



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 696 34 611 T2 2006.03.02

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 878 079 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 696 34 611.7

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/SE96/00794

(96) Europäisches Aktenzeichen: 96 922 318.9

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 97/001907

(86) PCT-Anmeldetag: 18.06.1996

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 16.01.1997

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 18.11.1998

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 13.04.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 02.03.2006

(51) Int Cl.⁸: H04L 12/437 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

H04L 1/22 (2006.01)

H04J 3/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9502310 26.06.1995 SE

9503573 12.10.1995 SE

(73) Patentinhaber:

Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ),
Stockholm, SE

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

MERLI, Stefano, I-00179 Rome, IT; TESTA,
Francesco, I-00040 Pomezia, IT; NORBIATO,
Renato, I-00042 Anzio, IT; ANDREOZZI, Paolo,
I-00155 Rome, IT

(54) Bezeichnung: SELBSTHEILENDES NETZWERK

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET FÜR DIE ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren für ein Kommunikationsnetz und insbesondere für ein selbstheilendes Netz.

BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0002] In einer herkömmlichen selbstheilenden Ring-Architektur, Synchronous Digital Hierarchy SDH (Synchrone Digitale Hierarchie) oder Synchronous Optical Network SONET (synchronisches optisches Netz), wird unter Verwendung eines Zufüge/Absetz-Multiplexers (ADM) die optische Faser nur als eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung verwendet, und eine optische/elektrische Umwandlung wird an jedem Knoten betrieben. In solch einem Ring ergibt sich ein Engpass durch die Geschwindigkeit der verarbeitenden Elektronik, und die gemeinsame Nutzung der Bandbreite als Eigenschaft dieser Architektur führt zu einer Beschränkung der Netzkapazität.

[0003] In dem Artikel "Self-Healing Ring Network Architecture Using WDM for Growth", ECOC 92, Tu P1.16, von Aly Elrefaie, wird ein selbstheilendes Ringnetz vorgeschlagen. Es wird mittels eines 2-Faser WDM Ringnetzes beschrieben, wobei N-1 lokale Einrichtungen einen Verkehr abgeben, der durch einen einzelnen Knoten bedient wird. Eine Übertragung auf beiden Faserringen ist identisch, mit Ausnahme der Ausbreitungsrichtung; die entgegengesetzt sich ausbreitenden Signale erleichtern die Netzüberlebensfähigkeit während einer Kabelunterbrechung. Jedem der N-1 lokalen Einrichtungen wird eine eindeutige Wellenlänge für eine Übertragung zu dem Knoten und einem Empfang von dem Knoten zugewiesen.

[0004] In der PCT-Anmeldung WO 93/00756, von Sandesara, wird ein selbstheilendes bidirektionales logisches Ringnetz mit Querverbindungsknoten beschrieben. Das Netz ist in unabhängige Segmente unterteilt. Jedes Segment besteht aus zwei oder mehr Knoten, miteinander mit zwei Übertragungsverbindungen verbunden, die in unterschiedlichen Richtungen betrieben werden. Wenn ein Fehler auftritt, hält eine Quervermittlung ein vorab gewähltes Muster von Verbindungen zwischen Segmenten.

[0005] In der oben beschriebenen PCT-Anmeldung Wo 93/00756 wird ein unidirektionales selbstheilendes Netz beschrieben. Zusätzlich zur Übertragungsverbindung gibt es hier auch eine Ersatzverbindung. Das übertragene Signal wird verdoppelt, und verläuft in beiden Verbindungen zum gleichen Zeitpunkt. Der Zielknoten wählt dann das bessere der zwei Signale aus. Es wird auch erwähnt, dass die Signalstruktur in vormalig bekannten uni- und bidirektionalen Netzen

aus einer vorgegebenen Anzahl von unter-ratigen gemultiplexten Kanälen besteht, die mit einer festgelegten Rate betrieben werden.

[0006] In dem US-Patent US 5,003,531 wird ein Daten-Kommunikationsnetz mit einer Abfolge von Knoten beschrieben, die mittels optischer Faserverbindungen verbunden sind, welche eine direkte bidirektionale Kommunikation zwischen benachbarten Knoten bereitstellen. In dem US-patent müssen Kopfknoten und Endknoten vorab definiert werden. Dieses trägt zu einer Komplexität im Netz-Managementsystem bei, das wissen muss, ob ein Knoten ein transenter Knoten ist, ein Kopfknoten oder ein Endknoten. Aus der US-A-5159595, der US-A-4633246, der FR-A-2617354, und aus IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATION CONFERENCE, Volume 3, und aus IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Volume 40, ist ein Kommunikationsnetzsystem mit Knoten bekannt, wobei jeder Knoten eine Steuereinrichtung zum Steuern des Knotens in einem der folgenden Moden umfasst:

- Einem Normalmodus, bei dem ein optischer Verkehr durch einen Arbeitsring übertragen wird.
- Einem Kopfmodus, in dem ein Verkehr durch den Arbeitsring zurück in einen Schutzring umgeleitet wird.
- Einen Endmodus, bei dem ein optischer Verkehr durch einen Schutzring zurück in den Arbeitsring umgeleitet wird.

ZUSAMMENFASSUNG

[0007] Diese Erfindung berücksichtigt das Problem, dass es eine lange Zeit benötigt zwischen einem Erfassen eines Fehlers und einem Umleiten des Verkehrs in einem Kommunikationsnetz, insbesondere in einem selbstheilenden Ringnetz. Diese Erfindung betrachtet auch das Problem, dass eine überaus große Verkehrsmenge und Daten verloren gehen können, wenn ein Fehler auftritt, und der Verkehr im Kommunikationsnetz umgeleitet werden muss.

[0008] In Übereinstimmung mit dieser Erfindung kann ein Kommunikationsknoten in einem Kommunikationsnetz den Fehler leicht und schnell erkennen, dadurch dass die Erfassung im Knoten selbst stattfindet. Darüber hinaus ist der Knoten in der Lage, einen Fehler im Netz zu erfassen, der in der unmittelbaren Umgebung dieses Knotens auftritt. Bei Erfassung eines Fehlers kann der Knoten einen Verkehr schnell umleiten und wird zusätzlich von einem aktiven Betriebszustand in einen Schutzzustand übergehen. Nach einer Fehlererfassung wird der Knoten sich selbst heilen, wiederherstellen, und automatisch in den Betriebszustand zurückkehren.

[0009] Der Zweck der Erfindung ist es, ein selbstheilendes Netz zu erhalten, in dem die Knoten sich schnell selbst heilen können.

[0010] Ein weiteres Ziel ist es, dass die Knoten kein Netzmanagement für das Heilen benötigen.

[0011] Ein Vorteil liegt darin, dass der Knoten beliebige der Wellenlängen für den lokalen Verkehr Zufügung/absetzen kann, und andere durchführen kann.

[0012] Ein weiterer Vorteil ist es, dass, falls ein Kabel durchtrennt oder unterbrochen wird, der gesamte Verkehr schnell durch den Knoten selbst umgeleitet werden kann, und eine Wiederherstellung innerhalb des lokalen Knotensteuersystems stattfindet, ohne ein Netzmanagement einzubeziehen.

[0013] Noch ein weiterer Vorteil ist es, dass diese Erfindung die für ein Wiederherstellen des Netzes erforderliche Zeit verkürzt.

[0014] Ein weiterer Vorteil ist es, dass eine Netz-Wiederherstellung schnell ist, um einen Dienst mit hoher Qualität bereitzustellen.

[0015] Diese Erfindung mit Hilfe der bevorzugten Ausführungsform zur Durchführung der Erfindung dargestellt, gekennzeichnet durch die kennzeichnenden Merkmale, die in den angefügten Ansprüchen ausgeführt sind.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] [Fig. 1a](#) zeigt ein Kommunikationsnetzsystem.

[0017] [Fig. 1b](#) zeigt ein Kommunikationsnetzsystem mit durchtrennten Verbindungen.

[0018] [Fig. 1c](#) zeigt ein Kommunikationsnetzsystem mit einem Knotenausfall.

[0019] [Fig. 2](#) zeigt eine detaillierte Knotenstruktur.

[0020] [Fig. 3](#) zeigt einen detaillierten Kopfknoten und einen Endknoten.

[0021] [Fig. 4](#) zeigt eine modifizierte Knotenstruktur.

[0022] [Fig. 5a](#) zeigt ein Bus-Kommunikationsnetzsystem.

[0023] [Fig. 5b](#) zeigt ein Bus-Kommunikationsnetzsystem mit unterbrochenen Verbindungen.

[0024] [Fig. 6](#) zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren für einen Knoten in einem Betriebszustand, dass dieser zu einem Kopfknoten wird.

[0025] [Fig. 7](#) zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens für einen Knoten in einem Schutzzustand, dass dieser zu einem normalen Knoten wird.

[0026] [Fig. 8](#) zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren für einen Knoten in einem Betriebszustand, dass dieser zu einem Endknoten wird.

[0027] [Fig. 9](#) zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren für einen Knoten in einem Schutzzustand, dass er zu einem normalen Knoten wird.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0028] [Fig. 1a](#) zeigt eine schematische Ansicht eines Kommunikationsringnetzes 100, in dem die vorliegende Erfindung implementiert werden kann. Das Netz 100 weist eine Anzahl von N Knoten 102–108 auf, die miteinander mittels Übertragungsverbindungen, beispielsweise optischen Verbindungen 110, verbunden sind. N steht für mindestens drei, was bedeutet, dass das Netz 100 mindestens aus drei Knoten besteht. Die Übertragungsverbindungen 110 bestehen aus; einer ersten Übertragungsverbindung oder einem Arbeitsring 112, und einer zweiten Übertragungsverbindung oder einem Schutzring 114. Der Arbeitsring 112 führt einen Verkehr in einer Übertragungsrichtung, in der Figur im Uhrzeigersinn. Der Schutzring 114 führt einen Verkehr in der entgegengesetzten Übertragungsrichtung, in der Figur gegen den Uhrzeigersinn. Der Verkehr kann beispielsweise elektrische, optische Energie oder Wellenlängenkanäle umfassen. Falls Wellenlängenkanäle verwendet werden, gibt es M optische Kanäle, die übertragen werden, wobei M weniger, gleich oder größer als N Knoten sein kann. [Fig. 1a](#) zeigt ebenso das Kommunikationsnetz 100 in seinem normalen Arbeitszustand, wobei die M optischen Kanäle in einer Richtung über den Arbeitsring 112 übertragen werden, zusammen durch einen optischen Verstärker mit spontaner Emission (ASE). Im Schutzring 114 ist es nur die ASE Leistung, die sich ausbreitete, in der entgegengesetzten Richtung zum Arbeitsring 112. Dieses Kommunikationsnetz 100 kann ein selbstheilendes Wellenlängen-Unterteilungs-Multiplex-Ring-Kommunikationsnetz 100 (Wavelength Division Multiplex Selfhealing Bus Communication Network) sein, wie in [Fig. 1a](#). Andere Arten von Netzen sind beispielsweise, Wavelength Division Multiplex (WDM, Wellenlängen-Unterteilungs-Multiplex) Netze, die hier nicht gezeigt sind, und könnten auch als Kommunikationsnetzsystem verwendet werden. Jeder Knoten 102–108 im Kommunikationsnetz 100 kann aus einem optischen Zufügen/Absetz-Multiplexer 118, OADM, bestehen, welcher dazu in der Lage ist, Wellenlängenkanäle oder für den Knoten bestimmten Verkehr, d.h. lokalen Verkehr, hinzuzufügen/abzusetzen, und anderen hindurchzuführen. Einige Wellenlängenkanäle können für einen Knoten bestimmt sein, andere Wellenlängenkanäle werden hindurchgeführt und gehen zum nächsten Knoten im Arbeitsring 112.

