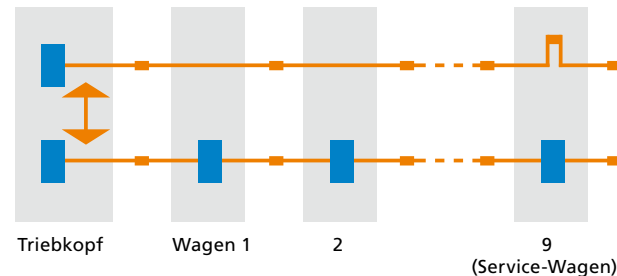


Pseudo-Zufall

Kundenspezifisches C-OTDR von Yokogawa und Fibotec löst LWL-Messaufgabe im ICE

Am 2. Juni 1991 ging die ICE-Verbindung Hamburg-München über die Neubaustrecken Hannover-Fulda(-Würzburg) und Mannheim-Stuttgart in Betrieb. 1998 war die Neubaustrecke Hannover-Berlin fertig gestellt, 2002 die Neubaustrecke Köln-Rhein/Main. Die Verbindung Hamburg-München über Würzburg wurde 2006 mit der Neubaustrecke Nürnberg-München verbessert. Entsprechend wurde die ICE-Flotte erweitert. 1996 kam der ICE 2 mit Luftfederung, 2002 der ICE 3, bei dem jeder zweite Wagen angetrieben ist, so dass die Triebköpfe entfallen. Der ICE 1 erhielt zwischen 2005 und 2008 ein ‚Redesign‘. Weitere Modernisierungen der Antriebstechnik sind in der Erprobung, z. B. der Ersatz der Thyristor-Stromrichter durch leistungsfähigere IGBT-Versionen.

Hochmodern, und doch ein Stück Geschichte: 1988 im geteilten Deutschland geplant / Gebaut während die Freiheit wuchs / 1991 im vereinten Deutschland vollendet – so steht es auf der Gedenktafel am Werkseingang. Das Innere der Halle zieren großflächige Wandgemälde: links die Kulisse von Hamburg, rechts die von München. Gewiss hätte man für das wiedervereinigte Deutschland einen anderen Streckenverlauf gewählt. Dennoch hat die Investition in die erste Hochgeschwindigkeitsstrecke dem Land nicht nur eine schnelle Nord-Süd-Verbindung beschert, sondern mit dem InterCityExpress auch einen der damals modernsten Züge der Welt. Ausgenommen einer zwischenzeitlichen ‚Redesign‘-Phase sind sie tagtäglich in Betrieb, und spätestens jeden zweiten Tag werden sie gewartet. So wie hier im Werk Hamburg-Eidelstedt der DB Fernverkehr AG.



Beispiel ICE 1: Zwei Lichtwellenleiter laufen durch den Zug. Einer von ihnen verbindet die beiden Triebköpfe direkt miteinander, um Antriebe und Aggregate zu steuern und Zustandsmeldungen auszutauschen. Der zweite führt den so genannten Zugbus, der u.a. Informationen für die Reisenden transportiert: Anzeige von Zuglauf, Wagennummer, Sitzplatzreservierung; Anzeige der nächsten Station, der voraussichtlichen Ankunftszeit, der Ausstiegsseite; Durchsagen des Zugbegleiters oder auch die Sprachverbindung mit dem Lokführer. Der Zugbus arbeitet deshalb mit jeweils einer optisch/elektrisch/optischen Umsetzung pro Wagen. Wie bei allen sicherheitsrelevanten Systemen ist auch hier Redundanz vorhanden. Ist der Triebkopfbus unterbrochen, können die Triebkopfsignale auch über den Zugbus laufen und haben dann oberste Priorität. Fällt dagegen die Zugbusübertragung in einem Wagen aus, können die ‚abgehängten‘ Wagen versorgt werden, indem die Zugbusignale mit niedriger Priorität über den Triebkopfbus laufen und im hinteren Triebkopf optisch auf den Zugbus zurück gekoppelt werden.

