(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 26 021 T2** 2005.12.01

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 932 229 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 26 021.3**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 101 020.8**
(96) Europäischer Anmeldetag: **20.01.1999**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.07.1999**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **06.07.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.12.2005**

(51) Int Cl.[7]: **H01S 3/131**
H01S 3/0941

(30) Unionspriorität:
10599 **22.01.1998** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Tyco Telecommunications (US) Inc., Morristown, N.J., US

(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(72) Erfinder:
Jander, Ralph Brian, Freehold, New Jersey 07728, US; Baumgarten, Arthur A., Basking Ridge, New Jersey 07920, US

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung von mehreren optischen Pumpquellen**

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 eingelegt, 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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung mehrerer Verstärkerpumpquellen in einer Leistungsverteilungsanordnung, um aktive Verstärkungsmedien, wie Erbium-dotierte Faserverstärkermodule und Ytterbium- oder Neodym-Doppelmantel-Faserlaser zu pumpen.

[0002] Die Faseroptiktechnologie hat sich seit der Erfindung des Lasers merklich entwickelt. Halbleiterlaser, Fasern und Vorrichtungen sind bei der Unterstützung von zunehmend hochentwickelten Faserkommunikationssystemen kontinuierlich verbessert worden. Die Entwicklung von sowohl Hochleistungspumplasern mit 1480 nm und 980 nm und mit seltenen Erden dotierten Fasern stimulierte die Verwirklichungen von in Fasern befindlichen Verstärkern. Optische Faserverstärker, die eine Erbium-dotierte Faser als das Verstärkungsmedium einsetzen, lassen es zu, daß Kommunikationssignale vor der Übertragung oder Detektion leistungsverstärkt werden, als auch daß der Übertragungsverlust in einem langen, mit Zwischenverstärkern versehenen Kommunikationssystem periodisch ausgeglichen wird. Diese Verstärker hatten einen bedeutenden Einfluß auf die Entwicklung von rein optischen Kommunikationssystemen.

[0003] Die Entwicklung von Komponenten für Faserverstärker hat sich durch viele Lieferanten mit einer hohen Geschwindigkeit fortgesetzt, die den riesigen Markt für diese Produkte erkennen, da die Faserkommunikationsindustrie weiter Systeme aufbaut, die den Faserverstärker nutzen. Als Beispiel der beschleunigten Entwicklung von Komponenten für Faserverstärker haben in den letzten Jahren Pumplaserhersteller daran gearbeitet, höhere Pumpleistungspegel zu verwirklichen, geforscht, um Zuverlässigkeit einzubauen und zu messen, und Isolatoren im Gehäuse hinzuzufügen. Mittlerweile sind die Preise für Komponenten für Faserverstärker merklich gefallen. All dies zeigt an, daß der Verstärkermarkt reifer wird und daß es eine wachsende, große Wettbewerbsbasis von kommerziellen Komponentenverkäufern gibt, die weiter Faserverstärker entwickeln und liefern.

[0004] Die Gestaltung von faseroptischen Kommunikationssystemen hat sich ebenfalls mit dem Erscheinen der Erbium-dotierten Faserverstärker schnell entwickelt. Verstärker verdrängen schnell Regenerationsverstärker als das Verstärkungsmedium der Wahl in Kommunikationssystemen. Langstreckensysteme verwenden nun eher Verstärker, um Signale zu verstärken, um Faserverluste auszugleichen, als daß sie das frühere Verfahren der Detektion und Regeneration der Kommunikationssignale nutzen. Ebenso sind die elektronischen Endeinrichtungen, welche die optischen Signale auf dem Faserkommunikationssystem einleiten und beenden, modifiziert worden, um sowohl optische Hochleistungsnachverstärker als auch rauscharme Kleinsignalvorverstärker unterzubringen.

