PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : **H04B 10/08**

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 00/03504**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 20. Januar 2000 (20.01.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04361

(22) Internationales Anmeldedatum: 23. Juni 1999 (23.06.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 30 729.2 9. Juli 1998 (09.07.98) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich–Ebert–Allee 140, D–53113 Bonn (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: VOBIAN, Joachim [DE/DE]; Am Hang 6, D–64367 Mühltal (DE). MÖRL, Klaus [DE/DE]; Geschwister–Scholl–Strasse 19, D–07749 Jena (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG; Technologiezentrum, Patentabteilung EK03, D–64307 Darmstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

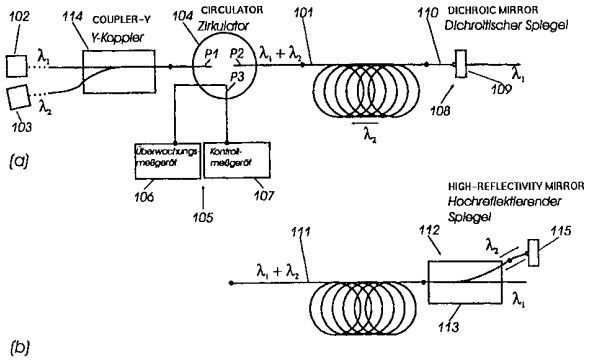
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR EXECUTING CONTROL AND MONITORING MEASUREMENTS IN OPTICAL TRANSMISSION PATHS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG VON KONTROLL– UND ÜBERWACHUNGSMESSUNGEN AN OPTISCHEN ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN

(57) Abstract

The invention relates to a method and an device for executing control and monitoring measurements in optical transmission paths (101, 111) serving to measure or control parameters of the transmission path (101, 111) during regular operation and without disrupting the latter and to monitor the transmission path (101, 111) for detecting attempted tapping. To this end, a control signal is injected into the transmission path (101, 111) parallel to the transmission signal, said control signal having a wavelength differing from that of the transmission signal. After passing through the transmission path (101, 111), the signal is reflected back and evaluated. In order to reflect the control signal, a wavelength–selective reflecting device (108, 112) is used which transmits the transmission signal practically without any interference, e.g. a dichroic mirror (109). The reflected control signal is detected by a detection device (105) and evaluated for polarization, intensity, signal shape and other properties, whereby the properties of the transmission path can be determined and/or unwarranted manipulation of the transmission system can be detected.



Prinzipaufbau für Kontroll- und Überwachungsmessungen
BASIC STRUCTURE FOR CONTROL AND MONITORING MEASUREMENTS

106...MONITORING MEASURING DEVICE
107...CONTROL MEASURING DEVICE

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Durchführung von Kontroll– und Überwachungsmessungen an optischen Übertragungsstrecken (101, 111), mit welcher während des regulären Betriebs und ohne Störung desselben Parameters der Übertragungsstrecke (101, 111) gemessen bzw. kontrolliert sowie die Übertragungsstrecke (101, 111) hinsichtlich Abhörversuchen überwacht werden kann. Dazu wird parallel zum Übertragungssignal ein Kontrollsignal mit einer vom Übertragungssignal verschiedenen Wellenlänge in die Übertragungsstrecke (101, 111) eingekoppelt, nach Durchlaufen der Übertragungsstrecke (101, 111) zurückreflektiert und ausgewertet. Zur Reflexion des Kontrollsignals wird eine wellenlängenselektive Reflexionsanordung (108, 112) verwendet, welche das Übertragungssignal weitgehend ungestört transmittiert, z.B. ein dichroitischer Spiegel (109). Das reflektierte Kontrollsignal wird von einer Erfassungseinrichtung (105) detektiert und hinsichtlich Polarisation, Intensität, Signalform oder anderer Eigenschaften ausgewertet, wodurch auf die Eigenschaften der Übertragungsstrecke geschlossen und/oder ein unerwünschtes Manipulieren am Übertragungssystem detektiert werden kann.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Verfahren und Anordnung zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen an optischen Übertragungsstrecken

Technisches Gebiet:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen an optischen Übertragungsstrecken gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 bzw. 8.

Stand der Technik:

Eines der wesentlichen Themen der optischen Nachrichtentechnik ist die Sicherheitsüberwachung optischer Übertragungsstrecken. Um Abhörsicherheit und Datenschutz zu garantieren, sind Verfahren bekannt, die einen erheblichen experimentellen Aufwand voraussetzen, z.B. Überwachung der Einwellenfasern mit Hilfe kryptologischer, insbesondere quantenkryptologischer, Methoden oder unter Ausnutzung der Raman- oder Brillouinrückstreuung. Diese äußerst aufwendigen Verfahren dokumentieren das große Interesse an unbeeinflusster, störungsfreier Nachrichtenübertragung.

Weiterhin ist es zur Aufrechterhaltung eines ordnungsgemäßen Telekommunikationsbetriebs über optische Übertragungsstrecken notwendig, die optischen Übertragsungsstrecken regelmäßig zu kontrollieren und zu überprüfen. Für spezielle Kabel- oder Glasfasern kann eine Dauerüberwachung erforderlich sein. Insbesondere dafür ist es notwendig, daß die Kontrolle der Betriebsstrecke parallel zum normalen Telekommunikationsbetrieb durchführbar ist, ohne diesen zu stören.

Technische Aufgabe:

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Meßeinrichtung zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen während des normalen Telekommunikationsbetriebs und ohne Beeinträchtigung desselben zur Verfügung zu stellen. Dabei soll der technische Aufwand so gering wie möglich gehalten werden. Mit dem Verfahren bzw. der Anordnung sollen wesentliche Betriebsparameter der Übertragungsstrecke erfaßbar sein, weiterhin sollen Manipulationen an der Übertragungsstrecke, insbesondere ein Abhören des Datenverkehrs, zuverlässig detektierbar sein.

Offenbarung der Erfindung und ihrer Vorteile:

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren und eine Anordnung zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen an optischen Übertragungsstrecken gemäß der Ansprüche 1 bzw. 8.

Übertragungsstrecken im Sinne der Erfindung sind beispielsweise einzelne optische Fasern oder zu einem Datenkabel zusammengefaßte Faserbündel, aber auch bereits vernetzte Fasern/Kabel oder solche, die durch ein oder mehrere zusätzliche Elemente, wie z. B. Verstärker, unterbrochen sind. Die Übertragungsstrecke hat einen Ein- und einen Ausgang, welche hier die Sende- bzw. Empfangsseite definieren. Sendeseitig werden Daten in Form optischer Signale kodiert (Übertragungssignal), wozu ein Sender mit einer Betriebswellenlänge λ_1 verwendet wird, und in die Übertragungsstrecke eingekoppelt. Der Sender des Übertragungssignals muß sich nicht in unmittelbarer Nähe des sendeseitigen Eingangs der Übertragungsstrecke befinden; es können weitere Übertragungselemente dazwischengeschaltet sein. Empfangsseitig werden die Daten aus der Übertragungsstrecke ausgekoppelt, ausgewertet oder an weitere Übertragungsstrecken weitergeleitet.

Die Betriebswellenlänge ist dabei nicht notwendigerweise genau eine feste Wellenlänge: Übertragungssignale haben aufgrund der zeitlichen Modulation eine gewisse Bandbreite, wobei unter der Betriebswellenlänge die Grundwellenlänge des Übertragungssignals verstanden wird. Weiterhin kann die Übertragungsstrecke im Wellenlängenmultiplexbetrieb (WDM-Betrieb) genutzt werden. Dabei werden mehrere Signale mit unterschiedlichen Grundwellenlängen, die jeweils unterschiedliche, voneinander unabhängige Informationen kodieren, sendeseitig zu einem Übertragungssignal überlagert, übertragen und empfangsseitig wieder getrennt. Die Betriebswellenlänge λ_1 im Sinne der Erfindung ist daher der Wellenlängenbereich, in welchem bei der zu überwachenden Übertragungsstrecke Daten übertragen werden.

Die Erfindung wird im folgenden genauer beschrieben:

Erfindungsgemäß wird ein optisches Kontrollsignal erzeugt mit einer Kontrollwellenlänge λ_2, welche verschieden von der Betriebswellenlänge λ_1 ist. λ_2 ist ebenfalls als Grundwellenlänge des Kontrollsignals zu sehen, welches selbst eine gewisse Bandbreite haben kann. Weiterhin können gleichzeitig auch mehrere Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen erzeugt werden,

welche nach Art des WDM-Betriebs zu einem Kontrollsignal im Sinne der Erfindung zusammengekoppelt werden.