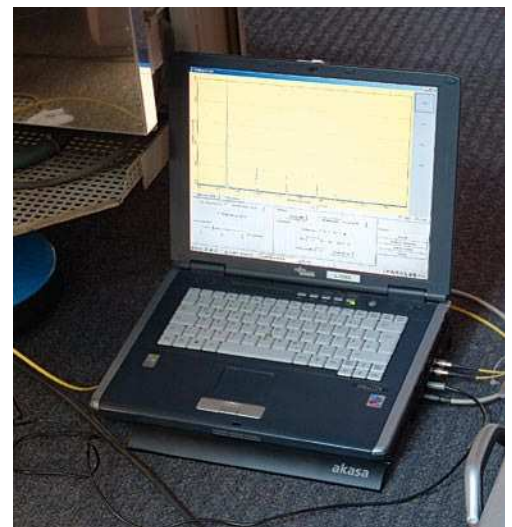


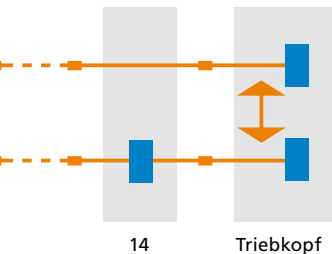
Schienenfahrzeugelektroniker Hans-Günter Thomas mit dem C-OTDR im Triebkopf eines ICE 1. Die Hardware des C-OTDR ist unter der Laptop-Konsole untergebracht. Die Software läuft auf dem Laptop des Mitarbeiters. Er kann dadurch Referenzkurven speichern und schleichende Veränderungen beobachten, wenn der Zug zur nächsten Wartung im Werk steht.

Bild rechts: Der Zugang zum Triebkopfbus ist hinter einer Glasvitrine im Service-Wagen verborgen. Der Service-Wagen ist nicht das Bord-Restaurant mit seinem kulinarischen Service, sondern der benachbarte 1.-Klasse-Wagen mit dem Dienstabteil des Zugbegleiters.

Das Werk Hamburg-Eidelstedt wartet u. a. ICE-Züge der ersten Generation (ICE 1), dieselgetriebene ICE TD mit Neigetechnik für den grenzüberschreitenden Verkehr nach Dänemark und im Werkeverbund der Deutschen Bahn auch alle anderen Entwicklungsstufen der ICE-Züge. Zur Routine gehören nicht nur Außenreinigung, Innenreinigung und Reinigung der Toiletten. Dazu gehören vor allem Arbeiten, die der Sicherheit dienen: Laufwerkskontrolle, Bremskontrolle, gegebenenfalls Instandsetzungen wie die Unterflurbearbeitung der Radsätze oder der komplette Drehgestelltausch. Dazu zählt auch die Prüfung der Zugsicherungsanlagen, d. h. der Kommunikation des Zuges mit den Sicherungseinrichtungen der Strecke wie Signalen und Geschwindigkeitsüberwachungen, und nicht zuletzt die Prüfung der Kommunikation innerhalb des Zuges selbst.

Durch die optisch/elektrische Umsetzung in jedem Wagen wird das Zugbusignal automatisch regeneriert. Das Triebkopfsignal dagegen muss die gesamte Zuglänge von



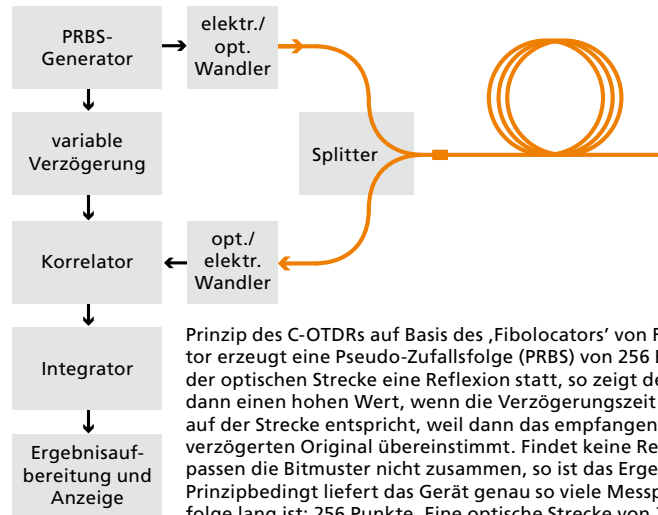


Lichtwellenleiter im ICE 1. Oben der Triebkopfbus, der auch im Service-Wagen zugänglich ist. Unten der Zugbus. Blau dargestellt ist die elektrisch/optische Umsetzung. In den Triebköpfen besteht jeweils eine optische Kopplungsmöglichkeit zwischen den Bussen, die sich im Störfall automatisch einschaltet.

rund 400 Metern ohne Regeneration durchlaufen. Ein kritischer Punkt sind die optischen Kupplungen zwischen den Wagen. Zwar sind sie als Linsenkupplungen ausgeführt, die den Lichtstrahl für die Luftstrecke optisch aufweiten und anschließend wieder auf die Faser fokussieren. Dennoch können Schmiermittelreste und sonstiger Schmutz die Verbindung beeinträchtigen. Und schließlich kann auch die Faser selbst im Wageninneren durch jahrelange Belastung Schaden leiden.

Der Fehlerfall war bisher sehr unangenehm. „Wir mussten bei LWL-Problemen den Triebzug trennen und nach dem Try-and-Error-Prinzip suchen, wo der Fehler liegt. Einmal halbiert, gemessen, die Hälfte noch mal halbiert, wieder gemessen, und wenn wir Pech hatten, kamen wir auf bis zu fünf Kuppelvorgänge“, beschreibt Thorsten Reiter die Situation. Der Zeitaufwand war enorm, denn anders als bei einem lokbespannten Zug aus einzelnen Wagen mit ‚Haken und Ösen‘ lassen sich ICE-Wagen mit ihren druckdichten Übergängen nicht so einfach entkuppeln: Die Balgen sind zu lösen, die Mittelkupplungen zu öffnen, und der Zug darf laut Vorschrift nur von einem Triebfahrzeugführer bewegt werden.