[0005] Mit der zunehmenden Nachfrage nach Datenübertragungskapazität, welche die Nachfrage nach einem Zugang zum World Wide Web und Internetdiensten mit sich bringt, werden optische Übertragungssysteme zu einer immer höheren Datenkapazität getrieben. Es werden nun die ersten großen Mehrfachwellenlängen-Unterseesysteme verwirklicht.

[0006] Diese Mehrfachwellenlängensysteme benötigen eine hochentwickeltere und kostspielige Endeinrichtung, um den größeren Umfang an Kanälen zu handhaben. Ebenso ist das Design optischer Verstärker als Reaktion auf zunehmende Einschränkungen von Endeinrichtungsarchitekten immer komplizierter geworden. Die Zuverlässigkeit des Verstärkers ist zu einer Schlüsselherausforderung geworden. In einigen Fällen trägt ein Endverstärker den gesamten Verkehrsfluß. Mittlerweise müssen im Gegensatz zu optischen Leitungsverstärkern, die in Zwischenverstärkern genutzt werden, wo die Eingangs- und Ausgangsleistungspegel typischerweise verhältnismäßig konstant und vorhersehbar sind, was weniger hochentwickelte Verstärkergestaltungen zuläßt, Endverstärker einen verhältnismäßig größeren Bereich von Eingangsleistungspegeln handhaben, und es kann sein, daß sie einen vom Benutzer wählbaren Ausgangsleistungspegel liefern müssen. Zusätzlich muß im Gegensatz zu Leitungsverstärkern, wo keine dem Verstärker integrale Bandbreitenformung erforderlich ist, im Endverstärker die Ausgabe intern geformt werden, um ein gewisses Maß an Ausgangsleistungsflachheit bereitzustellen. Folglich sind die Verstärkungsanforderungen eine zweite Schlüsselherausforderung im Endverstärkerdesign geworden.

[0007] Es ist bekannt, wie ein Erbium-dotierter Faserverstärker durch Nutzung einer Vielfalt von Anordnungen von einem oder mehreren Pumplasern gepumpt wird. Im allgemeinen wird das Verstärkungsmedium mit entweder einem Halbleiterpumplaser mit 980 nm oder 1480 nm entweder mitgepumpt, gegengepumpt oder gleichzeitig mit- und gegengepumpt. Es kann ein Verstärker mit variabler Verstärkung geschaffen werden, indem die optische Leistung einer oder mehrere Pumpen gesteuert wird, die das Verstärkungsmedium speisen. Es kann ein stabilisierter Verstärker mit konstanter Ausgangsleistung aufgebaut werden, indem die Pumpleistung durch Nutzung einer Rückkopplungsschleife gesteuert wird, die einen Signaldetektor am Verstärkerausgang aufweist. Im allgemeinen werden die Pumpen und der Steuerschaltungskomplex zusammen mit der optischen Verstärkerschaltung angeordnet.

[0008] Jedoch ist das Fehlen der Fähigkeit, eine

oder mehrere der Pumpquellen in Echtzeit, d.h. während des Verstärkerbetrieb gemeinsam zu nutzen, zu kombinieren oder zu entfernen, ohne den Betrieb des Verstärkers merklich oder drastisch zu beeinflussen, ein Nachteil bei den bekannten Verfahren zum Pumpen eines Erbium-dotierten Faserverstärkers, indem ein oder mehrere Pumplaser genutzt werden. Daher wäre es wünschenswert, eine zuverlässige, redundant gepumpte Verstärker- oder Laseranordnung bereitzustellen, die eine Echtzeitleistungsverteilung unter den verfügbaren Pumpquellen zuläßt.

[0009] Die Nachteile des Stands der Technik werden durch die vorliegende Erfindung für eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung gemeinsam genutzter Eingangsquellen für optische Pumpleistung überwunden. Die Erfindung stellt eine zuverlässige, redundant gepumpte Verstärker- oder Laseranordnung bereit, indem mehrere Pumpquellen genutzt werden.