Die erfindungsgemäße Anordnung weist zur Erzeugung des Kontrollsignals einen Sender auf, welcher gegebenenfalls neben den Sender zur Erzeugung des Übertragungssignals tritt. Das Kontrollsignal wird auf der Sendeseite in die Übertragungsstrecke eingekoppelt. Dabei ist der Einkopplungsmechanismus derart gewählt, daß ein paralleles Einkoppeln des Übertragungssignals möglich ist. Die erfindungsgemäße Anordnung umfaßt dazu einen Koppler, der sendeseitig im Bereich der Übertragungsstrecke angeordnet ist und der die Signale beider Sender in die Übertragungsstrecke einzukoppeln imstande ist. Der Koppler ist beispielsweise ein Multiplexkoppler, wie er auch für den WDM-Betrieb verwendet wird (Y-Koppler). Durch die unterschiedlichen Wellenlängen wird das Übertragungssignal und damit die reguläre Dateneinkopplung nicht gestört.

Das Kontrollsignal wird über die Übertragungsstrecke übertragen, auf der Empfangsseite reflektiert und über die Übertragungsstrecke zurück zur Sendeseite übertragen. Die erfindungsgemäße Anordnung umfaßt dazu eine Reflexionsanordnung, welche auf der Empfangsseite der Übertragungsstrecke angeordnet ist und die Kontrollwellenlänge zu reflektieren imstande ist, wobei das rückreflektierte Kontrollsignal (Reflexionssignal) empfangsseitig wieder in die Übertragungsstrecke eingekoppelt wird.

Die Reflexionsanordnung umfaßt beispielsweise einen dichroitischen Spiegel oder ein dichroitisches Spiegelschichtsystem, welches Strahlung im Bereich der Betriebswellenlänge transmittiert und Strahlung im Bereich der Kontrollwellenlänge reflektiert und am Ausgang der Übertragungsstrecke angeordnet ist. Das Übertragungssignal wird von einem derartigen an die jeweiligen Wellenlängen angepaßten Spiegel mit nur geringer Dämpfung durchgelassen, so daß die reguläre Datenübertragung nicht gestört ist. Gleiches gilt für eine Reflexionsanordnung, die einen in diesem Fall als Demultiplexer verwendeten Multiplexkoppler mit wenigstens zwei wellenlängenabhängigen Ausgängen und einen für die Strahlung im Bereich der Kontrollwellenlänge hochreflektierenden Spiegel umfaßt. Der Ausgang des Multiplexkopplers für Strahlung im Bereich der Betriebswellenlänge ist mit einem Empfänger für Übertragungssignale oder einer weiteren Übertragung-

sstrecke gekoppelt; am Ausgang für Strahlung im Bereich der Kontrollwellenlänge ist der hochreflektierende Spiegel angeordnet.

Im nächsten Verfahrensschritt wird das rückreflektierte Kontrollsignal (Reflexionssignal) auf der Sendeseite aus der Übertragungsstrecke ausgekoppelt und einer Erfassungseinrichtung zugeführt. Das Einkoppeln der Kontroll- und Übertragungssignale ist im wesentlichen von der Auskopplung des Reflexionssignals unbeeinflußt. Gegebenenfalls ausgekoppeltes Licht der Betriebswellenlänge λ_1 wird unterdrückt.

Das Auskoppeln des Reflexionssignals erfolgt beispielsweise mittels des zur Einkopplung verwendeten (Multiplex-)Kopplers, der für den reflektierten Strahl als Demultiplexer wirkt. In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung umfaßt die erfindungsgemäße Anordnung zur Auskopplung des Reflexionssignals einen Zirkulator, welcher im Bereich des sendeseitigen Endes der Übertragungsstrecke angeordnet ist. Der Zirkulator dient zur sendeseitigen Einkopplung des bereits gemultiplexten Übertragungs- und Kontrollsignals in die Übertragungsstrecke und zur sendeseitigen Auskopplung des Reflexionssignals aus der Übertragungsstrecke. Das Reflexionssignal wird der Erfassungseinrichtung zugeführt.

Die Erfassungseinrichtung gibt schließlich ein Ausgangssignal ab, welches ein Maß für die Intensität und/oder den Polarisationszustand, gegebenenfalls als Funktion der Zeit, und/oder die Signallaufzeit des Reflexionssignals ist und aus welchem Übertragungseigenschaften und/oder Änderungen der Übertragungseigenschaften der Übertragungsstrecke, insbesondere durch Manipulationen an der Übertragungsstrecke, bestimmbar sind.

Die Erfassungseinrichtung umfaßt dazu vorzugsweise einen Detektor, der Strahlung der Kontrollwellenlänge zu detektieren imstande ist und ein intensitätsabhängiges elektrisches Ausgangssignal abgibt. Vorzugsweise umfaßt die Erfassungseinrichtung zudem wenigstens ein polarisationsempfindliches Element, wie Polarisator, Polarisationsstrahlteiler, polarisierender Faserkoppler, insbesondere aber ein Polarimeter, zur Erfassung von wenigstens einer Komponente des Stokesvektors, vorzugsweise des gesamten Polarisationszustands des Reflexionssignals. Die Erfassungseinrichtung kann weiterhin eine

Datenverarbeitungsanlage zur weiteren Auswertung der Detektorsignale umfassen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist ohne großen Aufwand zur ständigen oder zeitweisen Kontrolle und Sicherheitsüberwachung installierter Telekommunikationskabel bzw. einzelner Fasern derselben geeignet. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist, daß die Kontroll- bzw. Überwachungsmessungen auf der Sendeseite des Übertragungssystems erfolgen, wo im allgemeinen auch das aufwendige Sendesystem installiert ist. Der Platzbedarf, den die erfindungsgemäße Anordnung dazu erfordert, ist außerordentlich gering. Das gilt auch für den technischen Aufwand.

Ein weiterer großer Vorteil der Erfindung liegt darin, daß die Kontroll- bzw. Überwachungsmessungen in keiner Weise den normalen Datentransfer behindern, dieser läuft parallel weiter. Wesentlich ist auch, daß die verwendeten optischen Komponenten kostengünstig sind, wodurch der finanzielle Aufwand, verglichen mit anderen bekannten Verfahren, gering bleibt.

Kurzbeschreibung der Zeichnung, wobei zeigen:

Figur 1 den prinzipiellen Aufbau einer Anordnung zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen;

Figur 2 schematisch eine untersuchte, kontrollierte Übertragungsstrecke, welche mit einer weiteren Übertragungsstrecke gekoppelt ist;

Figur 3 OTDR-Messungen an einer Übertragungsstrecke;

Figur 4 a,b Fluktuationen der Stokes-Parameter einer ungestörten (a) und einer gestörten (b) Faserstrecke als Funktion der Zeit;

Figur 4 c,d Darstellung des Polarisationszustands des Reflexionssignals auf der Poincarekugel im ungestörten Zustand (c) sowie im Störungsfall (d);

Figur 5 die Polarisationsmodendispersion einer Faser als Funktion der Wellenlänge im ungestörten bzw. gestörten Zustand.

Wege zur Ausführung der Erfindung:

Figur 1 zeigt das Prinzip eines erfindungsgemäßen Aufbaus für Kontroll- und Überwachungsmessungen an einer optischen Übertragungsstrecke 101 bzw. 111. Die Figur 1b stellt eine Alternative zur Realisierung der Erfindung auf der Empfangsseite gemäß Fig. 1a dar; der linke (sendeseitige) Teil der er-

findungsgemäßen Anordnung aus Fig. 1b entspricht dem aus Fig. 1a und ist nicht dargestellt.

Neben dem optischen Übertragungssignal mit der Betriebswellenlänge λ_1, das von einem Sender 102 erzeugt wird, wird ein Kontrollsignal mit der Kontrollwellenlänge λ_2 von einem zweiten Sender 103 erzeugt und in einen Koppler 114 eingekoppelt. Der Koppler 114 ist ein breitbandiger Y-Koppler, z.B. ein Multiplexkoppler. Ausgangsseitig ist der Koppler 114 mit einem Zirkulator 104 über dessen Port P1 verbunden. Der Port P2 des Zirkulators 104 wird mit dem Eingang der zu testenden Übertragungsstrecke 104 gekoppelt, z.B. zusammengesteckt oder gespleißt. Mit dem dritten Port P 3 des Zirkulators 104 ist die Erfassungseinrichtung 105 verbunden, welche hier zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen aus einem Überwachungsmeßgerät 106 und einem Kontrollmeßgerät 107 besteht.

Der Zirkulator hat die Eigenschaft, am Port P1 eingekoppeltes Licht weitgehend verlustfrei zum Port P2 durchzulassen, die Übertragung zum Port P3 jedoch extrem zu dämpfen. Am Port P2 eingekoppeltes Licht wird dagegen zum Port P 3 geleitet, wobei die Übertragung von P2 nach P1 extrem gedämpft ist. Damit wirkt der Zirkulator 104 als optisches Ventil, welches Strahlung je nach Ausbreitungsrichtung in unterschiedliche Ausgangskanäle leitet.

