

Voice & Video over IP

Unified Communications
im Aufwind

Managed Services für ITK

Softphones

mit Marktübersicht

IP-TK-Anlagen



**Sonderdruck für
tde – trans data elektronik**

Glasfasernetz des Forschungszentrums CERN

Mit den Aufgaben gewachsen

Am Forschungszentrum CERN in Genf ist in den letzten sechs Jahren das größte Glasfasernetzwerk der Welt entstanden. Zahlreiche anwendungsspezifische Fiber-Optic-Spezialanfertigungen tragen zur korrekten Funktion des Teilchenbeschleunigers und zur Auswertung der gewonnenen Daten bei. Beim größten Physikexperiment in der Geschichte der Menschheit sollen bis zu 1 TByte Daten pro Sekunde übertragen werden.

Das CERN-Labor in Genf, 1954 als europäisches Gemeinschaftsunternehmen gegründet, ist heute das größte Teilchenphysikforschungszentrum der Welt. Wissenschaftler wollen hier mithilfe eines gigantischen Teilchenbeschleunigers erforschen, woraus Materie besteht und durch welche Kräfte sie zusammengehalten wird. Der Large Hadron Collider (LHC) hat einen Umfang von knapp 27 Kilometern. Darin beschleunigen Protonen und geladene Atomkerne mithilfe von 1.300

supraleitenden Elektromagneten auf nahezu Lichtgeschwindigkeit und stoßen zusammen.

Die LHC-Labore ATLAS, CMS, ALICE und LHCb sowie vier andere „Experimente“, an denen allesamt internationale Teams arbeiten, befinden sich an der Oberfläche des Komplexes, sieben in Frankreich und eines in der Schweiz. 100 Meter tiefer, in den Kavernen entlang des unterirdischen LHC-Beschleunigerrings, sind die Detektoren installiert, mit denen sie die Teilchen

sichtbar machen und ihre Eigenschaften und Reaktionen untersuchen wollen.

Seit November 2009 injizieren die Forscher im Beschleuniger wieder Strahlen (Beams), die eine Energie von bis zu 7 Teravolt (TeV) erreichen sollen. Bei dieser Energie kommt es zu den Teilchenkollisionen, von denen sich die Physiker neue Einblicke in die Entstehung des Universums versprechen. „Wir haben für den LHC in den letzten sieben Jahren ein Kommunikationsnetzwerk aufgebaut, das rund 2.000 Kilometer Glasfaserkabel umfasst“, so Luit Koert de Jonge, der für das CERN-Netzwerk zuständig war. „Insgesamt sind etwa 20.000 Strecken mit rund 25 Millionen Metern Fasern entstanden. Das ist so viel wie in einer Großstadt.“

Die LHC-Experimente und das Netz

Das redundant aufgebaute Netz dient in erster Linie dazu, die Teilchenbeschleunigung zu synchronisieren und die Messwerte in Echtzeit zu übertragen. „Das Beam-Instrumentation-System verfügt über ein separates Netz. Etwa alle 50 Meter im Tunnel gibt es einen Beobachtungspunkt, um die Position der Teilchen im LHC genau bestimmen zu können. Rund 5.000 Geräte rund um den Beschleuniger schicken etwa 600 verschiedene Signale zur Oberfläche und in den Hauptkontrollraum“, erklärt de Jonge. Damit keine Laufzeitprobleme auftreten, weisen die Glasfaserverbindungen außerordentlich gute Dämpfungseigenschaften auf und genügen sehr engen Längertoleranzen. Um eine Beam-Synchronisation im Bereich von 10 Pikosekunden zu erreichen, kommen außerdem elektronische Hilfsmittel wie Phasenregelschleifen – Phase-Locked Loops – zum Einsatz, mit denen man in den optischen Übertragungsmedien stabile Frequenzen erreicht.

Zu den zentralen Anwendungen des Glasfasernetzwerks gehören weiterhin das CERN-interne GbE-Netzwerk und die der Experimente. Außerdem sind zahlreiche Steuerungs- und Sicherheitssysteme integriert. Die Core-Switches und Router des technischen Netzwerks befinden sich in Kontrollräumen an der Oberfläche, die Edge-Geräte in den Technikräumen rund um den LHC.



Die hochenergetische Teilchen- und Gammastrahlung im Tunnel beeinflusst die Dämpfung der Fasern.