[0029] [Fig. 1b](#) zeigt das Kommunikationsnetz 100 mit einem Verbindungsfehler, z.B. einer Kabeldurchtrennung, zwischen dem Knoten 102 und Knoten 104. Schutzmaßnahmen wurden innerhalb der Knoten 102 und 104 selbst ergriffen, ohne Einbeziehung eines Netz-Managementsystems 116, welches lediglich über Fehlerereignisse informiert wird. Sie Schutzmaßnahmen werden durch den Knoten unter Verwendung einer Elektronik in Kombination mit einem Signal An/Aus im Knoten selbst an den Arbeits-Schutzringen 112, 114 erreicht. Der Knoten 102 erfasst selbst einen Verbindungsfehler, beispielsweise ein Auftreten einer Kabeldurchtrennung, und wird automatisch selbst den Fehler auf dem Arbeitsring 112 in Richtung des Schutzrings 114 umleiten. Der gesamte den Knoten 102 verlassende Verkehr wird zurück in den Schutzring 114 geführt und dann tritt der Endknoten auf. Der Knoten 104 erfasst ebenso selbst ein Auftreten eines Verbindungsfehlers, z.B. einer Kabeldurchtrennung, und wird selbst automatisch Verkehr vom Schutzring 114 in Richtung des Arbeitsrings 112 umleiten. Der gesamte den Knoten 104 verlassende Verkehr wird dann zurück in den Arbeitsring 112 geführt, und ein Kopfknoten entsteht. Die Knoten 106 und 108 werden als Transitknoten arbeiten, was bedeutet, dass Wellenlängenkanäle, die normalerweise nur auf dem Arbeitsring 112 übertragen werden, auch auf den Schutzring 114 übertragen werden, jedoch die Knoten 106 und 108 lediglich passieren, ohne irgendwelche Wellenlängenkanäle hinzuzufügen/abzusetzen. Wenn die übertragenen Wellenlängenkanäle zurück zum Knoten auf dem Arbeitsring 112 zurückkehren, funktioniert ein Zufügen/Absetzen von Kanälen normal an jedem Knoten.

[0030] Es gibt praktisch mindestens zwei Arten von Verbindungsfehlern, z.B. Kabeldurchtrennungen; einer tritt auf, wenn der Fehler, z.B. Kabeldurchtrennung nur im Arbeitsring 112 auftritt, und der andere liegt vor, wenn der Fehler, z.B. die Kabeldurchtrennung, nur im Schutzring 114 auftritt. Wenn der Fehler im Arbeitsring 112 auftritt, wird der erste Knoten 104 nach dem Fehler in Verkehrsrichtung im Uhrzeigersinn automatisch selbst seinen Betriebsmodus in den Kopfknoten ändern. Der letzte Knoten 102 vor dem Fehler in Verkehrsrichtung im Uhrzeigersinn wird automatisch selbst seinen Betriebsmodus in den Endknoten ändern. Im zweiten Fall, wenn ein Fehler, z.B. eine Kabeldurchtrennung, im Schutzring 114 auftritt, wird der letzte Knoten 102 vor dem Fehler in Verkehrsrichtung automatisch selbst seinen Betriebsmodus in den Endknoten ändern, und der erste Knoten 104 nach dem Fehler in Verkehrsrichtung wird automatisch selbst seinen Betriebsmodus in einem Kopfknoten ändern.

[0031] [Fig. 1c](#) zeigt das Kommunikationsnetz 100 mit einem Knotenfehler. Die gleiche Art von Rekonfiguration, d.h. Änderung des Betriebsmodus, wird auftreten, wie in [Fig. 1b](#), so dass ein Kopfknoten, der

Knoten 104, und ein Endknoten, der Knoten 108, eingerichtet sein werden. Weiter gibt es in diesem Fall einen Transitknoten 106 zwischen dem Kopfknoten 104 und dem Endknoten 108.

[0032] [Fig. 2](#) zeigt ein Blockdiagramm eines optischen Zufüge/Absetz-Multiplexknotens 200 gemäß der Erfindung, wobei der Knoten ein beliebiger der Knoten 102–108 in [Fig. 1](#) sein kann. Der Knoten 200 weist einen Arbeitsringeingang 202 auf, der mit einer ersten Lichtleitungseinrichtung verbunden ist, z.B. einer ersten ankommenden optischen Verbindung 210, die eine optische Faser sein kann. Der Arbeitsringeingang 202 ist mit einem ersten optischen Eingang 216 einer optischen Vermittlungseinrichtung verbunden, z.B. einem ersten optischen Schalter 214, die umgeschaltet werden kann, so dass sie entweder im Balken- oder Kreuzungszustand arbeitet. Eine zweite Lichtleitungseinrichtung, z.B. eine zweite ankommende optische Verbindung 220, die eine optische Faser sein kann, ist mit einem Schutzringeingang 208 des Knotens 200 verbunden. Dieser Schutzringeingang 208 ist mit einem zweiten optischen Eingang 218 des ersten optischen Schalters 214 verbunden. Ein erster optischer Ausgang 230 des ersten optischen Schalters 214, welcher im Balkenzustand mit dem ersten optischen Eingang 216 verbunden ist, ist mit einem ersten optischen Eingang 228 eines optischen kanalselektiven Schalters oder Wellenlängenselektiven Schalters 226 verbunden, der ebenso entweder in einem Balken- oder Kreuzungszustand arbeitet. Der erste optische Eingang 228 des kanalselektiven Schalters 226 ist mit einem ersten optischen Ausgang 244 des kanal-selektiven Schalters 226 im Balkenzustand verbunden. Dieser erste optische Ausgang 224 ist optisch mit einem Eingang 242 auf einem Leitungsanschluss 274 verbunden, der dem Knoten zugeordnet ist. Ein Ausgang 246 auf dem Leitungsanschluss 274 ist optisch mit einem zweiten Eingang 248 des kanalselektiven Schalters 226 verbunden. Dieser zweite Eingang 248 ist in einem Balkenzustand mit einem zweiten optischen Ausgang 236 des kanalselektiven Schalters 226 verbunden, wobei der zweite optische Ausgang 236 optisch mit einem ersten Eingang 234 einer optischen Schalteinrichtung, z.B. einem zweiten optischen Schalter 232, verbunden ist. Der zweite optische Schalter 232 kann in einem Balken- und Kreuzungszustand arbeiten. Ein zweiter Eingang 238 des zweiten optischen Schalters 232 ist mit einem zweiten Ausgang 240 des ersten optischen Schalters 214 verbunden, wobei der zweite Ausgang 240 mit dem zweiten Eingang 218 in einem Balkenzustand verbunden ist.

[0033] Ein erster Ausgang 250 des zweiten optischen Schalters 232, der in einem Balkenzustand mit dem ersten Eingang 234 gekoppelt ist, ist mit einem optischen Verstärker 260 verbunden, der wiederum mit einem ersten optischen Unterbrechungsschalter 264 verbunden ist. Der Schalter 264 ist mit einem Ar-

beitsringausgang **206** im Knoten **200** verbunden. Der Arbeitsringausgang **206** ist mit einer dritten Licht-Weiterleitungseinrichtung **270** verbunden. Ein zweiter Ausgang **252** des zweiten optischen Schalters **232**, der im Balkenzustand mit dem zweiten Eingang **238** verbunden ist, ist mit einem zweiten optischen Verstärker **262** verbunden, der seinerseits mit einem zweiten optischen Unterbrechungsschalter **266** verbunden ist. Der zweite Unterbrechungsschalter **266** ist mit einem Schutzringausgang **206** im Knoten **200** verbunden, welcher mit einer vierten Licht-Weiterleitungseinrichtung **272** verbunden ist.

[0034] Eine erste Eingangsverbindungs-Überwachungseinrichtung, z.B. ein erster Fehler-Überwacher **222** ist optisch mit dem ersten Eingang **216** des ersten optischen Schalters **214** verbunden. Eine zweite Eingangsverbindungs-Überwachungseinrichtung, z.B. ein zweiter Fehler-Überwacher **226**, ist optisch mit dem zweiten Eingang **218** des ersten optischen Schalters **214** verbunden. Ein erster Leistungserfassungs-Überwacher **254** ist optisch mit dem ersten Ausgang **250** des zweiten optischen Schalters **232** verbunden, und ein zweiter Leistungserfassungs-Überwacher **256** ist optisch mit dem zweiten Ausgang **252** des zweiten optischen Schalters **232** verbunden. Die Fehlerüberwacher **222** und **224**, die Verstärker **260** und **262**, und auch die Leistungserfassungs-Überwacher **254** und **256** sind elektrisch mit einer Steuereinrichtung oder einer lokalen Steuereinheit **258** verbunden. Die Einheit **258** steuert den ersten und zweiten optischen Schalter **214** und **232**, den selektiven Wellenlängenschalter **226** und den ersten und zweiten Unterbrechungsschalter **264** und **266**. Die lokale Steuereinheit **258** ist mit einer Netzmanagement-Einrichtung verbunden, dem sogenannten Netzmanagement-System **116**, welches außerhalb des Knotens **200** angeordnet ist. Das Netzmanagement-System ist entsprechend auch mit anderen Knoten verbunden.

[0035] Die erste Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **210**, die mit dem Arbeitsringeingang **202** des optischen Zufüge/Absetz-Multiplexknotens **200** verbunden ist, bildet die dritte Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **270**, verbunden mit dem Arbeitsringausgang **206**, einem Teil des Arbeitsrings **112**, vergleiche **Fig. 1**. In **Fig. 2** bildet die zweite Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **222**, die mit dem Schutzringeingang **208** des optischen Zufüge/Absetz-Multiplexer-knotens **200** verbunden ist, mit der vierten Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **272**, verbunden mit dem Schutzringausgang **204**, einen Teil des Schutzrings **114**, man vergleiche **Fig. 1b**.

[0036] Wenn der optische Zufüge/Absetz-Multiplexer-knoten **200** im normalen Arbeitszustand (**Fig. 1a**) ist, kommt eine Anzahl von M Wellenlängenkanälen in den Knoten **200** vom Arbeitsringeingang **202**, und sie erreichen den ersten Wellenlängen-selektiven

Schalter **226**, nachdem sie durch den ersten optischen Schalter **214** geführt wurden, welcher im Balkenzustand ist. Der Wellenlängen-selektive Schalter **226** führt das Wellenlängenkanal-Zufügen/Absetzen, d.h. den lokalen Verkehr, durch, und die Wellenlängenkanäle, die den Knoten **200** passieren. Der Wellenlängen-selektive Schalter **226** wählt die für den Knoten **200** bestimmten Wellenlängenkanäle aus und setzt diese ab, in Richtung des Leitungsanschlusses **274**, am Eingang **242** (Rx). Der Leitungsanschluss **274** umfasst einen mit dem Eingang **242** über eine Filtervorrichtung verbundenen optischen Empfänger, und einen mit dem Ausgang **246** verbundenen Transmitter. Der Leitungsanschluss **274** umfasst weiter eine Einrichtung zum Demodulieren des modulierten Lichtes (nicht gezeigt), und eine Einrichtung zum Umwandeln der Modulation in elektrische Signale (nicht gezeigt), und darüber hinaus eine Einrichtung zum Leiten dieser elektrischen Signale zu vorgesehenen Empfängern über elektrische Ausgänge. Der Leitungsanschluss **274** empfängt ebenso über einen elektrischen Eingang elektrische Signale, die Information enthalten, wobei die Signale zu einem Empfänger über das Netz **100** zu senden sind. Die elektrischen Signale werden in eine Lichtmodulation mit ausgewählter Wellenlänge umgewandelt, welche zum Transmitter für ein Hinzufügen ins Netz **100** gesendet wird. Das Netzmanagement-System **116** kommuniziert mit der lokalen Steuereinheit **258** über eine Standard-Schnittstelle. Die lokale Steuereinheit **258** steuert danach den Wellenlängen-selektiven Schalter **226**, um die angeforderte Auswahl zu erhalten. Der Wellenlängen-selektive Schalter **226** fügt neuen lokalen Verkehr hinzu, der vom Leitungsanschluss **274** kommt, am Ausgang **246** (Tx). Das Netzmanagement-System **116** kann anweisen, welche Wellenlängenkanäle zum Arbeitsring **112** hinzuzufügen sind. Der Wellenlängen-selektive Schalter **226** führt alle nicht für den Knoten bestimmten Wellenlängenkanäle vorbei und gleicht sie ab. Die hinzuzufügenden Wellenlängenkanäle und passierenden Wellenlängenkanäle, die vom Wellenlängen-selektiven Schalter **226** kommen, passieren durch den zweiten optischen Schalter im Balkenzustand, durch den optischen Verstärker **260** (beispielsweise einen Erbium-dotierten Faserverstärker, EDFA), um durch den optischen Unterbrechungsschalter **264** verstärkt zu werden, um auf den Arbeitsringausgang **206** gesetzt zu werden, um den folgenden OADM Knoten zu erreichen. Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist der Schutzringeingang **208** mit dem Schutzringausgang **204** verbunden, was erhalten wird, indem die zweiten optischen Schalter **214** und **232** beide im Balkenzustand sind. Dieses ermöglicht es irgendeiner in den Knoten-Schutzringeingang **208** ankommenden optischen Leistung, dass sie einfach durch den zweiten optischen Verstärker **262** verstärkt wird, und zum Schutzringausgang **204** übertragen wird.