Am Ausgang der Übertragungsstrecke 101 bzw. 111 ist eine Reflexionsanordnung 108 bzw. 112 angebracht, die zur Reflexion des Kontrollsignals mit der Kontrollwellenlänge λ_2, dient. Die Reflexionsanordnung 108 besteht in Fig. 1a aus einem kurzen Glasfaserstück 110, an dessen hinterem Ende ein dichroitischer Spiegel 109 angebracht ist. Das vordere Ende des Glasfaserstücks 110 ist beispielsweise mit einem optischen Stecker versehen, mit welchem es mit dem empfangsseitigen Ausgang der Übertragungsstrecke zusammengesteckt wird. Der dichroitische Spiegel 109 reflektiert im Bereich der Kontrollwellenlänge λ_2, vorzugsweise mit einem Reflexionsgrad von mehr als 95 %, idealerweise mehr als 99 %, und transmittiert im Bereich der Betriebswellenlänge λ_1, vorzugsweise mit einem Transmissionsgrad von wenigstens 95 %.

Der dichroitische Spiegel 109 kann in einen speziellen Stecker integriert sein, z.B. indem auf die Stirnfläche des Steckers eines dichroitisches Spiegelschichtsystem aufgeklebt ist. Das dichroitische Spiegelschichtsystem ist so

ausgelegt, daß die Betriebswellenlänge λ_1 mit hohem Transmissionsgrad den Spiegel passieren kann. Das Übertragungssignal wird dann folgendem Kabelabschnitt zugeführt, siehe z.B. Figur 2, oder von einem Empfänger empfangen und ausgewertet. Die Kontrollwellenlänge λ_2 hingegen wird mit hohem Wirkungsgrad reflektiert. Mit Hilfe der nur geringfügig gedämpften Betriebswellenlänge wird der Betriebsverkehr aufrechterhalten, die reflektierte Kontrollwellenlänge hingegen dient sendeseitig zur kontinuierlichen Überwachung der Übertragungsstrecke 101 und für Kontrollmessungen.

In Figur 1 b ist eine alternative Realisierung einer Reflexionsanordnung 112 dargestellt. Die Reflexionsanordnung 112 umfaßt in diesem Fall einen Koppler 113, welcher als Demultiplexer fungiert. Das Übertragungssignal mit der Betriebswellenlänge λ_1 wird über einen Arm des Kopplers 113 dem nächsten Kabelabschnitt oder einem Empfänger zugeführt. Das Kontrollsignal hingegen wird im zweiten Arm des Kopplers geführt, an dessen Ausgang ein - wenigstens im Bereich der Kontrollwellenlänge - hochreflektierender Spiegel 115 angeordnet ist. Der Spiegel 115 ist vorzugsweise als hochreflektierender Faserstecker ausgeführt, welcher an den entsprechenden Ausgang des Demultiplexers 113 angekoppelt wird. Das Kontrollsignal wird an diesem Spiegel 115 derart reflektiert, daß es empfangsseitig wieder in die Übertragungsstrecke 111 eingekoppelt wird, auf Port P2 des Zirkulators 104 fällt und schließlich zur Erfassungseinrichtung 105 übertragen wird.

Die reflektierte Strahlungsleistung wird am Port P3 des Zirkulators 104 ausgekoppelt und als Reflexionssignal der Erfassungseinrichtung 105 bzw. einem der Meßgeräte 106, 107 zugeführt. Anhand des Reflexionssignals können Kontroll- und Überwachungsmessungen aller Art durchgeführt werden, ohne daß der eigentliche Telekommunikationsbetrieb gestört oder beeinflußt wird.

Der Koppler 114 ist vorzugsweise breitbandig und für Wellenlängen im Bereich von 1.300 bis 1.650 nm geeignet. Die Einfügeverluste sind vorzugsweise geringer als 0,2 dB. Der Zirkulator ist, falls er universell verwendet werden soll, möglichst breitbandig. Ansonsten kann ein Zirkulator für jedes der beiden optischen Fenster verwendet werden. Die Einfügeverluste sind im ersten Fall vorzugsweise geringer als 0,8 dB, im zweiten Fall geringer als 0,6 dB. Die Isolationswerte für eine Übertragung von Port P 2 nach P 1 und Port P 3 nach P 2 sind im ersten Fall vorzugsweise größer als 35 dB, im zweiten

Fall vorzugsweise größer als 45 dB. Die Directivity beträgt vorzugsweise wenigstens 60 dB, entsprechend einer sehr hohen Isolation auf dem direkten Weg von Port P 1 nach P 3.

Die Betriebswellenlänge λ_1 liegt je nach Betriebssystem im zweiten oder dritten optischen Fenster, also um 1300 bzw. 1550 nm. Für die Kontrollwellenlänge λ_2 gibt es keine prinzipiellen Einschränkungen. Vorzugsweise ist sie größer als die Betriebswellenlänge, liegt beispielsweise oberhalb von 1600 nm. Bei den herkömmlichen optischen Standardfasern mit einer Grenzwellenlänge von etwa 1300 nm läuft bei einer solch großen Wellenlänge ein beträchtlicher Teil des Kontrollsignals im Fasermantel. Dadurch wird die Faser sehr empfindlich gegen Biegungen der Faser bzw. des Kabels, wodurch die Empfindlichkeit des Meßverfahrens erhöht ist. Um hohe Faserdämpfung zu vermeiden, sollte die Kontrollwellenlänge allerdings nicht zu groß gewählt werden, sondern vorzugsweise noch im dritten optischen Fenster liegen.

Die Sender 102 und 103 für das Übertragungssignal bzw. das Kontrollsignal sind Strahlungsquellen, die optische Signale mit hoher Strahlqualität erzeugen. Vorzugsweise finden Infrarotlaser Anwendung, z.B. Farbstofflaser oder Laserdioden. Das Kontrollsignal wird im Puls- oder im Dauerstrichbetrieb erzeugt. Gegebenenfalls kann dem Kontrollsignal auch zusätzliche Information aufmoduliert sein, was z.B. für Bitfehlerratenmessungen vorteilhaft ist. Das Kontrollsignal kann zur Durchführung von wellenlängenabhängigen Messungen, z.B. Messung der spektralen Polarisationsmodendispersion (siehe Figur 4), auch hinsichtlich der Kontrollwellenlänge durchgestimmt werden. Dazu werden beispielsweise thermisch durchstimmbare DFB-Halbleiter oder durchstimmbare External-Cavity-Laser verwendet.

Bei der Verbindung zwischen Port P2 des Zirkulators 104 und der Übertragungsstrecke 101 sowie bei sämtlichen anderen optischen Kopplungen innerhalb des Ausbreitungswegs des Übertragungssignals sollten Reflexionen vermieden werden. Dazu werden die optischen Verbindungen vorzugsweise als Spleißverbindung ausgeführt. Falls eine Steckverbindung nötig ist, sollte innerhalb des Steckers Immersionsöl verwendet werden. Vorzugsweise beträgt die Reflexion an den Kopplungsstellen weniger als 1 %.

Figur 2 zeigt schematisch, wie eine untersuchte, kontrollierte Übertragungsstrecke 201,die einen ersten Kabelabschnitt bildet, über einen dichroitischen Spiegel 203 mit einer weiteren Übertragungsstrecke 204 verbunden ist, welche einen zweiten Kabelabschnitt bildet. Der dichroitische Spiegel 203 ist dabei wie in Figur 1a Hauptbestandteil der Reflexionsanordnung 202, mit welcher die Kontrollwellenlänge λ_2 reflektiert, das eigentliche Übertragungssignal mit der Wellenlänge λ_1 jedoch weitgehend unbeeinflußt zum zrweiten Kabelabschnitt übertragen wird. Anstelle der zweiten Übertragungsstrecke 204 kann sich hinter dem dichroitischen Spiegel 203 jedes beliebige andere Element anschließen, welches empfangsseitig in optischen Übertragungssystemen Verwendung findet.

Mit dem optischen Aufbau gemäß der Figuren 1a und 1b sind Kontroll- und Überwachungsmessungen auch während des regulären Telekommunikationsbetriebs weitgehend störungsfrei durchführbar. Unter Kontrollmessungen werden dabei solche Messungen verstanden, welche der Kontrolle der Übertragungseigenschaften der Übertragungsstrecke dienen. Dazu gehört die Messung bzw. die Überprüfung bestimmter Faserparameter, z.B. die chromatische Dispersion mit ihren essentiellen Parametern, wie die Nulldispersionswellenlänge λ_0, der Anstieg der Dispersionskurve bei λ_0 oder die Dispersionswerte im zweiten und dritten optischen Fenster, die spektrale Streckendämpfung, die Polarisationsmodispersion oder auch Bitfehlerratenmessungen.

Überwachungsmessungen sind demgegenüber Messungen, die für die Sicherheit des Übertragungssystems relevant sind. Mit Überwachungsmessungen lassen sich beispielsweise Manipulationen an der Übertragungsstrecke detektieren. Somit läßt sich beispielsweise ein "Abhören" des Datenverkehrs durch Abzweigen auch nur geringster Leistungen anzeigen.

Beide Arten von Messungen unterliegen keinen prinzipiellen Einschränkungen, zumal der Vorzug des Verfahrens ausgenutzt werden kann, daß alle Sende- und Meßeinrichtungen auf der Sendeseite untergebracht sind und somit sämtliche Daten unmittelbar zur Auswertung zur Verfügung stehen. Empfangsseitig muß lediglich für die Reflexion des Kontrollsignals gesorgt werden.