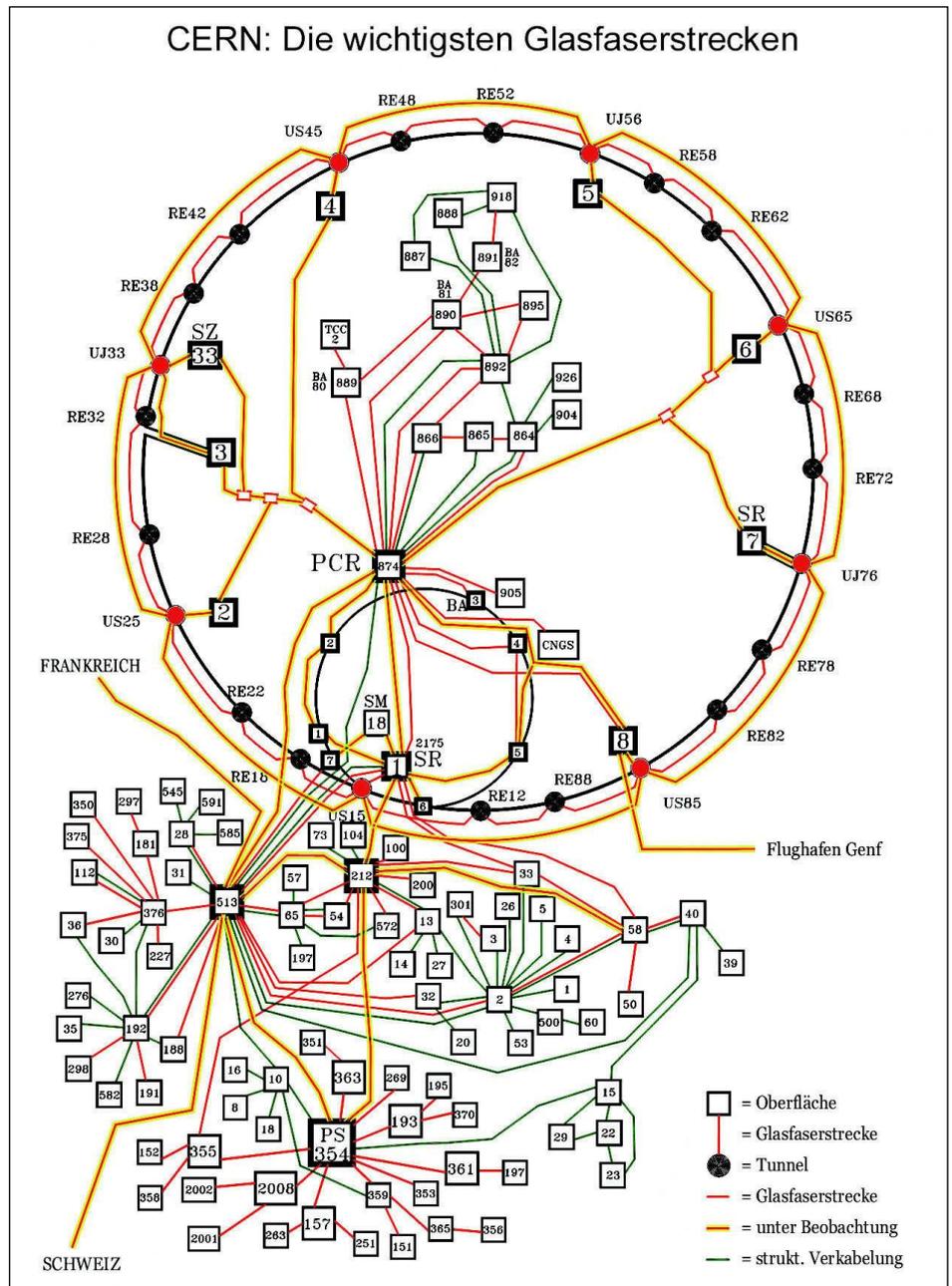
Für die Suche nach geeigneten Systempartnern und den Abschluss der Verträge hat sich Luit Kort de Jonges Team zwei Jahre Zeit gelassen. „Die Spezifikationen waren einfach unglaublich hoch, und ständig tauchten neue, noch strengere Anforderungen auf“, berichtet der Projektleiter. „Ein wichtiges Auswahlkriterium war, dass wir für das technische Netzwerk ein Rohrsystem haben wollten, in das man sehr dünne Glasfasern einblasen kann und das einfache Erweiterungen und Faser-Updates ermöglicht.“ Nach umfangreichen Marktstudien fiel die Entscheidung im Jahr 2003 auf die niederländische Firma Draka Comteq Telecom, die für den LHC ein entsprechendes Mikrorohrglasfasersystem entwickelt hatte.