[0010] Die Erfindung wird in den Ansprüchen 1, 7, 12 und 15 definiert. Verschiedene Ausführungsformen werden in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0011] Erfindungsgemäß wird ein optischer Verstärkungsblock offenbart, der durch eine oder mehrere Pumpeingangsmodule gepumpt wird. Jedes Pumpeingangsmodul enthält eine Pumpquelle, eine Pumpleistungssteuerschaltung und eine Busschnittstelle.

[0012] Der optische Verstärkungsblock, der einer von mehreren Stufen einer komplexen Reihe von Verstärkungsstufen sein könnte, arbeitet durch Umwandlung der optischen Leistung, die durch die kombinierten Pumpeingangsmodule zugeführt wird, in Leistung, die durch das Signal am Ausgang des optischen Verstärkungsblocks befördert wird. Jedes der verfügbaren Pumpeingangsmodule dient dazu, ein Referenzleistungssignal aus dem Ausgang des optischen Verstärkungsblocks zu detektieren und das Vorhandensein und den Pumpleistungspegel anderer verfügbarer Pumpeingangsmodule zu detektieren, um die Ausgangsleistung seiner eigenen Pumpquelle geeignet einzustellen. Durch Steuerung der Leistung, die durch jedes der verfügbaren Pumpeingangsmodule bereitgestellt wird, wird die Verstärkungsblockabgabe auf einer spezifizierten Ausgangsleistung gehalten werden, während alle Pumpeingangsmodule gemeinsam dazu betragen, die erforderliche Gesamtausgangspumpleistung zu liefern. Bei der Einfügung oder Entfernung irgendeines Pumpeingangsmoduls werden die restlichen Pumpeingangsmodule ihre Ausgangsleistung entsprechend einstellen, um die Verstärkungsblock-Ausgangsleistung auf ihren spezifizierten Pegel zu halten.

[0013] Auf diese Weise sorgt die vorliegende Erfindung für die Nutzung mehrerer Pumpquellen, um eine Eingangspumpleistung an einen Verstärker zu liefern. Die Verwendung mehrerer Pumpquellen verbessert die Gesamtleistung des Verstärkers, erhöht die Gesamtzuverlässigkeit des gepumpten Verstärkers, und sorgt für die Fähigkeit, ausgefallene oder verschlechterte Pumpquellen zu entfernen und zu ersetzen, ohne die Verstärkerleistung oder den Signalverkehr zu unterbrechen, der durch den Verstärker fließt. Zusätzlich wird die Zuverlässigkeit jeder einzelnen Pumpquelle infolge ihres Betriebs im niedrigsten möglichen Ausgangsleistungszustand erhöht. Ein zusätzlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung ist es, daß erhöhte Eingangspumpleistungspegel und daher eine erhöhte Verstärkung aus dem Verstärker erzielt werden können, verglichen mit jener, die erreichbar ist, wenn weniger Eingangspumpquellen genutzt werden. Die Erfindung läßt eine größere Verstärkerausgangsleistung zu, wenn die Redundanz gegen eine höhere Pumpleistung ausgetauscht wird, die aus einer Mehrerfachpumpquelle erhältlich ist.

[0014] Fig. 1 stellt ein Funktionsblockdiagramm für eine Ausführungsform der Vorrichtung zur Steuerung gemeinsam genutzter optischer Pumpleistungsquellen der vorliegenden Erfindung bereit.

[0015] Fig. 2 stellt einen Ablaufplan zur Steuerung der gemeinsam genutzten optischen Pumpleistungsquellen bereit, wenn eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung praktiziert wird.