So sind als Kontrollmessungen beispielsweise kontinuierliche Lebensdauermessungen problemlos und störungsfrei durchführbar. Aus Vergleich von Re-

flexions- und ursprünglich erzeugtem Kontrollsignal, z.B. hinsichtlich Polarisation, Laufzeit, Signalform, Amplitude bzw. Intensität, kann auf eine Vielzahl von Parametern der Übertragungsstrecke geschlossen werden. Diese Messungen sind durch Wahl einer geeigneten Erfassungseinrichtung, die die jeweils interessierenden Größen zu detektieren imstande ist, mit einem Aufbau nach Fig. 1 durchführbar.

Weiterhin sind als Kontrollmessungen auch direkte Faserlängenmessungen der Fasern eines Kabels möglich. Es ist bekannt, daß die optische Faserlänge erheblich größer ist als die entsprechende Kabellänge, außerdem sind auch die Längen der einzelnen Fasern eines Kabels unterschiedlich lang. Diese Messungen gestalten sich sehr einfach und werden beispielsweise mit einem erfindungsgemäßen Aufbau nach Figur 3 durchgeführt.

Figur 3 zeigt dazu ein Übertragungssystem, bestehend aus einer Übertragungsstrecke 301, über welche ein Übertragungssignal mit der Wellenlänge λ_1 übertragen wird. Das Übertragungssignal kommt von einem Sender, gegebenenfalls über einen anderen Teil des Übertragungssystems (andere Faserstrecke). Erfindungsgemäß wird über die Übertragungsstrecke 301 ein Kontrollsignal der Wellenlänge λ_2 übertragen zur Messung von Eigenschaften der Übertragungsstrecke 301. Das Kontrollsignal wird von einem Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) erzeugt, welcher mit einem Sender 302 der Kontrollwellenlänge λ_2 ausgestattet ist.

Das Kontrollsignal wird zusammen mit dem Übertragungssignal mittels eines Kopplers 306 in die Übertragungsstrecke 301 eingekoppelt. Es wird nach Durchlaufen der Übertragungsstrecke 301 an einem Spiegel 305, der am Ausgang der Übertragungsstrecke 301 angeordnet ist, reflektiert, wobei das Übertragungssignal transmittiert wird. Als Reflexionsanordnung kommt auch wieder die in Fig. 1a dargestellte Alternative in Frage.

Der Zirkulator aus dem Aufbau nach Fig. 1 ist bei der optischen Anordung nach Fig. 3 nicht notwendig da der OTDR als Empfänger 303 das rückgestreute Licht mit λ_2 auswertet. Ein einfacher Bandpaßfilter 307 vor dem Ein- bzw. Ausgang des OTDR unterdrückt die rückgestreute Strahlung mit λ_1 . Das Aufbauprinzip ist in Fig. 3 dargestellt.

Der OTDR erzeugt ein kurzes Kontrollsignal mit λ_2 und wertet das rückreflektierte Signal aus. Aus der zeitlichen Differenz zwischen Erzeugung des Kontrollsignals und Empfang des Reflexionssignals wird die optische Länge der Übertragungsstrecke ermittelt. Wenn man die OTDR gemessene rückgestreute Leistung logarithmisch über den optischen Weg in der Testfaser aufträgt, erhält man eine abfallende Gerade (negative Steigung). Das Faserende wird durch den auftretenden Fresnelimpuls definiert. Stufen in der abfallenden Geraden zeigen Spleiße an, die Stufenhöhe ist ein Maß für die Spleißdämpfung. Faserbrüche oder -fehlstellen erzeugen Fresnelreflexionen, die so genau lokalisiert werden können. Der Zusammenhang zwischen der gemessenen Gruppenlaufzeit t_g und der Faserlänge L ist $L = t_g\, c/n_g$, d.h. bei genauer Kenntnis n_g kann L, bzw. jeder Ortsabstand in der Faser exakt bestimmt werden. Durch spezielle Meßanordnungen kann mit dem OTDR auch die örtlich verteilte PMD gemessen werden.

Neben den Kontrollmessungen sind auch sicherheitsrelevante Überwachungsmessungen mit der Erfindung auf einfache Weise ohne großen technischen Aufwand durchführbar. Für Überwachungsmessungen wird beispielsweise der Aufbau nach Fig. 1 verwendet.

Bei einem ersten Verfahren wird die relative Dämpfung des Kontrollsignals sendeseitig unter Zuhilfennahme der Erfassungseinrichtung 105 bestimmt. Dazu wird vorgeschlagen, nach der Meßmethode nach Heitmann zu verfahren (W. Heitmann, Precision Single-Mode Fiber Spectral Attenuation Measurements, J. Opt. Comm., Vol 8 (1987), No. 1 p. 2; W. Heitmann Attenuation Analysis of Silica-Based Single-Mode Fibers, J. Opt. Comm., Vol 11 (1990), No. 4 p. 122).

Da aber nicht die absoluten Dämpfungswerte interessieren, sonderen nur kleine Änderungen der Dämpfung, ist es nicht notwendig, die sogenannte Rückschneidemethode zu praktizieren. Bei der Rückschneidemethode wird nach einer Transmissionsmessung die Faser einige Meter hinter der Einkoppelstelle abgeschnitten und die Transmissionsleistung erneut gemessen. Die Dämpfung kann mit hoher Genauigkeit gemessen werden, wenn die Einkoppelbedingungen des Kontrollsignals konstant gehalten werden (max. 0,001 dB). Jeder Eingriff, der an der entsprechenden Übertragungsstrecke bzw. Faser derselben vorgenommen wird, wird durch die Messung der Dämpfung

detektiert. Ein Anzapfen einer Leitung zu Abhörzwecken bedingt ein Auskoppeln von Lichtleistung über den Fasermantel. Durch Messung der Dämpfung lassen sich selbst die dadurch bedingte Abzweigung sehr kleiner Lichtleistungen von minimal 0,002 dB erfassen.

Es ist nicht notwendig, in diesem Fall die Dämpfungsmessung spektral durchzuführen; eine Messung für die Kontrollwellenlänge ist ausreichend. Die Kontrollwellenlänge sollte möglichst groß gewählt werden, denn bei großen Wellenlängen im Monomodebereich wird ein erheblicher Teil der Lichtleistung im Fasermantel geführt, wodurch Dämpfungsänderungen durch Hantieren an der Faser größer und damit zuverlässiger detektierbar werden. Die Kontrollwellenlänge sollte allerdings nur so groß gewählt werden, daß die Dämpfungsverluste über die gesamte Übertragungsstrecke im Normalfal, d.h. ohne Eingriff von außen, noch vertretbar sind.

Eine weitere Methode zur Durchführung einer Überwachungsmessung mittels der Erfindung basiert auf der Tatsache, daß der Polarisationszustand (SOP) eines über eine Faserstrecke übertragenen Signals empfindlich von Biegungen und Erschütterungen der Faser abhängt: Durch Manipulieren an der Faser wird lokal deren Doppelbrechung geändert, wodurch sich auch der Polarisationszustand des Signals schlagartig ändert. Diese Methode ist weitaus empfindlicher als die Dämpfungsmethode und macht ein unentdecktes Hantieren am Kabel weitgehend unmöglich.

Diese Änderung des SOP kann beispielsweise mit Hilfe eines Polarimeters leicht nachgewiesen werden, indem der Stokesvektor auf der Poincarekugel dargestellt wird. Der prinzipielle Aufbau zur Streckenüberwachung durch Beobachtung des Polarisationszustands mit Hilfe eines polarisationssensiblen Überwachungsgeräts 106 ist in Fig. 1a,b skizziert. In Fig. 4a ist der zeitliche Verlauf der drei Komponenten S_1, S_2, S_3 des Stokesvektors im ungestörten Zustand dargestellt, die Meßzeit ist 8000 s. In Fig. 4b ist der zeitliche Verlauf der Stokeskomponenten innerhalb von nur 3s im Störungsfalle gezeigt. Das Bild dokumentiert eindrucksvoll den dramatischen Einfluß von Störungen auf den zeitlichen Verlauf des SOP. Das wird ebenso eindrucksvoll bestätigt durch die korrespondierende Darstellung auf der Poincarekugel gemäß der Figuren 4c und 4d.

Fig. 4c zeigt die langsame Drift des SOP auf der Kugeloberfläche im ungestörten Zustand (Meßzeit wiederum 8000s), während in Fig. 4d der Störungsfall gezeigt wird (Meßzeit 3s), in dem der Stokesvektor über den gesamten Bereich der Kugeloberfläche erheblich fluktuiert. Man beachte den großen Unterschied der Beobachtungszeit, zum einen 8000s, zum anderen nur 3s.