[0037] Die in den optischen Zufüge/Absetz-Multip-

lexknoten **200** kommenden Wellenlängenkanäle können unterschiedliche Leistungspegel aufweisen, und um eine unausgeglichene Kanalleistung durch das Netz **100** zu vermeiden, wird ein Leistungsabgleich von Wellenlängenkanälen in jedem Knoten **200** benötigt. Um solch eine Funktion zu erreichen, wird durch den Leistungserfassungs-Überwacher **254**, welcher die optischen Leistungspegel misst, ein Anteil der ausgehenden optischen Leistung abgeführt. Die optischen Leistungspegel werden zur lokalen Steuereinheit **258** gesendet, welche Dämpfungswerte für jeden Wellenlängenkanal berechnet, um den Abgleich zu erreichen. Die lokale Steuereinheit **258** sendet die Dämpfungswerte zu dem Wellenlängen-selektiven Schalter **226**, der diese selektiv an die jeweiligen Kanäle anlegt.

[0038] Diese Erfindung betrifft ein Netzfehler-Wiederherstellen durch Knoten, wenn eine Verbindung zwischen zwei Knoten fehlerhaft ist, beispielsweise zwischen den Knoten **102** und **104**, siehe [Fig. 1b](#).

[0039] Ein erstes Fehlerereignis könnte es sein, wenn sowohl der Arbeitsring **112** als auch der Schutzring **114** fehlerhaft ist. Das Kommunikationsnetz **110** wird dann mit der Hilfe der Knoten **102** und **104** sich rekonfigurieren, indem diese sich selbst in den Kopfknotenmodus, [Fig. 1b](#), bzw. den Endknotenmodus umschalten.

[0040] Um einen Fehler zu erkennen, z.B. eine Unterbrechung, der ersten Übertragungsverbindung oder des Arbeitsrings **112**, ist der optische Zufüge/Absetz-Multiplexknoten **200** in [Fig. 2](#) mit dem ersten Fehlerüberwacher **222** ausgestattet, der eine kleine Menge der ankommenden optischen Leistung vom Arbeitsringeingang **202** abgreift. Dieses könnte die Leistung der Wellenlängenkanäle und/oder die ASE Leistung sein. Die lokale Steuereinheit **258** erhält Information vom ersten Fehlerüberwacher **222**, und falls irgendeine optische Leistung vorliegt, verbleibt der erste Fehlerüberwacher **222** in dem Arbeitszustand. Falls der Arbeitsring **112** fehlerhaft ist, und keine optische Leistung auf dem ersten Fehlerüberwacher **222** vorliegt, ändert er den Verkehr in den Schutzzustand. Die ASE Leistung kann immer noch im Schutzring **114** vorliegen. Eine Erfassung des Verkehrsverlustes durch den ersten Fehlerüberwacher **222** initiiert eine Re-Konfiguration des Knotens **200** durch die lokale Steuereinheit **258**. Der erste Fehler-Überwacher **222** oder die lokale Steuereinheit **258** wird in den Schutzzustand gesetzt. Nach einer Kenntnis einer Fehlererfassung durch den ersten Fehler-Überwacher **222** schaltet die lokale Steuereinheit **258** den ersten optischen Schalter **214** vom Balkenzustand in den Kreuzungszustand um. Der erste optische Schalter **214** im Kreuzungszustand bedeutet, dass der zweite optische Eingang **218** des ersten optischen Schalters **214** und der erste optische Ausgang **230** des ersten optischen Schalters

214 miteinander verbunden sind. Das bedeutet, dass die ASE Leistung und/oder der Verkehr auf dem Schutzring **114** zum Arbeitsring **112** umgeleitet wird. Die lokale Steuereinheit **258** wird ebenso den zweiten Unterbrechungsschalter **266** öffnen, so dass weder Verkehr noch ASE Leistung zum Schutzringausgang **204** nach einem Umwechseln geliefert werden kann. Der Knoten **200** ist nun in den Kopfknotenmodus wie in [Fig. 1b](#) eingetreten. Die lokale Steuereinheit **258** kommuniziert mit dem Netzmanagement-System **116** und teilt mit, dass der Knoten **104** ein Kopfknoten wurde.

[0041] Ein Prozess zum Wiederherstellen eines Kopfknotens vom Schutzzustand in den Arbeitszustand wird durch das Netzmanagement-System **116** initiiert, welches mit der lokalen Steuereinheit **258** kommuniziert, für die Wiederherstellungsprozedur vom Kopfknoten. Die lokale Steuereinheit **258** schließt dann den zweiten Unterbrechungsschalter **266** und schaltet den zweiten optischen Verstärker **262** an, so dass optische Leistung den vorhergehenden Knoten in Verkehrsverteilung (den Endknoten) erreichen kann, falls die Verbindung fehlerfrei ist, z.B. falls die optische Faser nicht unterbrochen ist. Die lokale Steuereinheit **258** überprüft, ob der erste Fehlerüberwacher **222** irgendeine optische Leistung vom Arbeitsringeingang **202** erfasst. Diese Leistung könnte die der Wellenlängenkanäle und/oder die ASE Leistung sein. Falls der erste Fehler-Überwacher **222** optische Leistung erfasst, wird der Knoten in den Arbeitszustand übergehen. Der erste Fehlerüberwacher **222** oder die lokale Steuereinheit **258** wird in den Arbeitszustand gesetzt. Die lokale Steuereinheit **258** schaltet den ersten optischen Schalter **214** vom Kreuzungszustand in den Balkenzustand um, so dass der Verkehr vom Arbeitsringeingang **202** empfangen werden kann. Der Verkehr kann nun durch den Arbeitsringeingang **202** zum Arbeitsringausgang **206** verlaufen, was bedeutet, dass der Verkehr auf dem Arbeitsring **112** zurück ist. ASE Leistung vom Schutzringeingang **202** zum Schutzringausgang **208**. Die lokale Steuereinheit **258** informiert das Netzmanagement-System **116**, dass der Knoten **104** zurück im Arbeitszustand ist. Falls der erste Fehlerüberwacher **222** keine optische Leistung erfasst, wird er im Schutzzustand verbleiben. Nach einer bestimmten Zeit, beispielsweise 500 ms, schaltet die lokale Steuereinheit **258** den zweiten optischen Verstärker **262** aus, öffnet den zweiten Unterbrechungsschalter **266**, und die Wiederherstellungsprozedur wird abgebrochen. Die lokale Steuereinheit **258** informiert das Netzmanagement-System **116**, dass die Wiederherstellung des Knotens **114** abgebrochen wurde.

[0042] Um einen Fehler zu erfassen, z.B. eine Unterbrechung der zweiten Übertragungsverbindung oder des Schutzzring **112**, ist der optische Zufüge/Absetz-Multiplexknoten **200** in [Fig. 2](#) mit dem zweiten Fehlerüberwacher **224** ausgestattet, der eine

kleine Menge der ankommenden optischen Leistung vom Schutzringeingang **208** abgreift. Dieses könnte die ASE Leistung und/oder die Wellenlängenkanäle sein. Die lokale Steuereinheit **258** erlangt Information vom zweiten Fehlerüberwacher **224**, und falls irgendwelche optische Leistung vorliegt, verbleibt der zweite Fehlerüberwacher **224** im Arbeitszustand. Falls der Schutzring **114** fehlerhaft ist und keine optische Leistung auf dem zweiten Fehlerüberwacher **224** vorliegt, ändert er Verkehr um in den Schutzzustand. Die ASE Leistung kann immer noch im Arbeitsring **112** vorliegen. Irgendeine Erfassung des Verlustes von ASE Leistung oder Verkehr durch den zweiten Fehlerüberwacher **224** initiiert eine Rekonfigurierung des Knotens **200** durch die lokale Steuereinheit **258**. Der zweite Fehlerüberwacher **224** oder die lokale Steuereinheit **258** wird in den Schutzzustand gesetzt. Nach einer Kenntnis einer Fehlererfassung durch den zweiten Fehlerüberwacher **224** schaltet die lokale Steuereinheit **258** den zweiten optischen Schalter **232** vom Balkenzustand in den Kreuzungszustand um. Der zweite optische Schalter **232** im Kreuzungszustand bedeutet, dass der erste optische Eingang **234** des zweiten optischen Schalters **232** und der zweite optische Ausgang **252** des zweiten optischen Schalters **232** miteinander verbunden sind. Dies bedeutet, dass der Verkehr auf dem Arbeitsring **112** in den Schutzring **114** umgeleitet wird.

[0043] Die lokale Steuereinheit **258** wird zudem den ersten Unterbrechungsschalter **264** öffnen, so dass weder Verkehr noch ASE Leistung zum Arbeitsringausgang **202** nach der Umänderung geliefert werden kann. Der Knoten **200** ist nur in den Endknotenmodus wie in [Fig. 1b](#) eingetreten. Die lokale Steuereinheit **258** kommuniziert mit dem Netzmanagement-System und informiert das Netzmanagement-System **116**, dass der Knoten **102** zum Endknoten wurde.

[0044] Ein Prozess zum Wiederherstellen eines Endknotens vom Schutzzustand in den Arbeitszustand wird durch das Netzmanagement-System **116** initiiert, das mit der lokalen Steuereinheit **258** kommuniziert, für die Wiederherstellungsprozedur vom Endknoten. Die lokale Steuereinheit **258** schließt dann den ersten Unterbrechungsschalter **264** und schaltet den ersten optischen Verstärker **260** an, so dass optische Leistung den nachfolgenden Knoten nach einer Verkehrsumleitung (den Kopfknoten) erreichen kann, falls die Verbindung fehlerfrei ist, z.B. die optische Faser ununterbrochen ist. Die lokale Steuereinheit **258** überprüft dann, ob der zweite Fehlerüberwacher **224** irgendwelche optische Leistung vom Schutzringeingang **208** erfasst. Diese Leistung könnten die Wellenlängenkanäle und/oder ASE Leistung sein. Falls der zweite Fehlerüberwacher **224** optische Leistung erfasst, wird der Knoten zurück in den Arbeitszustand gehen. Der zweite Fehlerüberwacher **224** oder die lokale Steuereinheit **258** wird in den Arbeitszustand gesetzt. Die lokale Steuereinheit **258**

schaltet den zweiten optischen Schalter **232** vom Kreuzungszustand in den Balkenzustand, so dass Verkehr zum Arbeitsringausgang **206** zurückkehren kann. Dieser Verkehr kann nun durch den Arbeitsringeingang **202** zum Arbeitsringausgang **206** treten, was bedeutet, dass der Verkehr am Arbeitsring **112** zurück ist. ASE Leistung vom Schutzringeingang **204** zum Schutzringausgang **208**. Die lokale Steuereinheit **258** informiert das Netzmanagement-System **116**, dass der Knoten **102** in den Arbeitszustand zurückgekehrt ist. Falls der zweite Fehlerüberwacher **224** keine optische Leistung erfasst, wird er im Schutzzustand verbleiben. Nach einem bestimmten Zeitraum, beispielsweise 500 ms, schaltet die lokale Steuereinheit **258** den ersten optischen Verstärker **260** aus, öffnet den ersten Unterbrechungsschalter **264**, und die Wiederherstellungsprozedur wird beendet. Die lokale Steuereinheit **258** informiert das Netzmanagement-System **116**, dass die Wiederherstellung des Knotens **102** beendet wurde.

[0045] Trotz des Verbindungsfehlers zwischen dem Knoten **102** und dem Knoten **104** wird kein Verkehr verloren. Der Verkehr wird zwischen dem Kopfknoten **104** und dem Endknoten **102** im Kommunikationsnetz **100** verlaufen, diese erfassen immer noch optische Energie, d.h. Signale an beiden Fehlerüberwachern **222**, **224**, [Fig. 2](#), unter Aufrechterhaltung der normalen Konfiguration. Dieses ermöglicht es dem Netz **100**, die normalen Funktionen für den Arbeitsring **112** aufrecht zu erhalten. Der Endknoten **108** leitet kurzfristig alle Wellenlängenkanäle vom Arbeitsringeingang **202** zum Schutzringausgang **204** um. Der Kopfknoten **104** leitet kurzfristig alle Wellenlängenkanäle vom Schutzringeingang **208** zum Arbeitsringausgang **206** um. Die Verkehrsumleitung durch den Endknoten zum Schutzring **114** erreicht den Kopfknoten, welcher zurück zum Arbeitsring **112** leitet, und eine Schleife wird gebildet. Es könnte mindestens ein Knoten zwischen dem Kopf- und Endknoten sein, in diesem Fall arbeiten diese als Transitknoten **106**, **108**. Die Transitknoten **106**, **108** sind lediglich Knoten, die nicht Kopf- oder Endknoten sind. Diese können Wellenlängenkanäle hinzufügen/absetzen, Wellenlängenkanäle auf dem Arbeitsring **112** und/oder dem Schutzring **114** vorbeileiten.