[0016] Fig. 1 stellt ein Funktionsblockdiagramm für eine Ausführungsform der gemeinsam genutzten optischen Pumpleistungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung dar. Die Ausführungsform der Fig. 1 weist eine optische Schaltung **100** und mehrere Pumpeingangsmodule auf, von denen zwei in Fig. 1 als Module **200** und **300** dargestellt werden. Die Pumpeingangsmodule **200** und **300** stellen Pumpleistung für eine optische Verstärkungsstufe **110** in der optischen Schaltung **100** bereit. Die Leistungspegel der Pumpeingangsmodule **200** und **300** werden automatisch gesteuert, um sicherzustellen, daß das verstärkte Signal, das aus der optischen Schaltung **100** ausgegeben wird, sich auf einem Soll-Leistungspegel befindet. Da die Pumpeingangsmodule **200** und **300** und alle zusätzlichen Pumpeingangsmodule, die genutzt werden, wenn die vorliegende Erfindung praktiziert wird, ähnliche Funktionen ausführen und in derselben Weise arbeiten, wird nur eine detaillierte Beschreibung für das Pumpeingangsmodul **200** bereitgestellt.

[0017] Wie in Fig. 1 gezeigt, enthält die optische Schaltung **100** eine optische Verstärkungsstufe **110** und eine optische Anzapfungsvorrichtung oder einen Verteiler **120**. Die optische Verstärkungsstufe **110** kann aus irgendeiner einer Vielfalt von Vorrichtungen bestehen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf,

eines Erbium-dotierten Faserverstärkers oder eines Ytterbium- oder Neodym-Doppelmantel-Faserlasers. Es wird ein Eingangssignal **102** in die optische Verstärkungsstufe **110** eingespeist, wo das Signal verstärkt und als verstärktes Ausgangssignal **122** gesendet wird. Eine optischen Anzapfungsvorrichtung **120**, oder ein Verteiler, wird zur Abzapfung eines kleinen Anteils der verstärkten Ausgangssignalleistung **122** aus der optischen Schaltung **100** genutzt. Dieser abgezapfte Anteil des verstärkten Ausgangssignals wird bereitgestellt, um die Eingangsmodule **200** und **300** zu pumpen und wird als Referenzsignal genutzt, das den Ist-Leistungspegel des Verstärkers anzeigt. Der Verteiler **130** leitet einen Anteil des Leistungspegelsignals zu jedem Pumpeingangsmodul.

[0018] Bei der Beschreibung der Arbeitsweise der Pumpeingangsmodule, die in Fig. 1 gezeigt werden, enthält das Pumpeingangsmodul **200** und jedes Pumpeingangsmodul eine Pumpquelle **210** und eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung. Die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung steuert automatisch die Ausgangspumpleistung der Pumpquelle **210** des Pumpeingangsmoduls so, daß die kombinierte Ausgangsleistung aller verfügbaren Pumpeingangsmodule, die in die optische Schaltung **100** eingespeist wird, um die optische Verstärkungsstufe **110** zu pumpen, auf einem spezifizierten Pegel gehalten wird. Die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung jedes Eingangsmoduls steuert die Ausgangsleistung der Pumpquelle des Pumpeingangsmoduls durch Analysieren dreier Referenzsignale. Diese Referenzsignale, die in dieser Beschreibung später im Detail beschrieben werden, sind für den Ist-Verstärkerleistungsausgangspegel, den Soll-Verstärkerleistungsausgangspegel und die relative Pumpquellen-Leistungsabgabe kennzeichnend.

[0019] Die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung des Pumpeingangsmoduls **200** enthält einen Pumpquellen-Detektor **220**, einen Ist-Verstärkerleistungsdetektor **230**, ein Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul **240**, einen Fehlersignalgenerator **250** und eine Pumpquellen-Steuereinrichtung **270**. Ebenfalls ist im Pumpeingangsmodul **200** der Verstärker-Referenzsignalgenerator **260** enthalten. Die Funktionen all dieser Komponenten werden in dieser Beschreibung später im Detail beschrieben.