Der Auftrag für die Endfertigung (Terminierung) der Fasern – der größte Kostenpunkt des Glasfasernetzwerks – ging an die deutsche Firma TDE. Dieser Auftrag umfasst nahezu die komplette LWL-Anschlussstechnik mit dem gesamten Spektrum der am Markt befindlichen Steckverbinder vom E2000 über MPO bis zum Linsenstecker.

Zahlreiche Spezialanfertigungen

Bei der Auswahl der optischen Fasern hat sich de Jonges Team weitestgehend auf zwei Typen beschränkt: G.651 50/125µm Multimode-Gradientenindexfasern für die Oberflächenverkabelung und G.652.B 9/125µm Singlemode-Fasern. Im Tunnel kamen ausschließlich letztere zum Einsatz, da Singlemode-Fasern keine Dotierstoffe enthalten und unter Strahleneinfluss nicht so schnell verdunkeln. Außerdem handelt es sich größtenteils um Spezialausführungen mit einem 14-fach verbesserten Temperaturkoeffizienten.

Laut de Jonge war es von vornherein klar, dass es im Tunnel Gamma- und Neutronenstrahlen geben würde, die die Dämpfung in den Kabeln erhöht. Draka entwickelte deshalb in Kooperation mit dem japanischen Glasfaserspezialisten Fujikura strahlungsbeständige Fasern und Kabel. Diese testeten die Experten – zusammen mit dem Mikrorohrsystem – im französischen Kernforschungszentrum in Saclay mit Erfolg.



In den vergangenen sieben Jahren entstand am LHC ein Kommunikationsnetzwerk, das rund 2.000 Kilometer Glasfaserkabel umfasst.

Um bei der Faserterminierung optimale Einfüge- und Rückflussdämpfungswerte zu erhalten, hat TDE nach eigenen Angaben erheblich in neue Techniken investiert und neue Fertigungsprozesse entwickelt. Zum Beispiel wurden alle Singlemode-Fasern mit E2000/APC-Anschlüssen mit 8-Grad-Schrägschliff abgeschlossen. „Das war damals beim CERN eine neue Technik. TDE hat Poliermaschinen, einen Laser-Cleaver und mehrere Interferometer angeschafft, Know-how aufgebaut, viele Messungen durchgeführt und uns stets ein Produkt

geliefert, das unseren strengen Spezifikationen hinsichtlich der Schliffgeometrien entspricht – erst mit 2,5-mm-Ferrulen, später dann sogar mit den empfindlichen 1,25-mm-Ferrulen“, berichtet de Jonge.

MPO für High-Density-Anforderungen

Für den LHC hat TDE in den vergangenen Jahren – teils unter großem zeitlichen Druck – zahlreiche weitere Spezialanfertigungen entwickelt. „Im Vertrag mit standen bald rund 60 verschiedene Patch-Kabeltypen. Heute gibt es am CERN rund 500 ver-



Der Large Hadron Collider (LHC) am CERN in Genf hat einen Umfang von knapp 27 Kilometern.

schiedene Modelle“, so de Jonge weiter. „Allein für die Experimente mussten wir uns viele spezielle optische Installationen ausdenken. Das ALICE-Experiment benötigte zum Beispiel sehr komplexe Installationen in High-Density. Dort haben wir uns für den MPO entschieden – damals ebenfalls eine neue Technik.“

Speziell für dieses Projekt hat TDE die MPO-Technik in Single- und Multimode in der eigenen Fertigung getoolt. „Für diese Kabel haben wir spezielle Polierprozesse entwickelt, einen hoch präzisen Kleberoboter angeschafft und mit Kleberdosierungen und Produktionstemperaturen experimentiert, um bei der Faserkonfektionierung die geeigneten Produkte – heute Teil eines hauseigenen Systems – liefern zu können“, erklärt Geschäftsführer André Engel. „Damit es bei den Glasfaser-Trunk-Kabeln keine Signallaufzeitdifferenzen gibt, bestanden außerdem sehr enge Toleranzen, was die Längen der Einzelkabel betrifft.“

Für ALICE entstanden unter anderem zehn 48-faserige, 96,27 Meter lange, mit MPO-Steckern vorkonfektionierte Trunk-Kabel, die Längendifferenzen von nur wenigen Zentimetern aufweisen. Insgesamt sind am CERN mehr als 4.000 MPO-Konfektionen in Single- und Multimode verbaut.