Zum Nachweis der Änderung des SOP gibt es mehrere Möglichkeiten.
a) Die aufwendigste Methode wurde bereits erwähnt. Mit Hilfe eines Polarimeters wird der vollständige Polarisationszustand erfaßt. Im ungestörten Betrieb ändert sich der SOP, z. B. als Folge thermischer Einflüsse, sehr langsam und stetig (siehe Fig. 4a und 4c). Der Punkt auf der Oberfläche der Poincarekugel, der den jeweiligen Polarisationszustand repräsentiert, driftet langsam in eine beliebige Richtung. Wird hingegen die Faser berührt, erfolgt eine sprunghafte Veränderung der Position des Punktes, beim Hantieren an der Faser ändert sich die Bewegung des SOP-Punktes in Richtung und Betrag nahezu in statistischer Weise (siehe Fig. 4b und 4d). Dieser Prozeß ist so auffällig, daß er sofort ins Auge fällt und detektierbar ist.

Die sprunghafte Änderung des SOP aufgrund einer äußeren Störung äußert sich auch in einer erhöhten Polarisationsmodendispersion (PMD) und ist durch Messung der PMD detektierbar. Fig. 5 zeigt dazu den spektralen Verlauf der Polarisationsmodendispersion in ps zwischen 1540 und 1560 nm ohne Störung (oben) und mit Störung (unten), die durch Berührung der Testfaser, in diesem Fall einer 23.13km lange Glasfaser auf einer Spule, verursacht wurde. Durch die Störungen bei 1545, 1555 und 1559nm erhöhen sich die PMD-Werte um einen Faktor bis zu 25 in diesem Fall. Fig. 5 dokumentiert den starken Einfluß von Störungen sogar auf die PMD. Als Meßverfahren im Sinne der hier vorgestellten Arbeit kommt diese Methode nur in Betracht, wenn die Kontrollwellenlänge mit Hilfe eines durchstimmbaren Lasers variiert und das zeitliche Auseinanderlaufen des Signals als Funktion der Wellenlänge aufgezeichnet wird. Dies ist allerdings, bedingt durch das notwendige Durchstimmen des Lasers, für Routinemessungen in der Regel zu zeitaufwendig.

b) Zur Feststellung der Veränderung des SOP ist seine vollständige Bestimmung durch die drei normierten Stokesparameter mit Hilfe eines Polarimeters

nicht unbedingt erforderlich. Im allgemeinen ist zur Detektierung der Veränderung des SOP die Erfassung von einer oder zwei Komponenten des Stokesvektors ausreichend (s. Fig. 4a,b). Deshalb wird für eine weniger aufwendige Variante das Polarimeter durch ein polarisationsempfindliches Element (Polarisator, Polarisationsstrahlteiler, polarisationsabhängiger Faserkoppler usw.) ersetzt. Die diese Komponenten passierenden Strahlungsanteile werden detektiert und die entsprechenden Detektorspannungen ausgewertet. Solange die Faser ungestört im Kabel ruht, ändert sich die Detektorspannung nur sehr langsam und stetig, bei Störungen, Manipulationen hingegen erfolgt eine plötzliche und starke Änderung. Für die automatische Überwachung ist daher ein Diskriminator vorteilhaft, um diese sehr unterschiedlichen Effekte zu unterscheiden. Dies kann beispielsweise ein Frequenzfilter sein, der niedrige Frequenzen (beipielsweise <0.1 Hz) eliminiert. Zur Erhöhung der Auswertesicherheit wird neben dem Frequenzfilter ein Schwellenwertschalter eingesetzt, der verhindert, daß kleine, rauschartige Spannungswerte ausgewertet werden, die auch sehr hohe Frequenzkomponenten enthalten. Nur Amplituden oberhalb des Schwellenwertes, der variabel einstellbar sein sollte, werden aufgezeichnet.

Liste der Bezugszeichen:

101, 111, 201, 301	Übertragungsstrecke (Teststrecke)
102	Sender (Übertragungssignal)
103, 302	Sender (Kontrollsignal)
104	Zirkulator
105, 303	Erfassungseinrichung
106, 107	Überwachungs- bzw. Kontrollmeßgerät
108, 112, 202, 304	Reflexionsanordnung
109, 203	dichroitischer Spiegel
110	Kabelstück
113, 114, 306	Koppler
115, 305	Spiegel
204	weitere, nicht zu testende Übertragungsstrecke
307	Filter

Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen an optischen Übertragungsstrecken (101, 111, 201, 301), wie einzelnen optischen Fasern oder Faserbündeln, mit einer Sende- und einer Empfangsseite, wobei über die Übertragungsstrecke Daten in Form optischer Signale (Übertragungssignal) mit einer Betriebswellenlänge λ_1 übertragen werden, dadurch gekennzeichnet, daß

a) ein optisches Kontrollsignal mit einer Kontrollwellenlänge λ_2, welche verschieden von der Betriebswellenlänge λ_1 ist, auf der Sendeseite in die Übertragungsstrecke eingekoppelt wird, wobei der Einkopplungsmechanismus derart gewählt ist, daß ein paralleles Einkoppeln des Übertragungssignals möglich ist,

b) das Kontrollsignal auf der Empfangsseite reflektiert und über die Übertragungsstrecke zurück zur Sendeseite übertragen wird,

c) das rückreflektierte Kontrollsignal (Reflexionssignal) auf der Sendeseite aus der Übertragungsstrecke ausgekoppelt und einer Erfassungseinrichtung (105, 303) zugeführt wird, wobei das Einkoppeln der Kontroll- und Übertragungssignale im wesentlichen von der Auskopplung des Reflexionssignals unbeeinflußt ist und gegebenenfalls ausgekoppeltes Licht der Betriebswellenlänge λ_1 unterdrückt wird,

d) die Erfassungseinrichtung ein Ausgangssignal abgibt, welches ein Maß für die Intensität und/oder den Polarisationszustand, gegebenenfalls als Funktion der Zeit, und/oder die Signallaufzeit des Reflexionssignals ist und aus welchem Übertragungseigenschaften der Übertragungsstrecke und/oder Änderungen der Übertragungseigenschaften, insbesondere durch Manipulationen an der Übertragungsstrecke, bestimmbar sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es während des normalen Übertragungsbetriebs durchgeführt wird, wobei das Kontrollsignal parallel zum Übertragungssignal in die Übertragungsstrecke eingekoppelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
daß das Kontrollsignal auf der Empfangsseite wellenlängenspezifisch weitestgehend reflektiert wird, vorzugsweise mit einem Reflexionsgrad von R > 95 %, und das Übertragungssignal weitestgehend transmittiert wird, vorzugsweise mit einem Transmissionsgrad von T > 95 %.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß die Kontrollwellenlänge derart gewählt ist, daß sie wenigstens teilweise über den Mantel der optischen Faser übertragen wird, jedoch bei der Übertragung nicht wesentlich gedämpft wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß durch Auswertung des Reflexionssignals die chromatische Dispersion der Faser, insbesondere die Nulldispersionswellenlänge λ_0 , der Anstieg der Dispersionskurve bei λ_0 und/oder die Dispersionswerte im zweiten oder dritten optischen Fenster, und/oder die spektrale Streckendämpfung und/oder die Polarisationsmodendispersion bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß das zeitabhängige Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung zur Unterdrückung statistischer Fluktuationen gefiltert wird, vorzugsweise die Bandbreite des Ausgangssignals auf Frequenzen im Bereich zwischen etwa 0,1 und 100 Hz begrenzt wird.

7. Anordnung zur Durchführung von Kontroll- und Überwachungsmessungen an optischen Übertragungsstrecken (101, 111, 201, 301), wie einzelnen optischen Fasern oder Faserbündeln wobei die Übertragungsstrecke eine Sende- und eine Empfangsseite aufweist und an der Sendeseite ein optisches Übertragungssignal mit einer Betriebswellenlänge λ_1 in die Übertragungsstrecke eingekoppelt und über diese übertragen wird, gekennzeichnet durch:

a) einen Sender (103, 302) zur Erzeugung eines optischen Kontrollsignals mit einer von der Betriebswellenlänge λ_1 verschiedenen Kontrollwellenlänge λ_2, der auf der Sendeseite der Übertragungsstrecke angeordnet ist;

b) einen Koppler (114, 306), der Übertragungs- und Kontrollsignal sendeseitig in die Übertragungsstrecke einzukoppeln imstande ist;

c) eine Reflexionsanordnung (108, 112, 202, 304), welche auf der Empfangsseite der Übertragungsstrecke angeordnet ist und die Kontrollwellenlänge zu reflektieren imstande ist, wobei das rückreflektierte Kontrollsignal (Reflexionssignal) empfangsseitig wieder in die Übertragungsstrecke eingekoppelt wird;

d) eine Erfassungseinrichtung (105, 303) zur Erfassung von Parametern des rückreflektierten Kontrollsignals (Reflexionssignal), die auf der Sendeseite der Übertragungsstrecke angeordnet und ein Ausgangssignal abzugeben imstande ist, welches ein Maß für die Intensität und/oder den Polarisationszustand, gegebenenfalls als Funktion der Zeit, und/oder die Signallaufzeit des Reflexionssignals ist.

8. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
daß der Koppler ein breitbandiger Multiplexkoppler (Y-Koppler) ist.

9. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet,
daß die Reflexionsanordnung einen dichroitischen Spiegel (109, 203) umfaßt, welcher Strahlung im Bereich der Betriebswellenlänge λ_1 transmittiert und Strahlung im Bereich der Kontrollwellenlänge λ_2 reflektiert.

10. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsanordnung einen Multiplexkoppler (113) (Demultiplexer) mit wenigstens zwei wellenlängenabhängigen Ausgängen umfaßt, wobei der Ausgang für Strahlung im Bereich der Betriebswellenlänge mit einem Empfänger für Übertragungssignale oder einer weiteren Übertragungsstrecke gekoppelt und am Ausgang für Strahlung im Bereich der Kontrollwellenlänge ein die Kontrollwellenlänge λ_2 hochreflektierender Spiegel (115) angeordnet ist.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Zirkulator (104) umfaßt, welcher im Bereich des sendeseitigen Endes der Übertragungsstrecke angeordnet ist, zur sendeseitigen Einkopplung des Übertragungs- und Kontrollsignals in die Übertragungsstrecke und zur sendeseitigen Auskopplung des Reflexionssignals aus der Übertragungsstrecke.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Sender (302) einen Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) umfaßt, welcher mit einer Signalquelle, insbesondere einem Laser, zur Erzeugung des Kontrollsignals und einem Empfänger zum Empfang des Reflexionssignals ausgestattet ist, und der ODTR somit auch als Erfassungseinrichtung (303) fungiert.

13. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Ein- bzw. Ausgang des ODTR ein Filter (307) angeordnet ist, welches die Betriebswellenlänge unterdrückt und die Kontrollwellenlänge transmittiert.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung (105, 303) einen Detektor umfaßt, der Strahlung im Bereich der Kontrollwellenlänge zu detektieren und ein elektrisches Ausgangssignal abzugeben imstande ist, welches ein Maß für die Intensität der auf den Detektor fallenden Strahlung ist.

15. Anordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,
daß die Erfassungseinrichtung ein polarisationsempfindliches Element, wie Polarisator, Polarisationsstrahlteiler, polarisierender Faserkoppler, umfaßt zur Erfassung von wenigstens einer Komponente des Stokesvektors des Reflexionssignals.

16. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,
daß die Erfassungseinrichtung ein den vollständigen Polarisationszustand (vollständigen Stokesvektor) des Reflexionssignals erfassendes Polarimeter umfaßt.

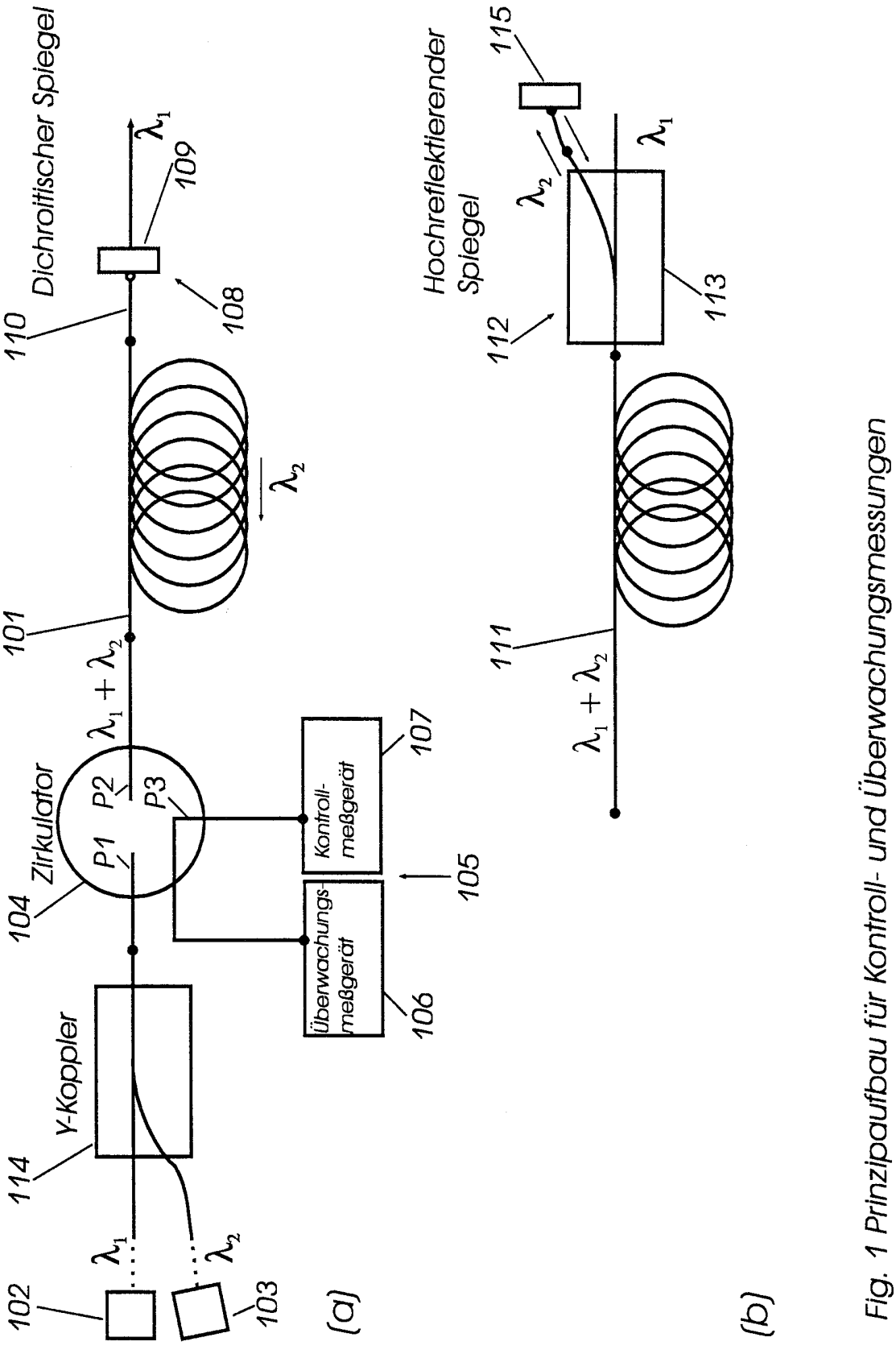


Fig. 1 Prinzipaufbau für Kontroll- und Überwachungsmessungen

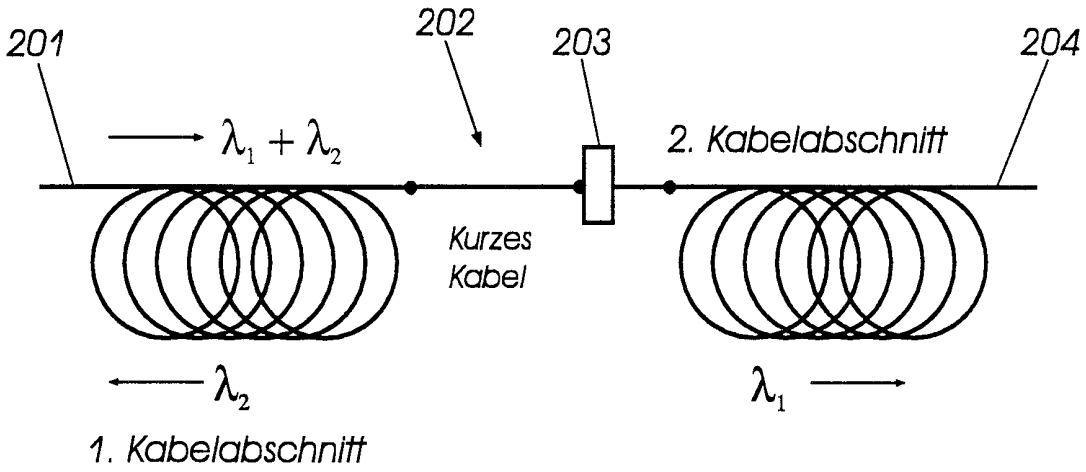


Fig. 2 Untersuchte, kontrollierte Testfaser (1. Kabelabschnitt) verbunden über den dichroitischen Spiegel mit dem folgenden Kabelabschnitt