[0046] In [Fig. 3a](#) könnte es ein zweites Fehlerereignis sein, wenn nur der Arbeitsring **112** fehlerhaft ist. Falls der Arbeitsring **112** fehlerhaft ist, z.B. unterbrochen, erfasst der erste Fehler-Überwacher **222** den Signalverlust und beginnt die Knoten **104** Rekonfiguration in den Kopfknoten, siehe erstes Fehlerereignis, welches den zweiten Unterbrechungsschalter **266** öffnet. Dieses bewirkt den Signalverlust am zweiten Fehlerüberwacher **224** des vorhergehenden Knotens **102**, der dann die Rekonfiguration des Knotens **102** in den Endknoten beginnt, siehe erstes Fehlerereignis, welches den ersten Unterbrechungsschalter **264** öffnet.

[0047] In [Fig. 3b](#) könnte es ein drittes Fehlerereignis sein, wenn nur der Schutzring **114** fehlerhaft ist. Falls der Schutzring **114** fehlerhaft wird, z.B. unterbrochen, würden die individuellen Knoten-Wiederherstellungsmaßnahmen die gleichen sein, jedoch in umgekehrter Ordnung hinsichtlich der Abfolge, im Vergleich zum zweiten Fehlerereignis. Das bedeutet, dass zuerst der Endknoten und dann der Kopfknoten auftritt, unter Annahme der gleichen Knotenzustände und Kommunikationspfade wie im ersten Fehlerereignis.

[0048] Diese Erfindung betrifft auch eine Fehlerbehebung, wenn ein Knoten, z.B. **102**, fehlerhaft wird, [Fig. 1c](#), mit den gleichen Prozeduren wie beim ersten Fehlerereignis. Der Unterschied ist es, dass unterschiedliche Knoten zum Kopfknoten und Endknoten werden. In diesem Fehlerereignis wird der Knoten **104** zum Kopfknoten **104**, siehe erstes Fehlerereignis, und der Knoten **108** wird zum Endknoten **108**, siehe erstes Fehlerereignis. Der fehlerhafte Knoten **102** wird von den anderen in [Fig. 1c](#) isoliert.

[0049] Der Prozess zur Behebung irgendwelcher Fehlerereignisse, oben beschrieben, wird auf die gleiche Weise durchgeführt, wie bei der Wiederherstellung des Kopfknotens vom Schutzzustand, und eines Wiederherstellens des Endknotens vom Schutzzustand.

[0050] [Fig. 4](#) zeigt ein Blockdiagramm eines alternativen Knotens **400**, der als Kopfknoten und/oder Endknoten arbeiten kann. Der alternative Knoten **400** kann ein beliebiger der Knoten **102–108** in [Fig. 1](#) sein, in Übereinstimmung mit der Erfindung. Der alternative Knoten **400** weist den Arbeitsringeingang **202** auf, verbunden mit der ersten Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **210**, z.B. einer optischen Faser. Der Arbeitsringeingang **202** ist mit einem ersten optischen Eingang **404** eines optischen Schalters oder einer optischen Schaltereinrichtung **402** verbunden, welche zum Betrieb in einem beispielsweise Balkenzustand, ersten Kreuzungszustand und/oder zweiten Kreuzungszustand geschaltet werden kann. Die zweite Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **220**, die ebenso eine optische Faser sein könnte, ist mit dem Schutzringeingang **208** des Knotens **400** verbunden. Dieser Schutzringeingang **208** ist mit einem zweiten optischen Eingang **406** des optischen Schalters **402** verbunden. Ein erster optischer Ausgang **408** des optischen Schalters **402**, welcher in einem Balkenzustand mit dem ersten optischen Eingang **404** verbunden ist, ist mit dem ersten optischen Unterbrechungsschalter **264** verbunden. Die dritte Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **270** ist mit dem Arbeitsringausgang **206** verbunden, welcher mit dem ersten optischen Unterbrechungsschalter **264** verbunden ist. Ein zweiter optischer Ausgang **410** des optischen Schalters **402**, welcher im Balkenzustand mit dem zweiten optischen Eingang **406** verbunden ist, ist mit

dem zweiten optischen Unterbrechungsschalter **266** verbunden. Die vierte Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **272** ist mit dem Schutzringausgang **204** verbunden, welcher mit dem zweiten optischen Unterbrechungsschalter **266** verbunden ist. Der erste Fehlerüberwacher **222** ist optisch mit dem ersten Eingang **404** des optischen Schalters **402** verbunden. Der zweite Fehlerüberwacher **224** ist optisch mit dem zweiten Eingang **406** des optischen Schalters **402** verbunden. Die Fehlerüberwacher **222, 224** und der optische Schalter **402** sind elektrisch mit der Steuereinrichtung oder lokalen Steuereinheit **258** verbunden, welche den ersten und zweiten Unterbrechungsschalter **264** und **266** steuert. Die lokale Steuereinheit **258** ist mit der Netzmanagement-Einrichtung oder dem Netzmanagement-System **116** verbunden, angeordnet außerhalb des Knotens. Das Netzmanagement-System **116** ist entsprechend auch mit anderen Knoten verbunden.

[0051] Wenn der alternative Knoten **400** im Arbeitszustand ist, wie in [Fig. 1a](#) gezeigt, kommt die Anzahl von M Wellenlängenkanälen in den Knoten **400** vom Arbeitsringeingang **202**, und diese treten hindurch zum optischen Schalter **402**, welcher im Balkenzustand befindlich ist. Die lokale Steuereinheit **258** steuert den optischen Schalter **402**, und kommuniziert mit dem Netzmanagement-System **116** über eine Standard-Schnittstelle. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, sind die erste Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **210** und der Arbeitsringeingang **202** mit der dritten Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **270** über den optischen Schalter **402** im Balkenzustand, den ersten Unterbrechungsschalter **264**, den Arbeitsringausgang **206** verbunden, und bildet einen Teil des Arbeitsrings **112**, [Fig. 1a](#). Wie ebenso in [Fig. 4](#) gezeigt ist, bilden die zweite Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **220**, und mit dem Schutzringeingang **208**, verbunden mit der zweiten Licht-Weiterleitungs-Einrichtung **220** über den optischen Schalter **402** im Balkenzustand, der zweite Balkenschalter **266** und der Schutzringausgang **204** einen Teil des Schutzzringes **114**, wie in [Fig. 1a](#) gezeigt.

[0052] Der alternative Knoten **400** kann entweder als Arbeitsknoten, oben beschrieben, arbeiten, als Kopfknoten, als Endknoten oder als Transitknoten.

[0053] Um einen Fehler zu erfassen, z.B. eine Unterbrechung, in der ersten Übertragungsverbindung oder im Arbeitsring, ist der Knoten **400** in [Fig. 4](#) mit dem ersten Fehlerüberwacher **222** ausgestattet. Der Überwacher **222** greift eine kleine Menge der optischen Leistung von dem Arbeitsringeingang **202** ab. Dieses könnten die Wellenlängenkanäle und/oder ASE Leistung sein. Die lokale Steuereinheit **258** erhält Information vom ersten Fehlerüberwacher **222**, und falls irgendwelche optische Leistung vorliegt, verbleibt der Fehlerüberwacher **222** im Arbeitszustand. Falls der Arbeitsring **112** fehlerhaft wurde, än-

dert sich der Fehler im Überwacher **222** in den Schutzzustand. Die ASE Leistung kann immer noch im Schutzring **114** vorliegen. Irgendeine Erfassung des Verkehrsverlustes durch den ersten Fehlerüberwacher **222** initiiert eine Re-Konfigurierung des Knotens **400** durch die lokale Steuereinheit **258**. Der erste Fehlerüberwacher **222** oder die lokale Steuereinheit **258** wird in einem Schutzzustand gesetzt. Nach einer Fehlererfassung schaltet die lokale Steuereinheit **258** den optischen Schalter **402** in den ersten Kreuzungszustand. Erster Kreuzungszustand bedeutet, dass der zweite Eingang **406** des optischen Schalters **402** und der erste Ausgang **408** des optischen Schalters **402** miteinander verbunden sind. Dies bedeutet, dass die ASE Leistung und/oder Verkehr im Schutzring **114** zum Arbeitsring **112** hinübergefaltet wird. Die lokale Steuereinheit **258** wird weiter den zweiten Unterbrechungsschalter **266** öffnen, so dass weder irgendein Verkehr noch irgendwelche ASE Leistung zum Schutzringausgang **204** nach dem Umschalten verlaufen kann. Der Knoten **400** ist nun zu einem Kopfknoten geworden. Die lokale Steuereinheit **258** kommuniziert mit dem Netzmanagement-System **116** und teilt mit, dass der Knoten **104** zum Kopfknoten wurde.

[0054] Ein Wiederherstellungsprozess des Kopfknotens wird auf die gleiche Weise wie vorhergehend beschrieben durchgeführt. Der Unterschied ist es, dass der optische Schalter **402** in den Balkenzustand zurückkehren wird, was bedeutet, dass der erste optische Eingang **404** des optischen Schalters **402** mit dem ersten optischen Ausgang **408** des optischen Schalters **402** verbunden ist.

[0055] Um einen Fehler zu erfassen, z.B. eine Unterbrechung der zweiten Übertragungsverbindung oder des Schutzrings, ist der Knoten **400** in [Fig. 4](#) mit dem zweiten Fehlerüberwacher **224** ausgestattet. Der Überwachung **224** greift eine kleine Menge der optischen Leistung vom Schutzringeingang **208** ab. Dieses könnte die ASE Leistung und/oder die Wellenlängenkanäle sein. Die lokale Steuereinheit **258** erhält Information vom zweiten Fehlerüberwacher **224**, und falls keine optische Leistung vorliegt, verbleibt der Fehlerüberwacher **224** im Arbeitszustand. Falls der Schutzring **114** fehlerhaft wurde, wechselt der Fehlerüberwacher **224** in den Schutzzustand über. Die ASE Leistung kann immer noch im Arbeitsring **112** vorliegen. Irgendeine Erfassung des Verlustes von Verkehr durch den zweiten Fehlerüberwacher **224** initiiert eine Rekonfigurierung des Knotens **400** durch die lokale Steuereinheit **258**. Der zweite Fehlerüberwacher **224** oder die lokale Steuereinheit **258** wird in den Schutzzustand gesetzt. Nach der Fehlererfassung schaltet die lokale Steuereinheit **258** den optischen Schalter **402** in den zweiten Kreuzungszustand. Der zweite Kreuzungszustand bedeutet, dass der erste Eingang **404** des optischen Schalters **402** und der zweite Ausgang **410** des optischen

Schalters **402** miteinander verbunden sind. Dieses bedeutet, dass Verkehr auf dem Arbeitsring **112** hinüber zum Schutzring **114** gefaltet wird. Die lokale Steuereinheit **258** wird weiter den ersten Unterbrechungsschalter **264** öffnen, so dass weder Verkehr noch ASE Leistung in den Arbeitsringausgang **202** nach einem Umwechseln hinübertreten kann. Der Knoten **404** wird zu einem Endknoten. Die lokale Steuereinheit **258** kommuniziert mit dem Netzmanagement-System **116** und informiert das Netzmanagement-System **116**, dass der Knoten **102** zum Endknoten wurde.

[0056] Ein Wiederherstellungsprozess des Kopfknotens wird auf die gleiche Weise wie vorhergehend beschrieben vorgenommen. Der einzige Unterschied ist es, dass der optische Schalter **402** in den Balkenzustand zurückkehren wird, was bedeutet, dass der zweite optische Eingang **406** des optischen Schalters **402** mit dem zweiten optischen Ausgang **410** des optischen Schalters **402** gekoppelt ist.

[0057] Der Knoten **400** kann gleichzeitig als Kopf- und Endknoten arbeiten. Der Unterschied von der obigen Beschreibung ist darin, dass der erste und zweite Unterbrechungsschalter **264** und **266** nicht geöffnet sind, wenn der Knoten **400** zum Kopf- und Endknoten wird. Verkehr vom Kopfknoten ist nicht in Konflikt mit dem Verkehr vom Endknoten aufgrund des optischen Schalters **402**, der die unterschiedlichen Verkehrsrichtungen voneinander trennt.