Mikrorohre und -kabel

Im Laufe der Jahre haben die Installateure am Forschungszentrum über 2.000 Kilometer metallfreie Mikrorohre mit einem Durchmesser von sieben bis zehn Millimetern in größere Schutzrohre eingeblasen. Diese nehmen ihrerseits vielfaserige Minikabel auf. „Mit einem Superjet-Gerät konnten die Installateure bis zu zehn Mikrorohre gleichzeitig einblasen“, so de Jonge. Für die Minikabel setzte die Lausanner Firma einen Microjet ein. Mit kaskadierten Geräten konnten sie Einblasstrecken von bis zu 3,4 Kilometern realisieren. „Im Gegensatz zu fix installierten Kabeln bietet dieses

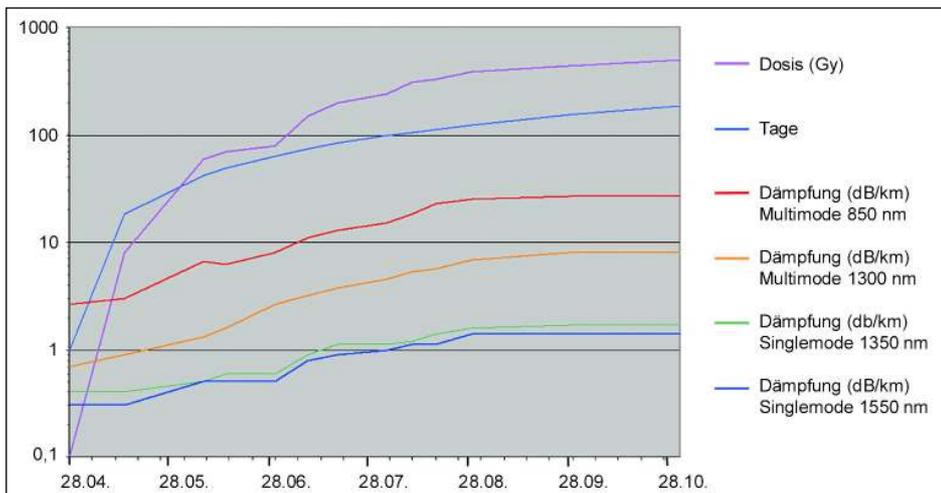
System neben dem optimalen Blitzschutz gleich mehrere Vorteile: Pay-as-you-grow, Abzweigungen ohne Spleißen und ein einfaches Ersetzen beschädigter oder älterer Kabel“, erklärt der Projektleiter.

In den Schächten zwischen dem LHC und der Oberfläche verlaufen die Kabel in High-Density-Polyethylen-Rohren parallel zu den Stromkabeln. Zum Teil handelt es sich dabei um spezifizierte Loose-Tube-Kabel mit bis zu 216 Fasern, zum Teil um bis 72-faserige Minikabel in Mikrorohren. Für das unterirdische LHC-Kommunikations- und Maschinensteuerungsnetzwerk setzt CERN flammwidrige Schutzrohre ein. Rund um den Beschleuniger sind je sieben 7-mm-Mikrorohre in vier parallele 25-mm-Nylonrohre eingeblasen, die sich durch den gesamten Tunnel ziehen. So konnte alle 350 Meter eine Abzweigung und alle 50 Meter ein Auslass geschaffen werden, von dem aus sich je ein Paar der Beam-Positionskontrollen mit sechs bis acht Singlemode-Fasern anfahren lässt.

Faser-Monitoring

Um die hohen Anforderungen an eine störungsfreie Übertragung erfüllen zu können, ist weiterhin ein permanentes Faser-Monitoring notwendig. Das Genfer CERN-Labor benutzt dafür eine automatisierte optische Zeitbereichsreflektometrie (Optical-Time-Domain-Reflectometry, OTDR), bei der die Glasfaser selbst als Messsensor fungiert. Wenn physikalische Messgrößen wie Temperatur, Druck- und Zugkräfte auf die Glasfaser einwirken, ändern sich die Eigenschaften der Lichtleitungen in der Faser lokal. Anhand der zunehmenden Streuung, die mit einer höheren Dämpfung einhergeht, lässt sich der Ort der äußeren Einwirkung ausmachen und der Lichtwellenleiter rechtzeitig – in Strahlungsbereichen etwa alle drei bis fünf Jahre – und innerhalb weniger Stunden ersetzen.

Stefan Schoene/jos



Eine Messung aus dem Jahr 2000 ergab, dass sich die Dämpfungswerte der strahlungsbeständigen Fasern nur langsam erhöhen.

Stefan Schoene ist freier Journalist in München.

Info: tde – trans data elektronik GmbH
Tel.: 05435-9511-0
Web: www.tde.de