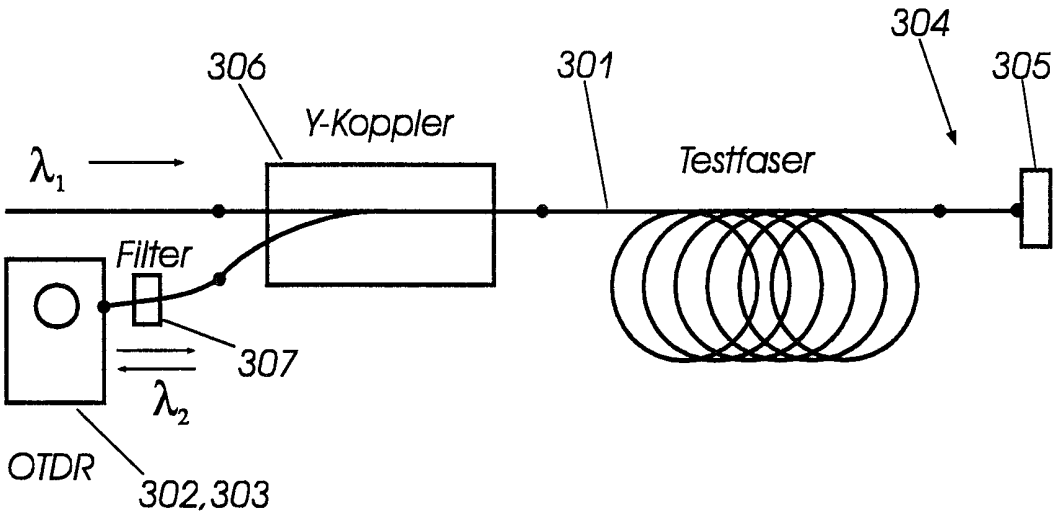
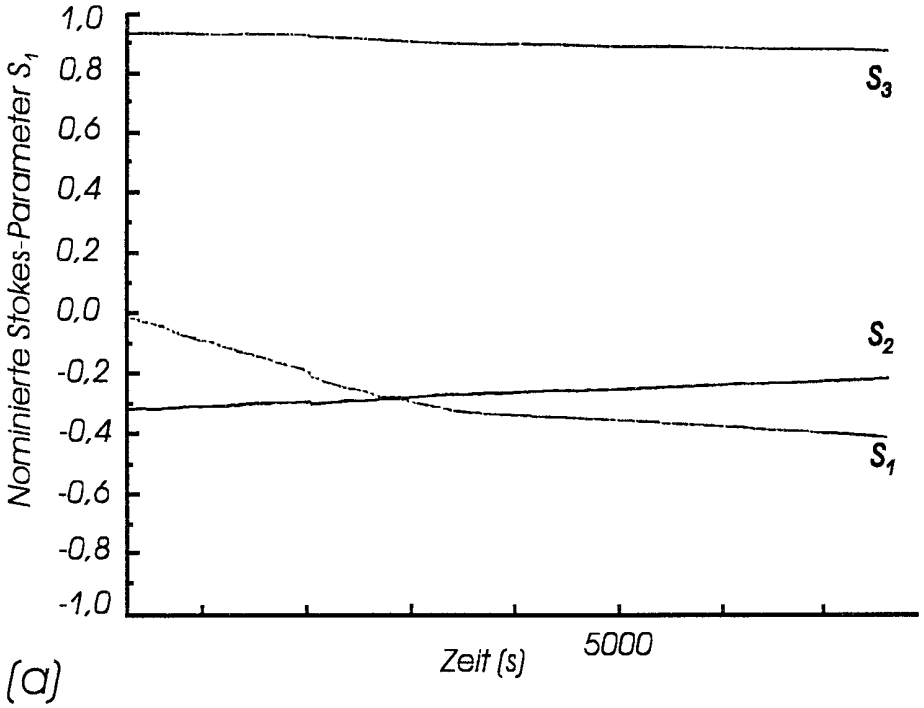


Fig. 3 OTDR-Messungen während des Telekombetriebes



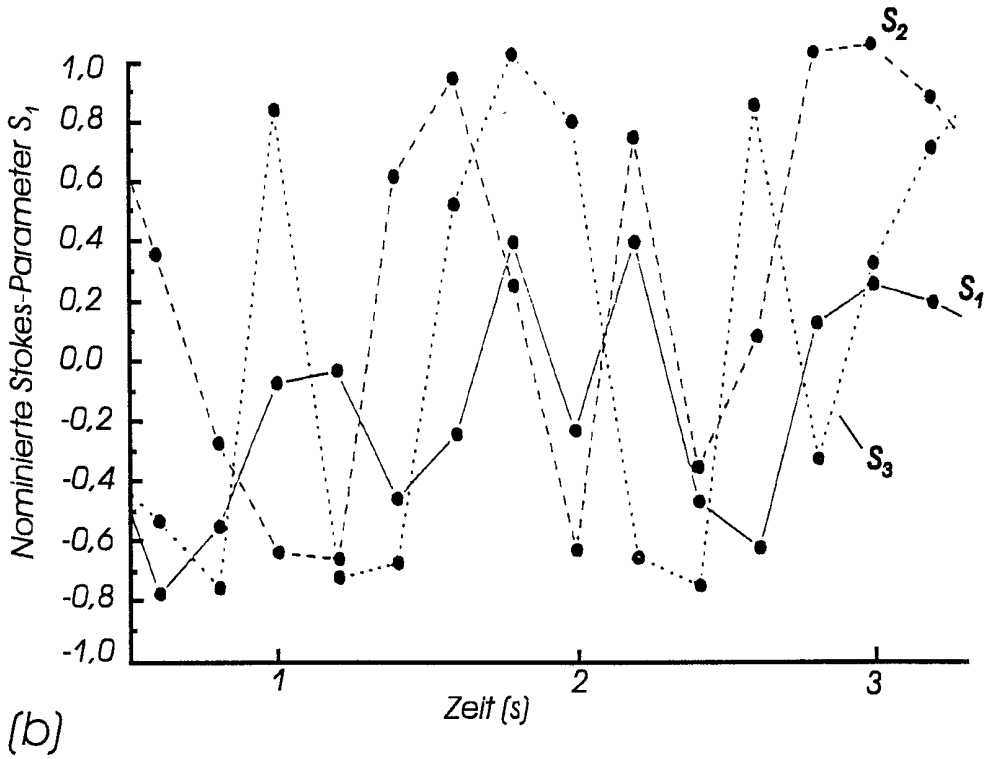
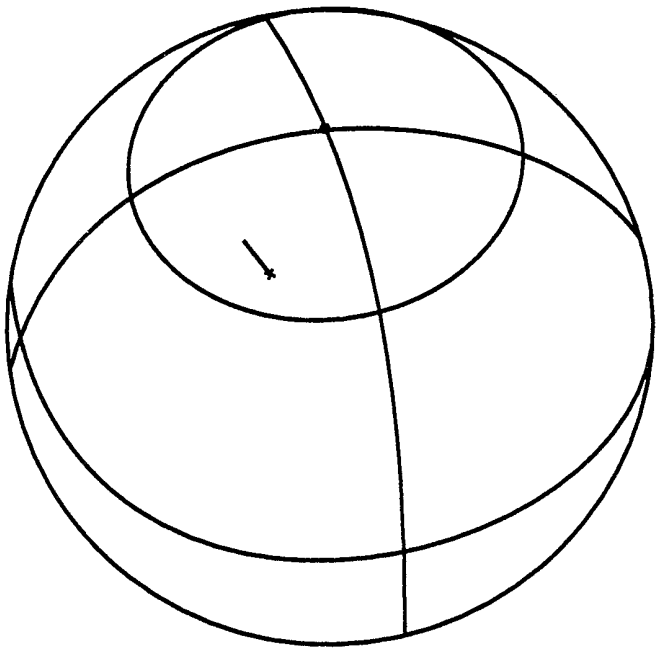
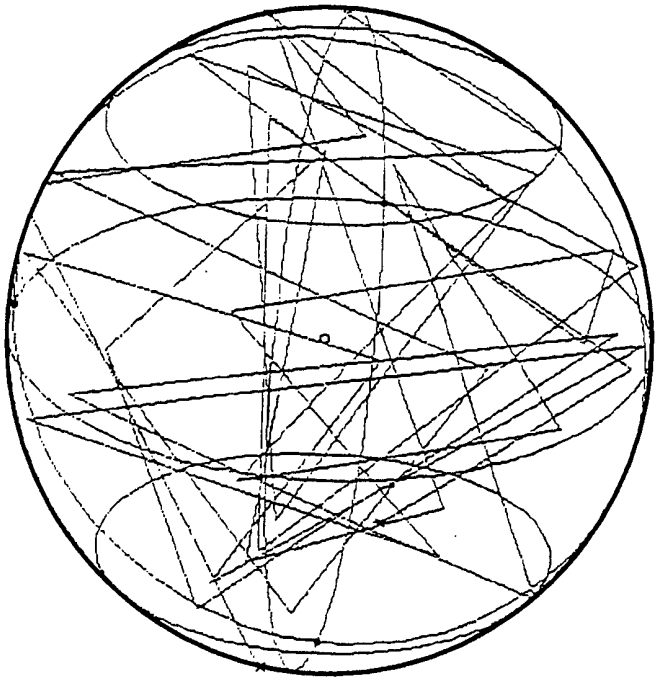


Fig. 4a,b Fluktuationen der Stokes-Parameter einer ungestörten (a) und einer gestörten (b) Faserstrecke