[0058] [Fig. 5a](#) zeigt eine schematische Ansicht eines alternativen Kommunikationsnetzes, eines Bus-Kommunikationsnetzes **500**, welches die vorliegende Erfindung beinhaltet. Das Bus-Kommunikationsnetz **500** weist die Anzahl von N Knoten **502–508** auf, die miteinander mittels Bus-Übertragungsverbindungen verbunden sind, z.B. optischen Bus-Verbindungen **510**. An einem Ende ist ein erster Knoten oder Startknoten **502**, der wie die Knoten **200** oder **400** ausgelegt sein kann, und am gegenüberliegenden Ende ist der N-te oder ein Endknoten **508**, der wie der Knoten **200** oder **400** ausgelegt sein kann. Die Bus-Übertragungsverbindungen **510** umfassen eine erste Bus-Übertragungsverbindung oder Arbeitsverbindung **512** und eine zweite Bus-Übertragungsverbindung oder Schutzverbindung **514**. Am Startknoten **502** ist die Arbeitsverbindung **512** in Kontakt mit der Schutzverbindung **514**, und der Knoten **502** arbeitet als Endknoten, siehe erstes Fehlerereignis. Am Endknoten **508** ist die Schutzverbindung **514** in Kontakt mit der Arbeitsverbindung **512** und der Knoten **508** arbeitet als Kopfknoten, siehe erstes Fehlerereignis. Das Bus-Kommunikationsnetz **500** besteht aus dem ersten Knoten **502**, dem Endknoten **508**, der Arbeitsverbindung **512** und der Schutzverbindung **514** miteinander. Das Busnetz **500** überträgt die Wellenlängenkanäle in einer Richtung durch die Arbeitsverbindung **512** und in der entgegengerichte-

ten Richtung durch die Schutzverbindung **514**. **Fig. 5a** zeigt auch das Bus-Kommunikationsnetz **500** im Arbeitszustand, was bedeutet, dass diese N-Wellenlängenkanäle zusammen mit einer ASE Leistung in einer Richtung durch die Arbeitsverbindung **512** auf die Schutzverbindung **514** verlaufen. Dieses Bus-Kommunikationsnetz **500** könnte auch ein selbstheilendes Wellenlängen-Unterteilungs-Multiplex-Bus-Kommunikationsnetz (Wavelength Division Multiplex Selfhealing Bus Communication Network) sein. andere Arten von Bus-Kommunikationsnetzen, die hier nicht gezeigt sind, könnten als Bus-Kommunikationsnetz verwendet werden. Jeder Knoten im Bus-Kommunikationsnetz **500** kann aus einem optischen Zufüge/Absetz-Multiplexer bestehen, der dazu in der Lage ist, Wellenlängenkanäle von für den Knoten bestimmten Verkehr hinzuzufügen/abzusetzen, d.h. lokalen Verkehr, und andere hindurchzuleiten. Andere Knoten, wie beispielsweise in **Fig. 4**, können als Kopfknoten, Endknoten oder Transitknoten verwendet werden. Das Bus-Kommunikationsnetz **500** arbeitet wie vorhergehend beschrieben.

[0059] **Fig. 5b** zeigt Beispiele von zweit Orten A und B, an denen Verbindungsfehler, z.B. Kabelunterbrechungen, auftreten könnten. Die Kabelunterbrechung könnte irgendwo im Bus-Kommunikationsnetz sein. Jeder Knoten nach einer Kabelunterbrechung wird als Kopfknoten arbeiten und jeder Knoten vor einer Kabelunterbrechung wird als Endknoten arbeiten, wie vorhergehend in Verbindung mit **Fig. 2** und **Fig. 4** beschrieben.

[0060] **Fig. 6** zeigt das Verfahren für einen Knoten, dass dieser Kopf zum Kopfknoten **104** wird, **Fig. 1b**, was vorhergehend in diesem Abschnitt beschrieben wurde. Die Hauptschritte sind wie folgt:

- Arbeitszustand, Block **600**
- Fehlerüberwacher **222** greift optisch Leistung ab, Block **602**
- Abgegriffene Information zur Steuereinheit **258**, Block **604**
- Irgendwelche optische Leistung im Fehlerüberwacher **222?**, Block **606**

[0061] Falls bei Frage bei Block **606** Nein vorliegt, werden die folgenden Hauptschritte ausgeführt:

- Knoten in Schutzzustand, Block **608**
- Optischer Schalter **214** in Kreuzungszustand, Block **610**
- Öffne Unterbrechungsschalter **266**, Block **612**
- Informiere Managementsystem **116**, das das Knoten ? Kopfknoten ist, Block **614**
- Schutzzustand (Kopfknoten), Block **616**

[0062] Falls bei Frage in Block **606** Ja vorliegt, wird der folgende Hauptschritt durchgeführt:

- Arbeitszustand, Block **620**

[0063] **Fig. 7** zeigt das Verfahren für einen Knoten

im Schutzzustand, und wie dieser zu einem Normalknoten wird. Dieses ist vorhergehend in diesem Abschnitt beschrieben. Die Hauptschritte sind wie folgt:

- Schutzzustand (Kopfknoten), Block **700**
- Initiierung der Kopfknoten-Wiederherstellung, Block **702**
- Schließe Unterbrechungsschalter **266**, Block **70**
- Schalterverstärker **262** An, Block **706**
- Irgendwelche optische Leistung im Fehlerüberwacher **222?**, Block **708**

[0064] Falls bei Frage in Block **708** Ja vorliegt, werden die folgenden Hauptschritte durchgeführt:

- Knoten in Arbeitszustand, Block **710**
- Optischer Schalter **214** im Balkenzustand, Block **712**
- Informiere Managementsystem, dass Knoten normal ist, Block **714**
- Arbeitszustand, Block **716**

[0065] Falls bei der Frage im Block **708** Nein vorliegt, werden die folgenden Hauptschritte durchgeführt:

- Schalterverstärker **262** Aus, Block **720**
- Öffne Unterbrechungsschalter **266**, Block **722**
- Informiere Managementsystem **116**, dass Knoten Kopfknoten ist, Block **724**
- Schutzzustand (Kopfknoten), Block **726**

[0066] **Fig. 8** zeigt das Verfahren für einen Knoten, damit dieser zum Endknoten wird, **Fig. 1b**. Dieses ist vorher in diesem Abschnitt beschrieben. Die Hauptschritte sind wie folgt:

- Arbeitszustand, Block **800**
- Fehlerüberwacher **224** greift optische Leistung ab, Block **802**
- Abgegriffene Information zur Steuereinheit **258**, Block **804**
- Irgendwelche optische Leistung im Fehlerüberwacher **224?** Block **806**.

[0067] Falls bei der Frage im Block **806** Nein vorliegt, werden die folgenden Hauptschritte vorgenommen:

- Knoten in Schutzzustand, Block **808**
- Optischer Schalter **232** in Kreuzungszustand, Block **810**
- Öffne Unterbrechungsschalter **264**, Block **812**
- Informiere Managementsystem **116**, dass Knoten Endknoten ist, Block **814**
- Schutzzustand (Endknoten), Block **816**.

[0068] Falls bei der Frage im Block **806** JA vorliegt, wird der folgende Hauptschritt vorgenommen:

- Arbeitszustand, Block **820**

[0069] **Fig. 9** zeigt ein Verfahren für den Knoten im Schutzzustand, damit dieser zum normalen Knoten wird. Dieses ist vorhergehend in diesem Abschnitt beschrieben. Die Hauptschritte sind wie folgt:

- Schutzzustand Endknoten), Block **900**
- Initiierung der Endknoten-Wiederherstellung, Block **902**
- Schließe Unterbrechungsschalter **264**, Block **904**
- Schalte Verstärker **260** An, Block **906**
- Irgendwelche optische Leistung im Fehlerüberwacher **224?** Block **908**

[0070] Falls bei der Frage im Block **908** Nein vorliegt, werden die folgenden Hauptschritte vorgenommen:

- Knoten in Arbeitszustand, Block **910**
- Optischer Schalter **232** im Balkenzustand, Block **912**
- Informiere Managementsystem **116**, dass Knoten normal ist, Block **914**
- Arbeitszustand, Block **916**

[0071] Falls bei der Frage im Block **908** Ja vorliegt, werden die folgenden Hauptschritte vorgenommen:

- Schalte Verstärker **260** An, Block **920**
- Öffne Unterbrechungsschalter **264**, Block **922**
- Informiere Managementsystem **116**, dass Knoten Endknoten ist, Block **924**
- Schutzzustand (Endknoten), Block **926**.

[0072] Der Vorteil ist, dass der Kanalauswahlschalter nicht beim Knoten-Rekonfigurationsprozess involviert ist. Das heißt, dass er nicht durch irgendeinen Transientenzustand beeinflusst ist, wodurch die Verkehrsweiterleitung und Zufüge/Absetzfunktionen während der Knoten-Re-Konfigurationsroutine stabil sind.

[0073] Die oben beschriebene Erfindung wird in einer optischen Lösung beschrieben, dies ist jedoch nicht eine notwendige Bedingung.

Patentansprüche

1. Ein Kommunikationsnetzsystem (**100, 500**) mit mindestens drei Knoten (**200, 400**), die mittels eines Arbeitsrings und eines Schutzrings verbunden sind, die Verkehr in entgegengerichteten Richtungen zwischen den Knoten übertragen, wobei jeder der Knoten umfasst:
 eine erste Eingangsverbindungs-Überwachungseinrichtung (**222**) zum Erfassen ankommender optischer Energie von einer ersten ankommenden optischen Verbindung (**210**);
 eine zweite Eingangsverbindungs-Überwachungseinrichtung (**224**) zum Erfassen ankommender optischer Energie von einer zweiten ankommenden optischen Verbindung (**220**);
 eine optische Schalteinrichtung (**214, 232, 402**) zum Schalten ankommender optischer Energie von der ersten oder der zweiten optischen ankommenden Verbindung zu einer ersten oder einer zweiten optischen abgehenden Verbindung, wobei die erste an-

komende und die erste abgehende Verbindung mit dem Arbeitsring verbunden sind, und wobei die zweite ankommende und die zweite abgehende Verbindung mit dem Schutzring verbunden sind; eine Steuereinrichtung (**258**), die mit der Überwachungseinrichtung und Schalteinrichtung verbunden ist, zum Steuern des Knotens in einen der folgenden Moden in Ansprechen auf die Erfassung von ankommender optischer Energie auf einer oder beiden der ankommenden optischen Verbindungen:
 einen Normalmodus, in dem optischer Verkehr durch den Arbeitsring übertragen wird; und
 einen Schutzmodus, bestehend aus
 einem Kopfmodus, in dem optischer Verkehr durch den Arbeitsring zurück in den Schutzring umgeleitet wird und einem Endmodus, in dem optischer Verkehr durch den Schutzring zurück in den Arbeitsring umgeleitet wird;
 wobei die Steuereinrichtung so angeordnet ist, dass, wenn ein Fehler durch Verlust ankommender optischer Leistung erfasst wird, der Knoten in einen Schutzmodus übergeht und die Zustände der optischen Schalteinrichtung (**214, 232, 402**) ändert, so dass eine Übertragungsschleife unter Verwendung sowohl des Arbeitsrings als auch des Schutzrings erzeugt wird, ohne die Fehlerstelle zu passieren; gekennzeichnet durch
 eine Wiederherstellungseinrichtung zum Initiieren eines Wiederherstellungstests durch Erzeugen einer Testschleife, die an der Fehlerstelle vorbeiführt, wenn der Knoten im Schutzmodus ist;
 eine Einrichtung zum Beeinflussen des Knotens, so dass dieser im Schutzmodus verbleibt, wenn keine optische Leistung in der Testschleife erfasst wird; und
 eine Einrichtung zum Beeinflussen des Knotens, dass dieser in einen normalen Modus übergeht, und Ändern des Status der optischen Schalteinrichtung, so dass Signale wiederum in den Arbeitsring übermittelt werden, wenn optische Leistung in der Testschleife erfasst wird.

2. Ein Kommunikationsnetzsystem nach Anspruch 1, wobei die Wiederherstellungseinrichtung Unterbrechungsschalter umfasst, dazu angeordnet, eine getrennte Testschleife für das Wiederherstellungstesten zu erzeugen, und wobei die Steuereinrichtung dazu angeordnet ist, den Knoten vom Kopf- oder Endmodus in einen Normalmodus zu bringen, so dass optische Energie von der ersten ankommenden Verbindung zu der ersten abgehenden Verbindung und optische Energie von der zweiten ankommenden Verbindung zu der zweiten abgehenden Verbindung weitergeleitet wird.

3. Ein Kommunikationsnetzsystem nach Anspruch 1, wobei die Steuereinrichtung dazu angeordnet ist, den Knoten in einen Endknoten zu bringen, wenn die Verbindungs-Überwachungseinrichtung ankommende Energie von der ersten, jedoch nicht von der zweiten ankommenden Verbindung erfasst, so

dass optische Energie von der ersten ankommenden Verbindung zu der zweiten abgehenden Verbindung weitergeleitet wird, jedoch nicht zu der ersten abgehenden Verbindung.

4. Ein Kommunikationsnetzsystem nach Anspruch 1, wobei die Steuereinrichtung dazu angeordnet ist, den Knoten in einen Kopfmodus zu bringen, wenn die Verbindungs-Überwachungseinrichtung ankommende Energie von der zweiten, jedoch nicht von der ersten ankommenden Verbindung erfasst, so dass optische Energie von der zweiten ankommenden Verbindung zu der ersten abgehenden Verbindung weitergeleitet wird, jedoch nicht zu der zweiten abgehenden Verbindung.

