konnten die Wartungskosten deutlich verringert werden und die mittlere



Austauschzeit (MTTR) von Ersatzteilen für alle Standorte auf 3 Stunden gesenkt werden. Die Ersatzteile werden in 9 Depots deutschlandweit bereit gehalten.

Die Überlegungen zur optimalen Gestaltung der Kernnetztopologie hatten zum Ziel, eine Topologie, also die Verbindungen zwischen den Routern, zu gestalten, die

- robust und ausfallsicher,
- skalierbar und flexibel ist und
- möglichst geringe Paketlaufzeiten unterstützt.

Im X-WiN ist die Faserinfrastruktur bekannt und sie wurde, wie oben dargelegt, als Ergebnis einer Ausschreibung so gewählt, dass fast alle Standorte (DFN PoPs) durch Glasfaserverbindungen doppelt angebunden sind. Wo dies nicht möglich war, wurde die Struktur mit Carrier Links ergänzt (Siehe Abbildung 1, ohne Carrier Links). Grundlegendes Prinzip bei der Gestaltung der Topologie des Kernnetzes für den DFNInternet Dienst war: „Follow-the-Fiber“. Folgt

man den zur Verfügung stehenden Fasern und Wellenlängen so findet man an den Standorten Frankfurt/Main (FRA), Erlangen (ERL), Hannover (HAN) und Potsdam (POT) ausgezeichnete Punkte, an denen sich mehrere Fasern und Wellenlängen treffen. Diese Standorte können damit die Vermittlungspunkte für den sogenannten X-WiN Super Core bilden.

Wie für den Super Core leitete sich auch das weitere Vorgehen aus dem Prinzip „Follow the fibre“ ab. Der natürlichste Weg, die X-WiN Standorte an den Super Core anzuschließen, erfolgt durch „Auffädeln“ der Standorte an eine Kette, wobei die beiden Endpunkte der Kette an jeweils einem anderen Super Core Standort liegen. Dieses „Auffädeln“ erfüllt auch die Forderung vieler Anwender, dass nachbarschaftlicher Internet-Verkehr sehr kurze Wege nutzen soll. Jeder Standort dieser Kette ist damit doppelt angebunden

und eine einfache Unterbrechung der Kette führt nicht zur Isolation eines Standortes. Reicht die Kapazität einer Kette nicht aus, kann die Kette durch eine weitere Verbindung verkürzt oder durch zusätzliche Schaltung von

Wellenlängen erhöht werden.

Die nach diesem Prinzip gebildete Topologie wurde mit aktuellen und entsprechend hochgerechneten Verkehrsflüssen überprüft und optimiert. Es entstand zunächst ein voll vermaschter Super Core mit jeweils 2x10 GE-Verbindungen. Ein Ausbau auf 40 Gbit/s ist mit der eingesetzten Routertechnik möglich. An den Super Core sind auch die Upstreams in das globale Internet mit jeweils 10 GE angeschlossen. Entsprechend den aktuellen Verkehrsbeziehungen der Anwender wurden notwendige Querspangen zur Verkürzung der Ketten eingezogen. Die logischen Internet Verbindungen (sogenanntes Kernnetz) des X-WiN sind in Abbildung 3 dargestellt.

Seit Anfang 2009 wird jeder Anwenderanschluss wegeredundant mit zwei Zugangsleitungen an jeweils einen anderen Standort des X-WiN Kernnetzes angebunden. Hierdurch wird dem Anwender eine maximale Ausfallsicherheit des Zuganges zum Internet geboten, wie sie in der Regel im kommerziellen Bereich nicht vorhanden ist. Dies war ohne Erhöhung des Entgeltes möglich, weil die Möglichkeiten des Marktes

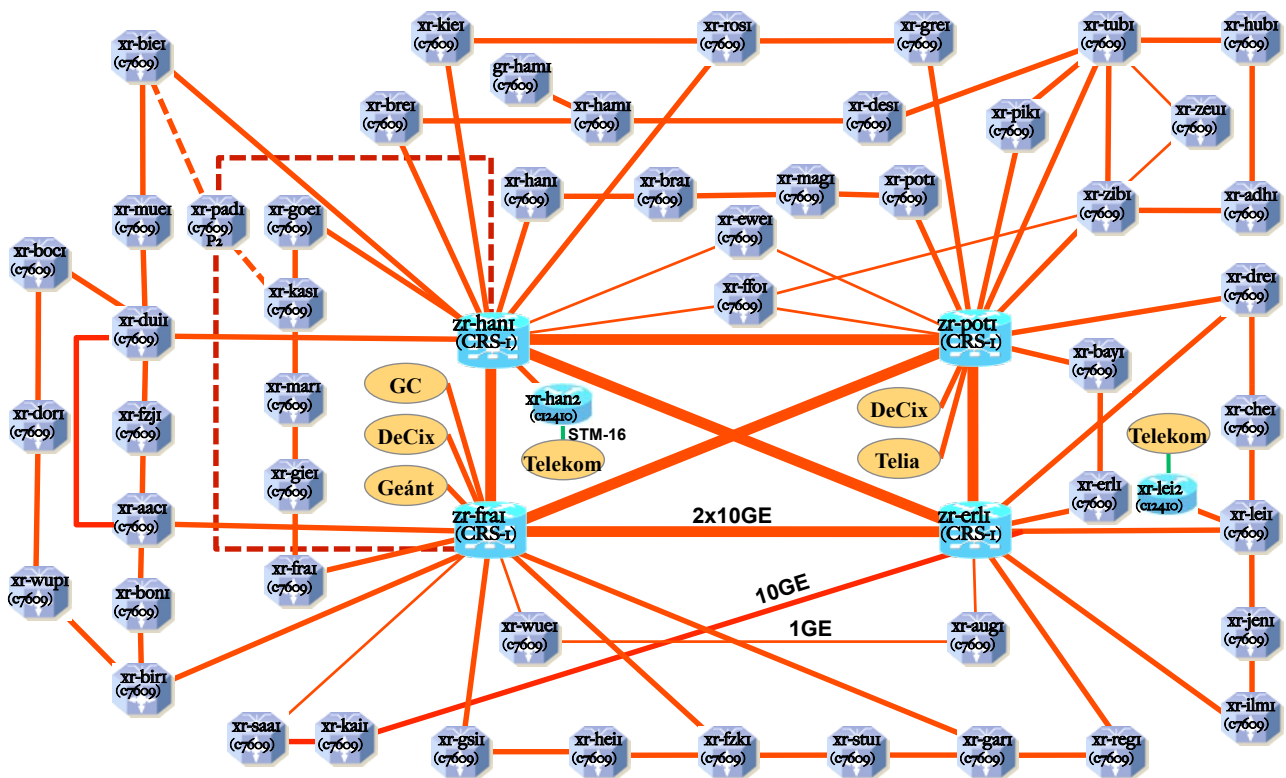


Abbildung 3: X-WiN Kernnetz für den Dienst DFNInternet (Stand Januar 2009)

durch den DFN genutzt wurden.

Mit der Internet Plattform des X-WiN steht den Anwendern des DFNInternet Dienstes eines der leistungsfähigsten Wissenschaftsnetze der Welt zur Verfügung, das für neue Dienste gerüstet ist und flexibel auf neue Anforderungen der Anwender reagieren kann. An-

schlusskapazitäten von zur Zeit bis zu 10 Gigabit pro Sekunde und praktisch frei skalierbare Kernnetzkapazitäten, die bei Bedarf bis in den Terabit-Bereich erweitert werden können, machen das X-WiN zu einem der leistungsfähigsten Netze weltweit.