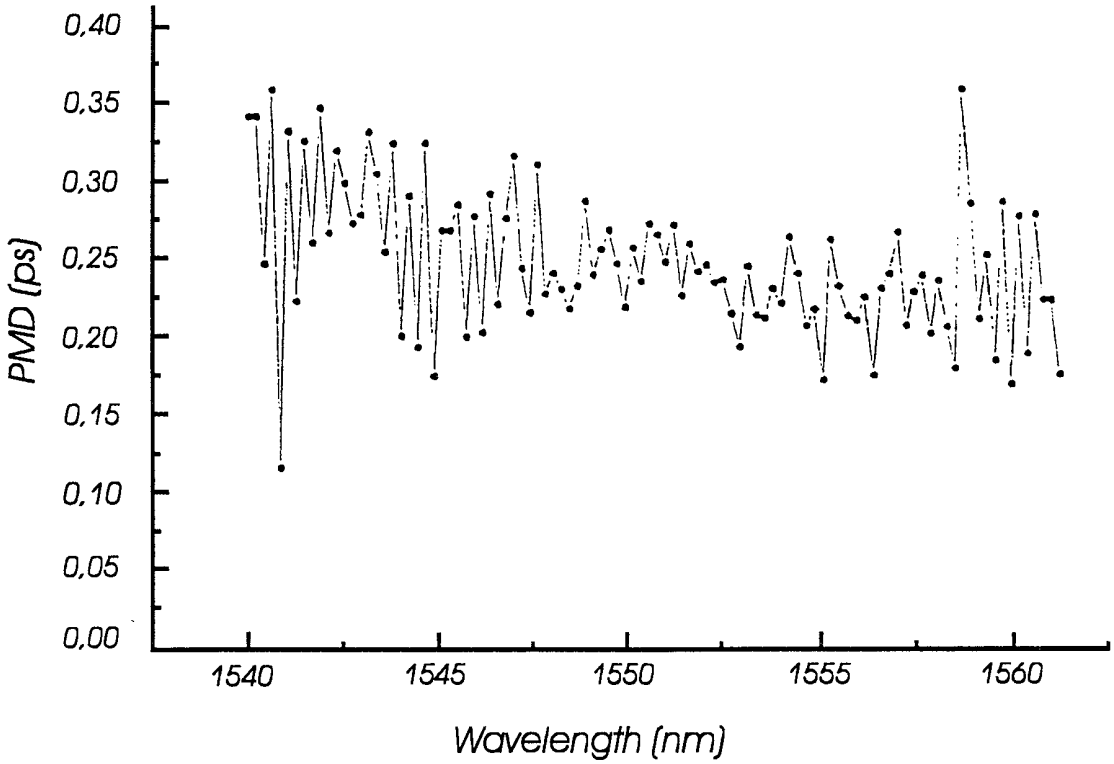


(c)



(d)

Fig. 4c, d Spuren auf der Poincarekugel
(c) ungestörter Zustand (d) im Störungsfall



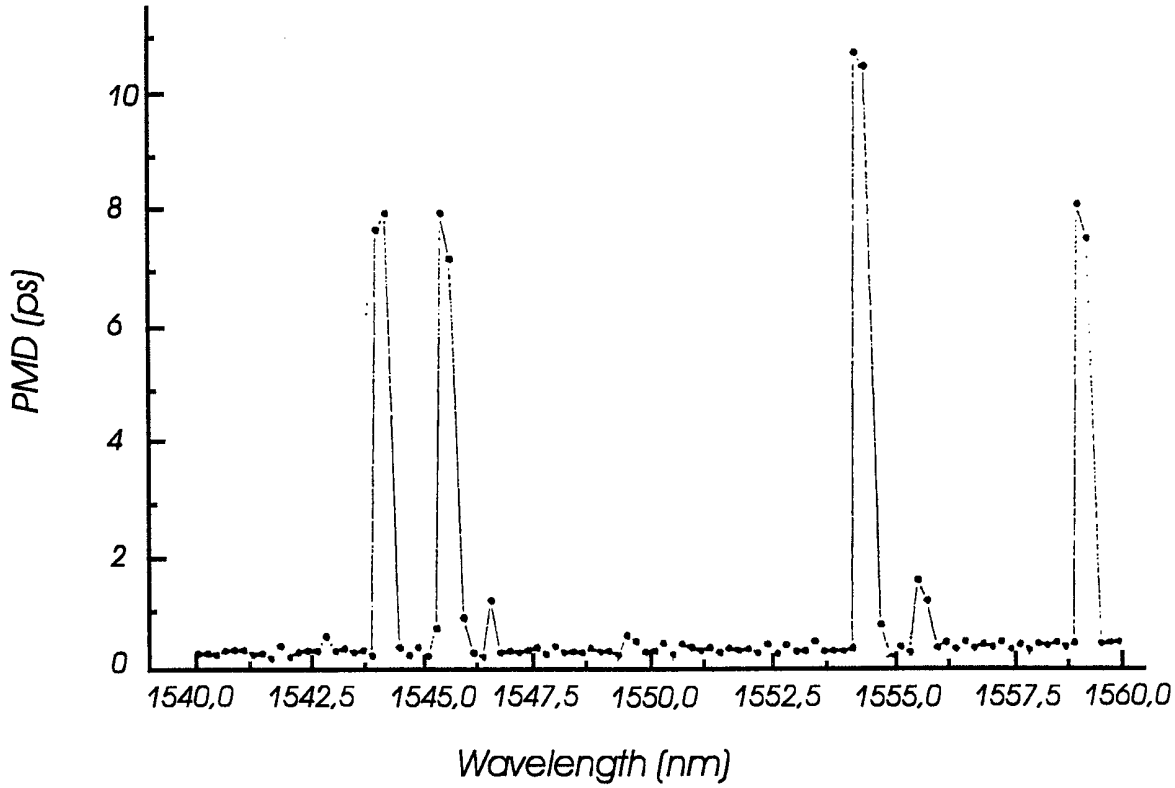


Fig. 5 PMD-Spektrum einer Fiberware-Faser auf einer Spule (L=23.13km) zwischen 1540 und 1560nm ohne (oben) und mit Störungen (unten), gemessen mit dem Polarimeter im Arc-Angle-Modus, $\Delta\lambda$=0.2nm

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern al Application No
PCT/EP 99/04361

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04B10/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 739 992 A (GAY PHILIPPE) 18 April 1997 (1997-04-18) abstract page 9, line 7 -page 10, line 33 page 11, line 9 - line 27 page 12, line 25 - line 34	1-3,7,8, 12-14
Y	figure 2 ---	5
X	EP 0 432 734 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 19 June 1991 (1991-06-19) abstract column 3, line 13 - line 41 column 5, line 43 -column 6, line 15 figures 2,3 ---	1-3,7,9, 14
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 October 1999	28/10/1999

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Ribbe, A

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No
PCT/EP 99/04361

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 681 172 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 8 November 1995 (1995-11-08) abstract figure 2	5
A	EP 0 553 460 A (HEWLETT PACKARD CO) 4 August 1993 (1993-08-04) abstract	5,15,16

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern al Application No
PCT/EP 99/04361

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2739992 A	18-04-1997	NONE	
EP 0432734 A	19-06-1991	CA 2031870 A,C	12-06-1991
		DE 69031588 D	20-11-1997
		DE 69031588 T	05-03-1998
		HK 1003144 A	09-10-1998
		JP 4211204 A	03-08-1992
		KR 123893 B	01-12-1997
		US 5177354 A	05-01-1993
EP 0681172 A	08-11-1995	JP 8021783 A	23-01-1996
		US 5724126 A	03-03-1998
EP 0553460 A	04-08-1993	US 5227623 A	13-07-1993
		DE 69215071 D	12-12-1996
		DE 69215071 T	30-04-1997
		JP 5273082 A	22-10-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04361

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B10/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 739 992 A (GAY PHILIPPE) 18. April 1997 (1997-04-18) Zusammenfassung Seite 9, Zeile 7 -Seite 10, Zeile 33 Seite 11, Zeile 9 - Zeile 27 Seite 12, Zeile 25 - Zeile 34	1-3,7,8, 12-14
Y	Abbildung 2 ---	5
X	EP 0 432 734 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 19. Juni 1991 (1991-06-19) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 41 Spalte 5, Zeile 43 -Spalte 6, Zeile 15 Abbildungen 2,3 --- -/--	1-3,7,9, 14

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. Oktober 1999	28/10/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Ribbe, A

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Interi nales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04361

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 681 172 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 8. November 1995 (1995-11-08) Zusammenfassung Abbildung 2 ---	5
A	EP 0 553 460 A (HEWLETT PACKARD CO) 4. August 1993 (1993-08-04) Zusammenfassung -----	5,15,16

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern ales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04361

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 2739992	A	18-04-1997	KEINE		
EP 0432734	A	19-06-1991	CA	2031870 A,C	12-06-1991
			DE	69031588 D	20-11-1997
			DE	69031588 T	05-03-1998
			HK	1003144 A	09-10-1998
			JP	4211204 A	03-08-1992
			KR	123893 B	01-12-1997
			US	5177354 A	05-01-1993
EP 0681172	A	08-11-1995	JP	8021783 A	23-01-1996
			US	5724126 A	03-03-1998
EP 0553460	A	04-08-1993	US	5227623 A	13-07-1993
			DE	69215071 D	12-12-1996
			DE	69215071 T	30-04-1997
			JP	5273082 A	22-10-1993