5. Ein Netzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei:

die erste ankommende und abgehende Verbindung mit getrennten anderen Knoten verbunden ist, um einen Teil des Arbeitsrings bereitzustellen; und wobei die zweite ankommende und abgehende Verbindung mit getrennten Knoten verbunden sind, um einen Teil des Schutzzringes bereitzustellen.

6. Ein Verfahren zum Wiederherstellen eines Kommunikationsnetzsystems (**100, 500**) mit mindestens drei Knoten (**200, 400**), wobei die Knoten über einen Arbeitsring und einen Schutzzring verbunden sind, wobei jeder Knoten einen Arbeitsringeingang (**202**) und einen Arbeitsringausgang (**206**) umfasst, verbunden mit dem Arbeitsring (**112, 512**), und weiter einen Schutzzringeingang (**204**) und einen Schutzzringausgang (**208**) umfasst, verbunden mit dem Schutzzring (**114, 514**), wobei der Arbeits- und Schutzzring Signale in entgegengerichteten Richtungen übertragen kann, und wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst;

wenn alle Knoten im System in einem Normalmodus sind, werden Signale im Arbeitsring übertragen; wenn ein Fehler durch Verlust ankommender optischer Leistung erfasst wird, gehen einige Knoten in einen Schutzmodus über, und die Zustände optischer Schalteinrichtungen (**214, 232, 402**) werden geändert, so dass eine Übertragungsschleife unter Verwendung sowohl des Arbeitsrings als auch des Schutzzringes erzeugt wird, wobei die Übertragungsschleife die Fehlerstelle nicht passiert;

gekennzeichnet durch:

Initieren eines Wiederherstellungstests durch Erzeugen einer Testschleife, die an den Fehlerstellen vorbeiführt, wobei die Testschleife getrennt von der Übertragungsschleife ist, wobei der Wiederherstellungstest durch die Knoten initiiert wird, die im Schutzmodus sind;

wobei, wenn keine optische Leistung in der Testschleife erfasst wird, die Knoten im Schutzmodus verbleiben;

wenn optische Leistung in der Testschleife erfasst wird, die Knoten in den Normalmodus übergehen,

und den Zustand der optischen Schalteinrichtung ändern, so dass Signale wieder auf dem Arbeitsring übertragen werden; und Informieren eines Managementsystems hinsichtlich des Knotenzustands.

7. Ein Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Testschleife durch ein Schließen von Unterbrechungsschaltern (**264, 266**) erzeugt wird, wobei die Unterbrechungsschalter anderweitig während des Schutzmodus offen sind.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