Thorsten Reiter fand in früheren Entwicklungsunterlagen den Hinweis auf die Fehlerortung mit einem Messgerät. Mit der Auskunft älterer Kollegen, dass dafür nie eine Lösung gefunden worden sei, gab er sich nicht zufrieden, und kontaktierte Yokogawa. Tatsächlich musste auch Yokogawa mit seinen Standard-OTDRs (Optical Time Domain Reflectometer) zunächst passen. Dafür gibt es zwei Gründe. Zum einen wird in ICE 1 und ICE 2 eine Faser mit dem relativ großen Kerndurchmesser von 100 µm verwendet, während Standard-OTDRs zur Adaption von Multimode- oder Singlemode-Fasern von 62,5 bzw. 9 µm Kerndurchmesser ausgelegt sind. Gravierender ist jedoch das OTDR-Prinzip: Das Gerät ‚schießt‘ einen kurzen, starken Lichtimpuls in die optische Strecke und wer-



Prinzip des C-OTDRs auf Basis des ‚Fibolocators‘ von Fibotec. Der Generator erzeugt eine Pseudo-Zufallsfolge (PRBS) von 256 Bit Länge. Findet auf der optischen Strecke eine Reflexion statt, so zeigt der Korrelator genau dann einen hohen Wert, wenn die Verzögerungszeit exakt der Laufzeit auf der Strecke entspricht, weil dann das empfangene Bitmuster mit dem verzögerten Original übereinstimmt. Findet keine Reflexion statt oder passen die Bitmuster nicht zusammen, so ist das Ergebnis nahe null. Prinzipbedingt liefert das Gerät genau so viele Messpunkte, wie die Bitfolge lang ist: 256 Punkte. Eine optische Strecke von 250 Metern lässt sich also auf rund einen Meter genau auflösen.

Fibotec Fiberoptics GmbH
www.fibotec.com

det die Reflexionen aus, wobei es aus der Zeitdifferenz die Streckenlänge ermittelt, bei der die Reflexionen stattfanden. Der Lichtimpuls selbst oder auch frühe, starke Reflexionen vom Anfang der Strecke machen den Detektor jedoch zunächst einmal ‚blind‘. Es gibt also im Nahbereich eine Totzone.

In Zusammenarbeit mit dem Partner Fibotec wurde auf der Basis eines C-OTDR (Correlation OTDR) eine Lösung gefunden. Im Gegensatz zum Standard-OTDR sendet ein C-OTDR ständig eine Pseudo-Zufallsfolge mit vergleichsweise geringer Leistung. Die Auswertung der Reflexionen geschieht durch Korrelation des reflektierten Signals mit dem verzögerten Sendesignal. Auch hier lässt sich der räumliche Abstand direkt aus der zeitlichen Verzögerung errechnen – was die Software auf einem Laptop übernimmt. Der Vorteil: Das C-OTDR kennt keine Totzeit.

Mit dem C-OTDR ‚sieht‘ man etwa fünf bis sechs Wagen weit und weiß vom ersten Übergang an, was los ist. Dass man nicht die ganze Zuglänge mit einer Messung erfasst, ist kein Problem, denn der Lichtwellenleiter ist noch einmal im Service-Wagen zugänglich. Mit insgesamt vier Messungen – von den beiden Triebköpfen und in jeweils beiden Richtungen vom Service-Wagen aus – erhält man also ein vollständiges Bild der optischen Strecke.

„Wenn wir jetzt Fehler auf dem LWL haben, wissen wir sofort: Da müssen wir trennen. Fehler gefunden, Fehler behoben – in drei bis vier Stunden ist das Problem dann beseitigt“, sagt Thorsten Reiter. Früher waren es bis zu 16 Stunden. Das kostete nicht nur Arbeitszeit. „Wir müssen ja auch die Halle wieder freibekommen. Die Standplätze sind teuer, der nächste Zug muss rein, da kann ich nicht zwei Schichten lang ein Gleis blockieren.“ Betriebswirtschaftlich muss Thorsten Reiter nicht lange rechnen: „Bei allen Kosten des Messgeräts – mit dreimaliger Verbesserung im Ablauf ist das Gerät bezahlt.“



Thorsten Reiter (links) mit Jörg Latzel, dem Optik-Spezialisten von Yokogawa. Thorsten Reiter begann vor rund sechs Jahren als Fertigungsingenieur Traktion bei der DB Fernverkehr AG in Hamburg-Eidelstedt und betreut jetzt auch Zugsysteme.

Offizielle Seite der Deutschen Bahn AG:
www.deutschebahn.com