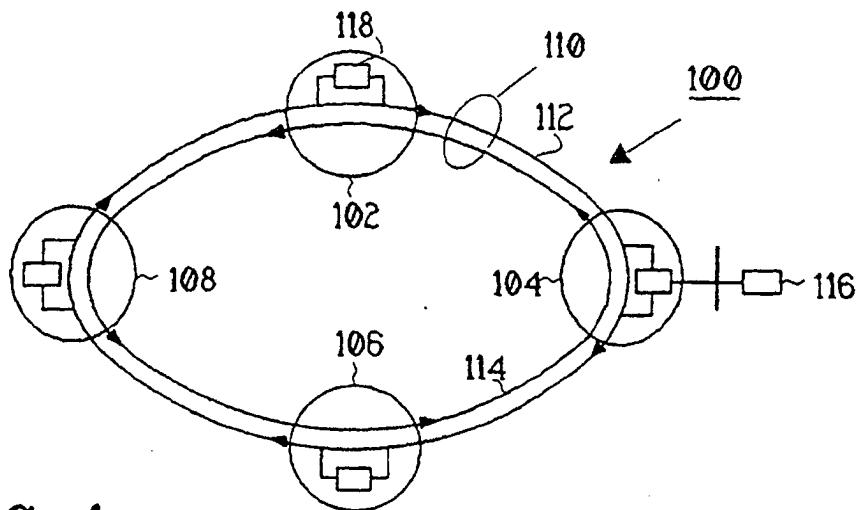


FIG. 1a

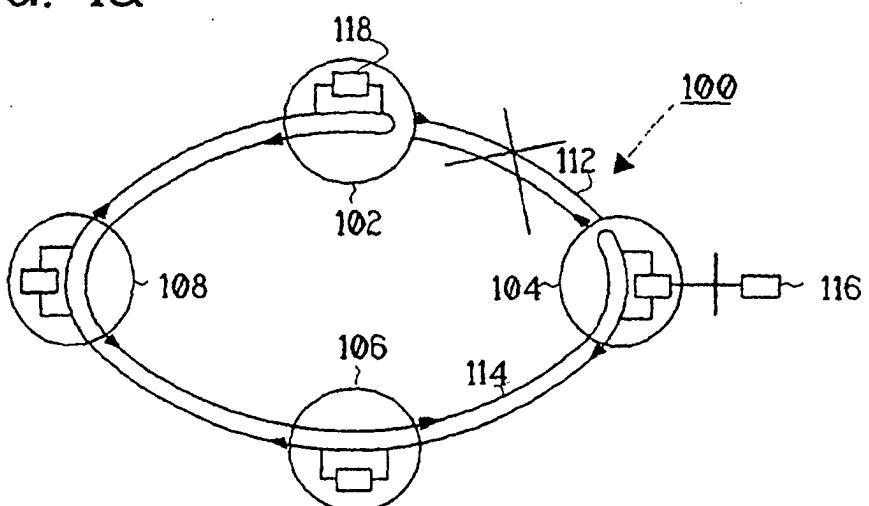


FIG. 1b

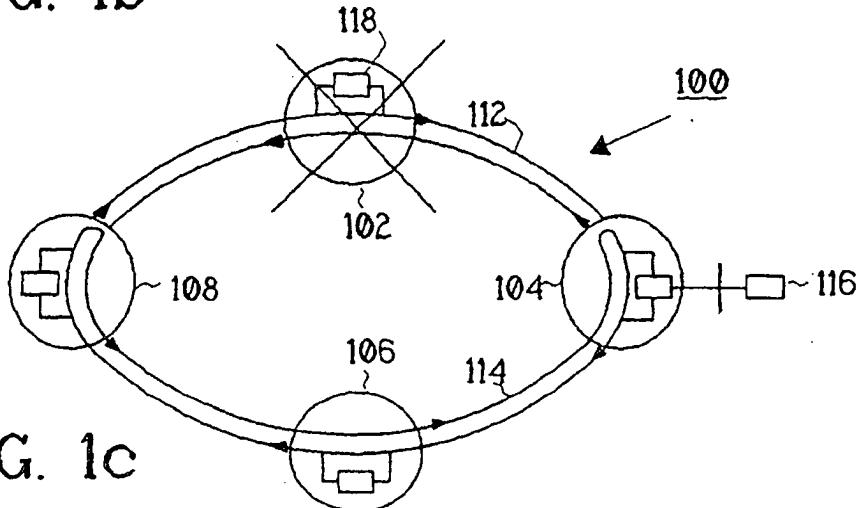


FIG. 1c

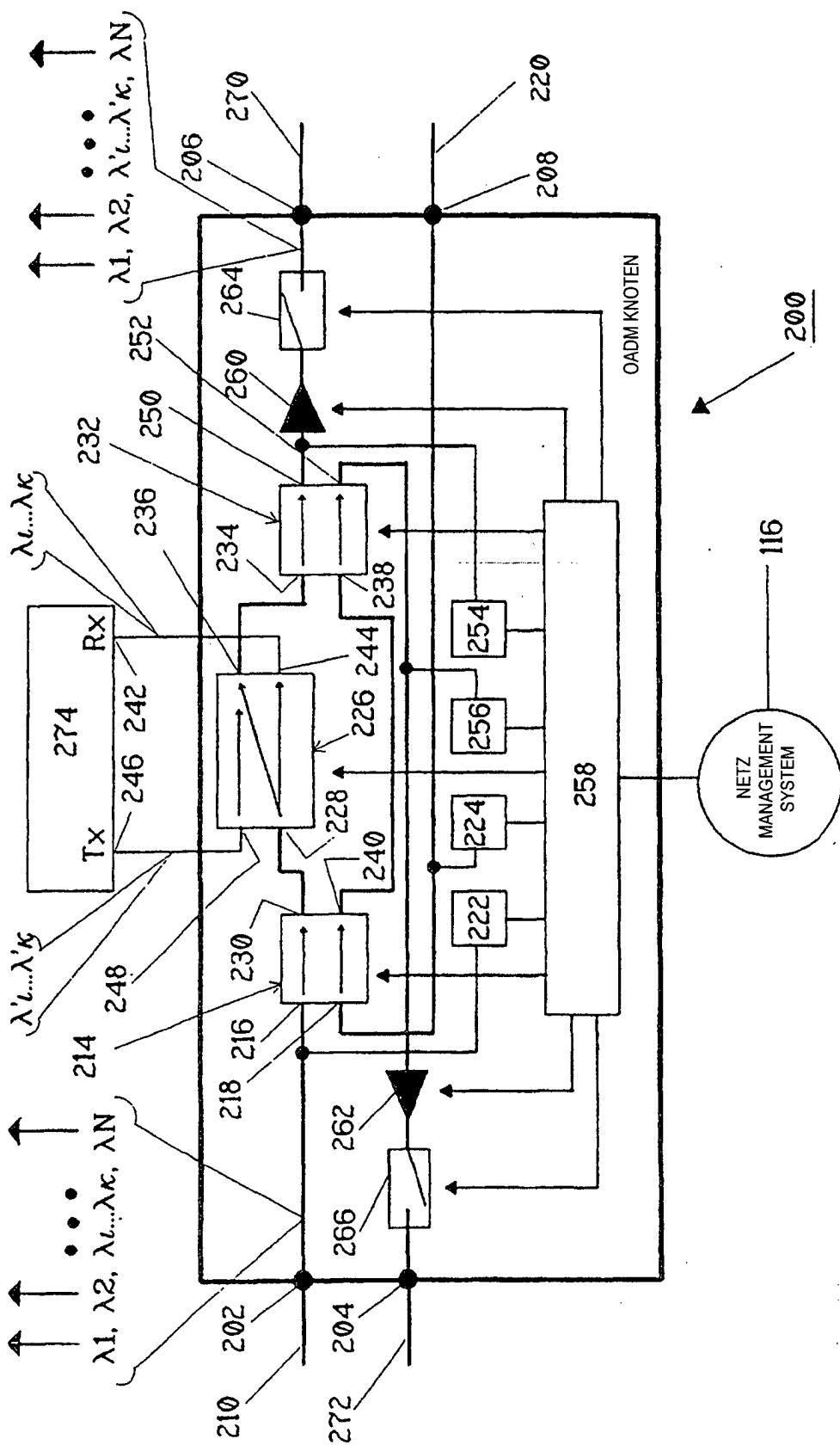


FIG. 2

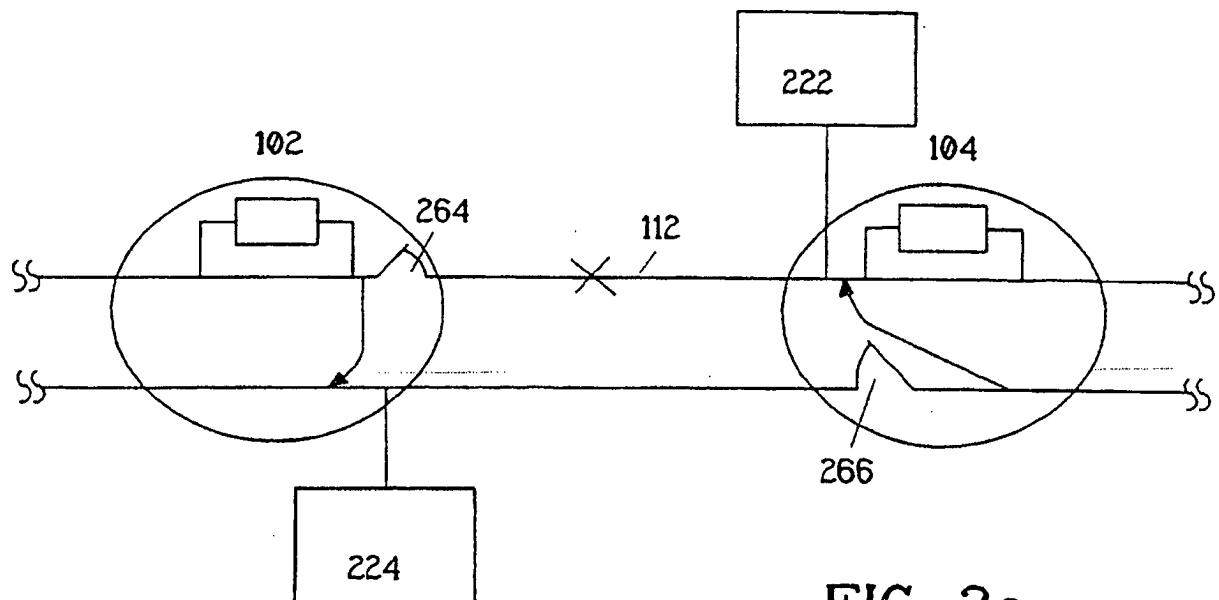


FIG. 3a

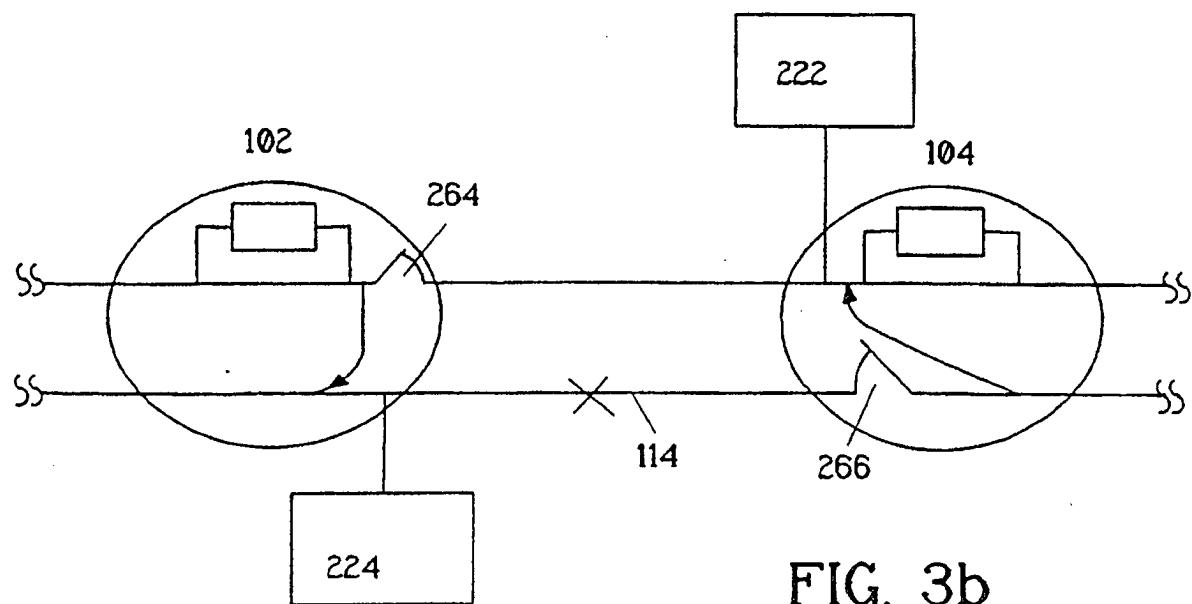


FIG. 3b

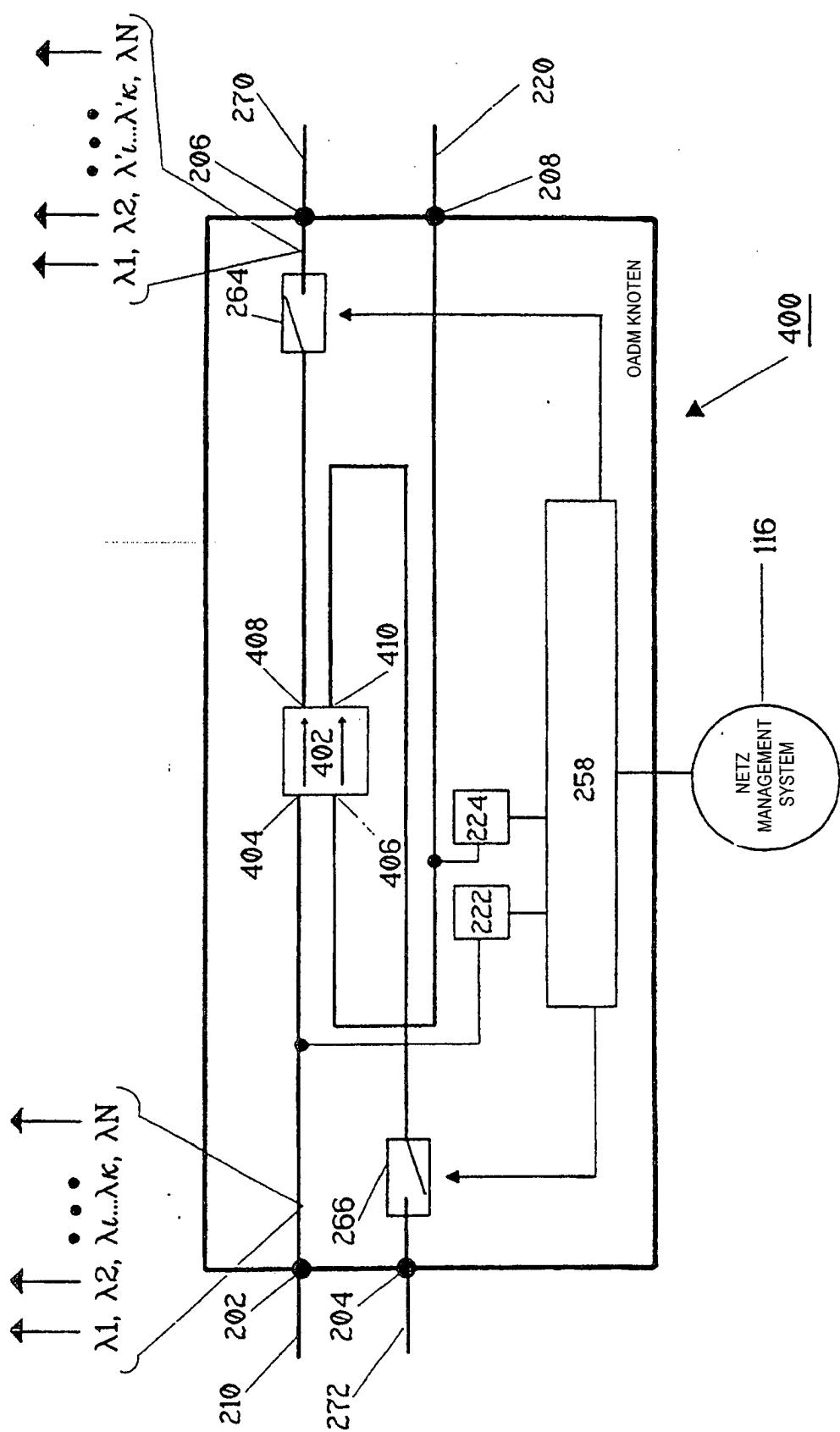


FIG. 4

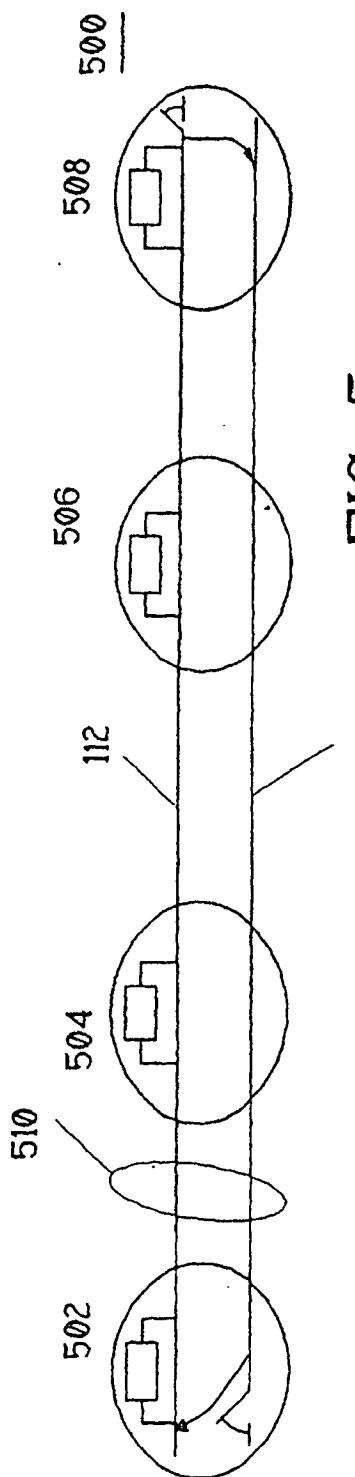


FIG. 5a

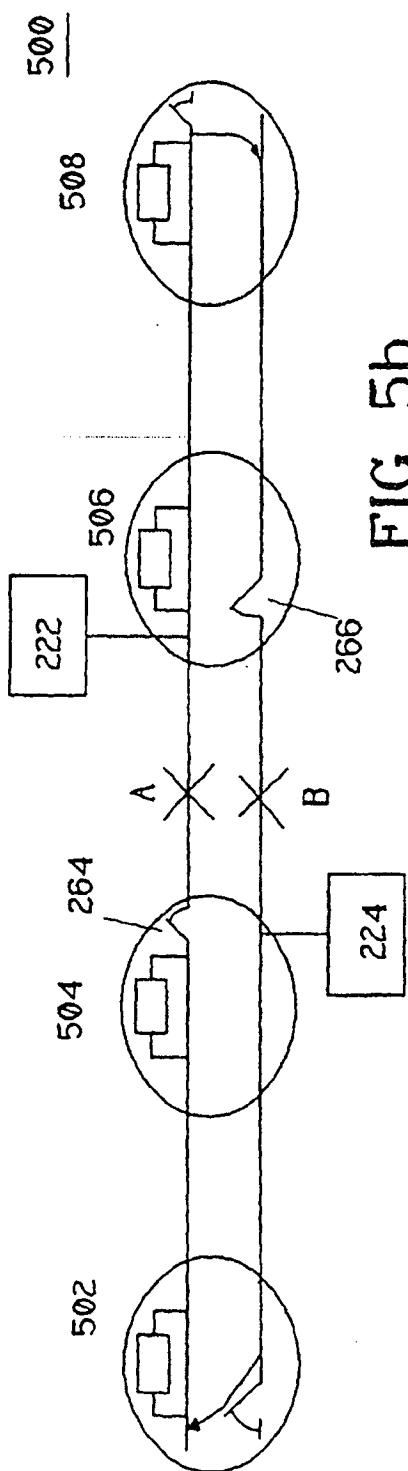


FIG. 5b

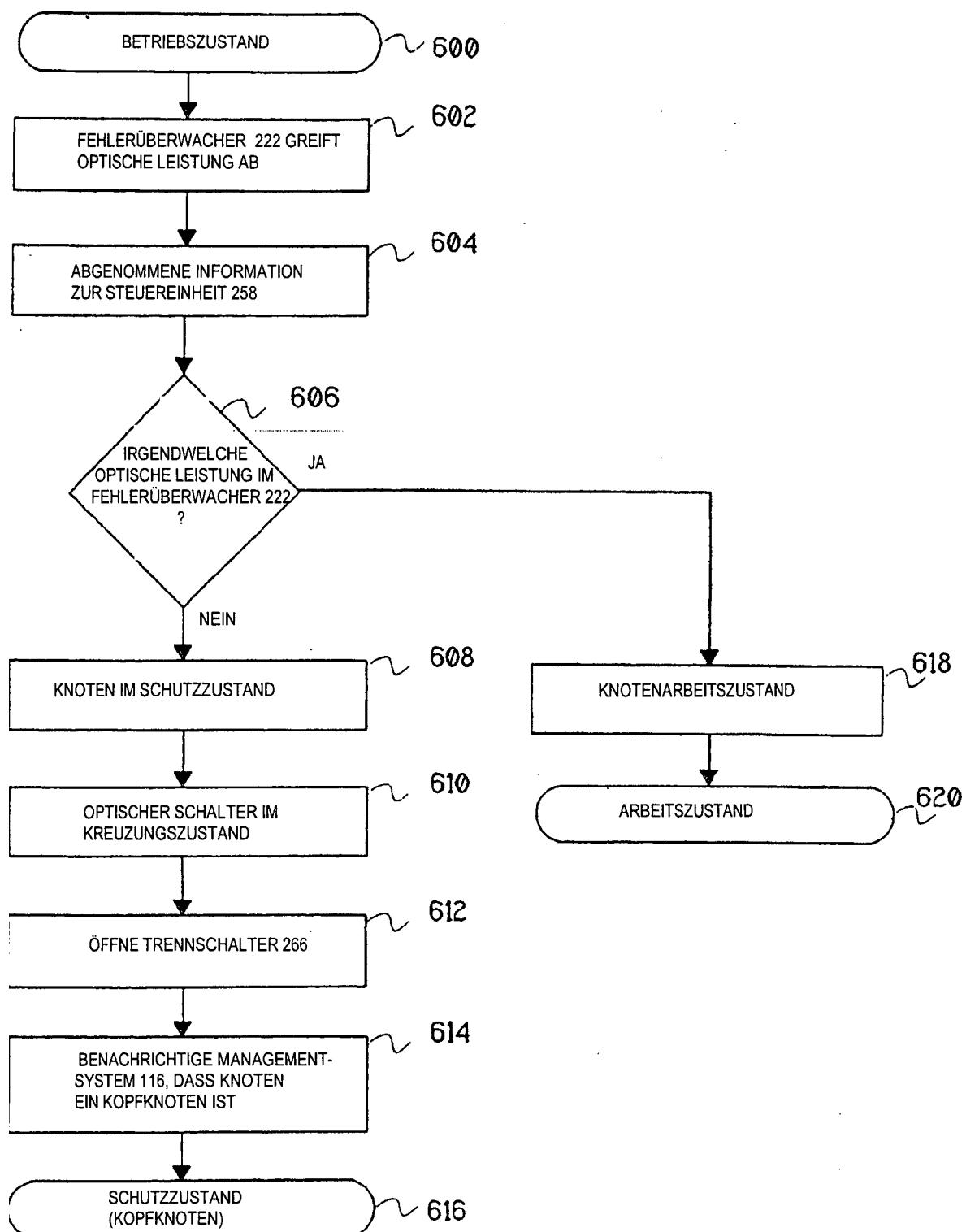


FIG. 6

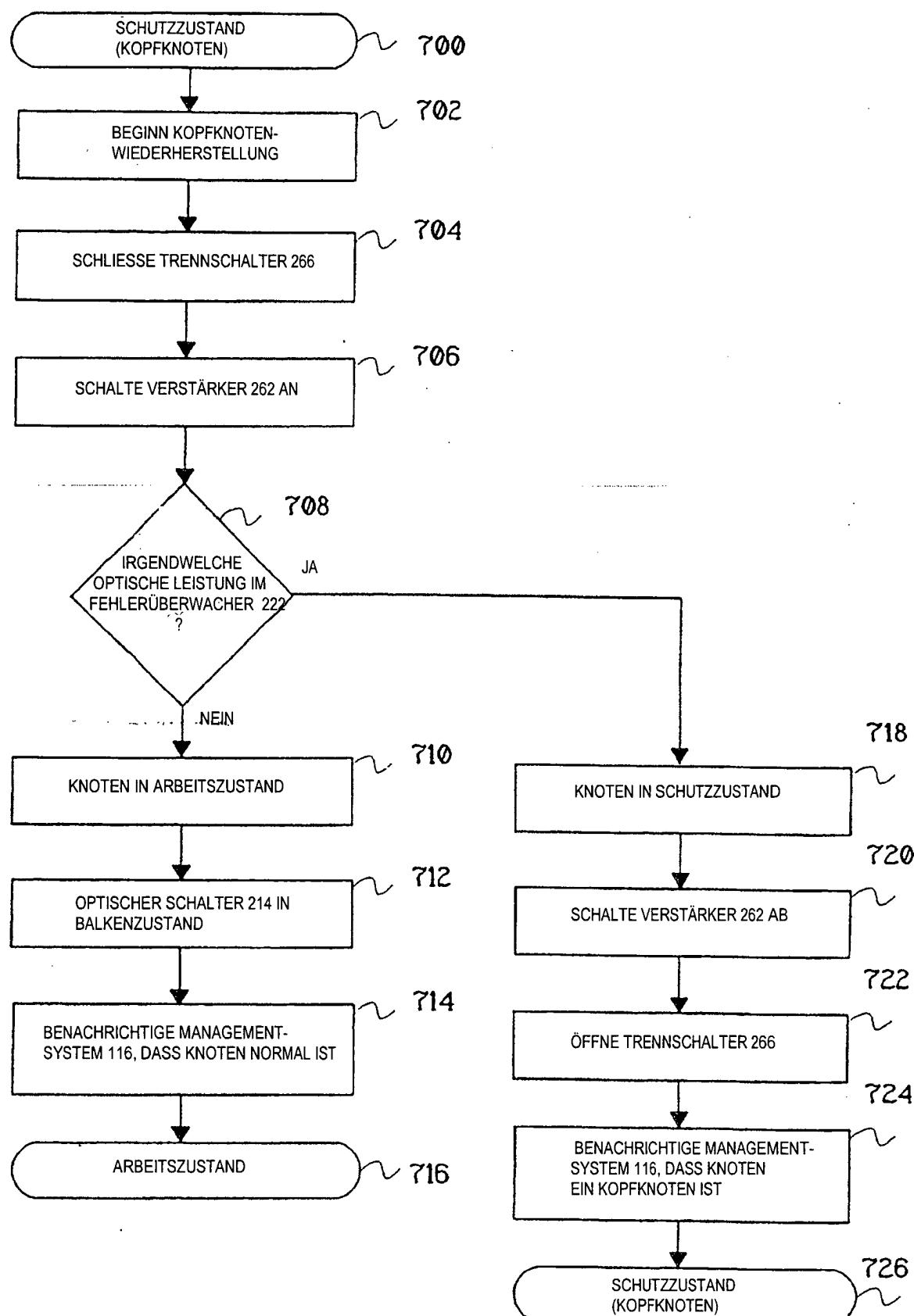


FIG. 7

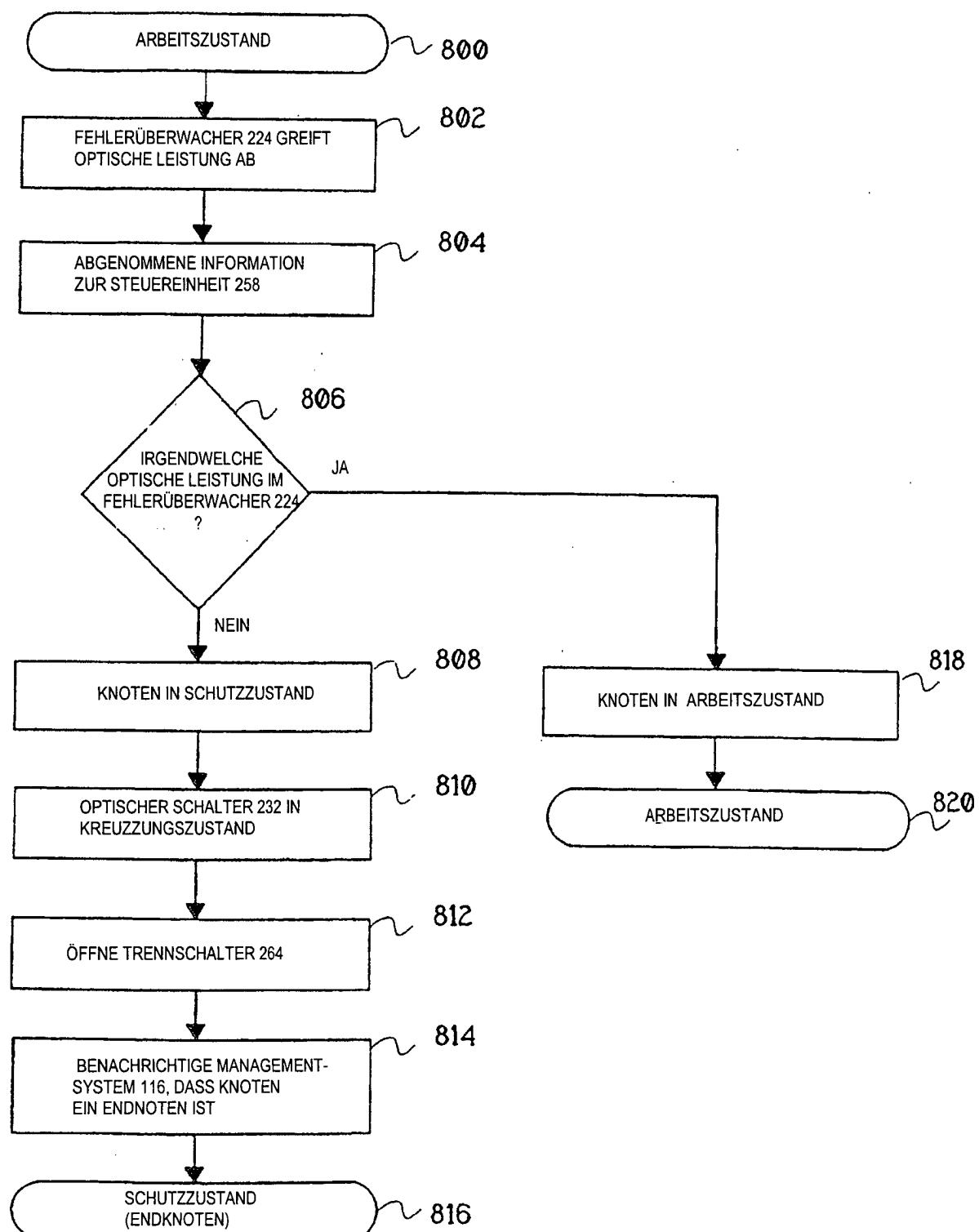


FIG. 8

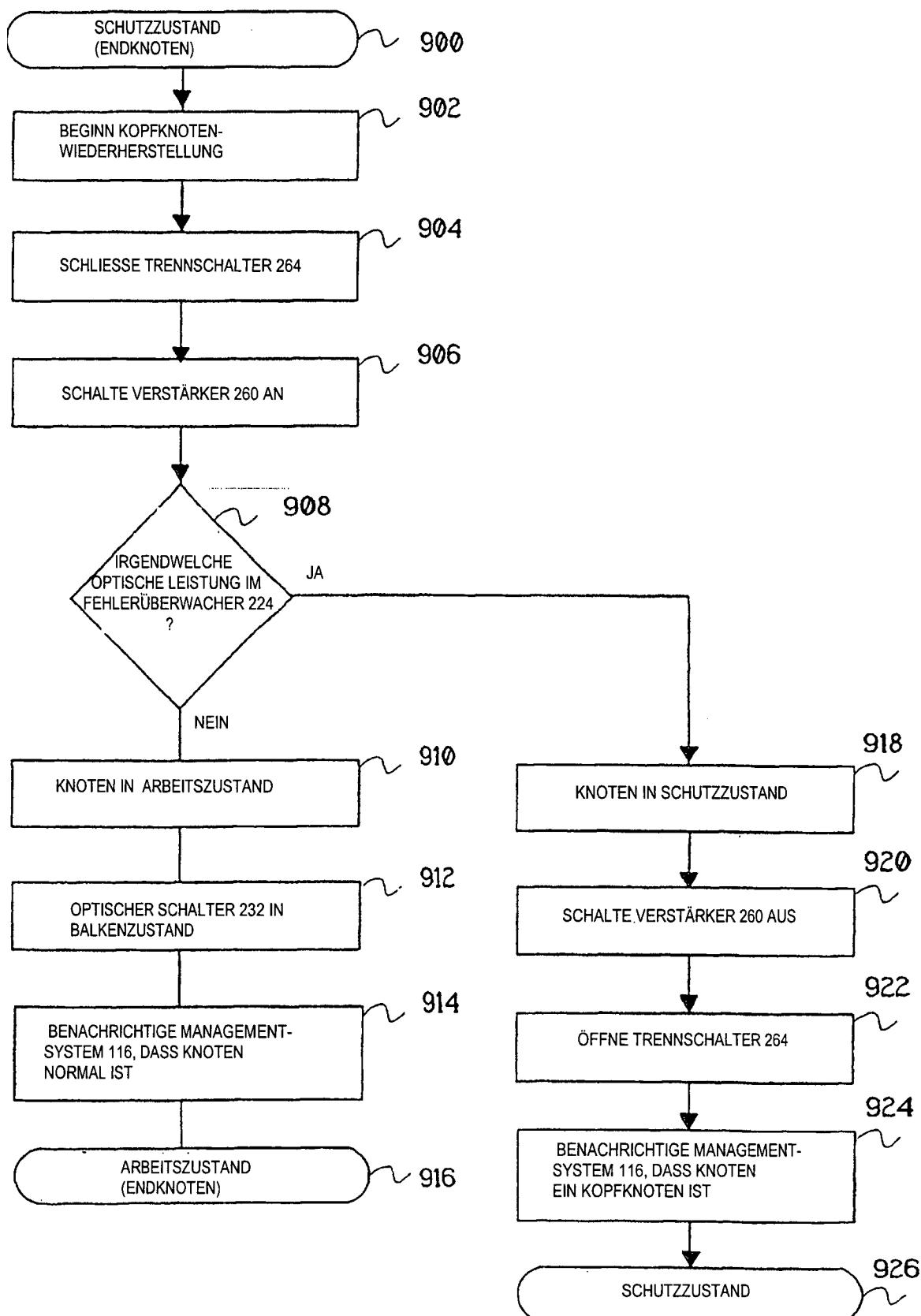


FIG. 9