[0020] Zur Erklärung des funktionellen Informationsflusses beim Praktizieren der vorliegenden Erfindung, wie in Fig. 1 gezeigt, und wie vorhergehend erläutert, wird das Referenzsignal oder das erste Signal, das für den Ist-Verstärkerleistungspegel repräsentativ ist, das durch die Verteiler **120** und **130** bereitgestellt wird, zum Pumpeingangsmodul **200** gesendet, indem der Übertragungsweg **134** genutzt wird. Dieses Signal wird außerdem an das Pumpeingangsmodul **300** gesendet, indem der Übertragungsweg **132** genutzt wird. Dieses Referenzsignal stellt eine Eingabe in jedes Pumpeingangsmodul für die Ist-Leistung aus dem Verstärker bereit und kann durch eine Vielfalt von Techniken erzeugt und gesendet werden, die in der Technik wohlbekannt sind. Zum Beispiel kann das Signal als ein optisches Signal oder ein elektrisches Signal gesendet werden. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf irgendeinen bestimmten Typ von Übertragungsart für die Referenzsignale beschränkt, die gesendet werden, und folglich ist sie nicht auf irgendeine besondere Implementierung für die Komponenten und den Schaltungskomplex beschränkt, um die Funktionen auszuführen, die beim Praktizieren der vorliegenden Erfindung erforderlich sind. Zum Beispiel kann die vorliegende Erfindung in einer Analog- oder Digitalschaltung implementiert werden und kann irgendeines einer Vielfalt von Komponenten zum Praktizieren der vorliegenden Erfindung nutzen.

[0021] Das Referenzsignal für den Ist-Verstärkerleistungspegel wird im Pumpeingangsmodul **200** und in den anderen verfügbaren Pumpeingangsmodulen empfangen, und wird durch die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung des Pumpeingangsmoduls genutzt. Das Ist-Verstärkerleistungspegelsignal wird durch den Ist-Verstärkerleistungsdetektor **230** empfangen. Der Ist-Verstärkerleistungsdetektor **230** detektiert das Leistungspegelsignal, das auf dem Weg **134** gesendet wird, und enthält als solcher einen geeigneten Empfänger. Wenn zum Beispiel das Referenzsignal, das über den Weg **134** gesendet wird, ein optisches Signal ist, würde ein optischer Detektor im Detektor **230** vorgesehen sein. Der Leistungspegeldetektor **230** könnte auch zusätzliche Signalverarbeitungskomponenten enthalten, abhängig von der besonderen Implementierung, die für die Erzeugungstechnik für das Referenzsignal und die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung genutzt wird. Dieses Referenzsignal für die Ist-Verstärkerpumpleistung wird durch den Detektor **230** über den Übertragungsweg **234** an die Pumpquellen-Steuereinrichtung **270** gesendet.

[0022] Die Pumpquellen-Steuereinrichtung **270** führt die Funktion der Steuerung des Ausgangsleistungspegels der Pumpquelle **210** für das Pumpeingangsmodul **200** aus. Die Steuereinrichtung **270** steuert den Leistungspegel der Pumpquelle **210** durch Analysieren der drei oben angesprochenen Referenzsignale, nämlich des Ist-Verstärkerleistungsausgangsspegelsignals, des Soll-Verstärkerleistungsausgangsspegelsignals und des Signals der relativen Pumpquellen-Leistungsabgabe, von denen jedes in die Steuereinrichtung **270** eingegeben wird. Die Steuereinrichtung **270** wird in dieser Beschreibung später detaillierter erläutert.

[0023] Das zweite Referenzsignal, das in die Steuereinrichtung **270** eingegeben wird, ist das Signal der relativen Pumpquellen-Leistungsabgabe oder Pump-

quellen-Vergleichssignal. Dieses Signal wird wie folgt erzeugt und an die Steuereinrichtung **270** geliefert. Ein Referenzsignal, das für die Ausgangsleistung kennzeichnend ist, die durch die Pumpquelle **210** geliefert wird, wird von der Pumpquelle **210** über den Übertragungsweg **214** geliefert. Wie beim Referenzsignal für den Ist-Verstärkerleistungspegel, wie vorhergehend erläutert, kann das Pumpquellen-Referenzsignal für die Leistungsabgabe aus der Pumpquelle **210** als ein optisches Signal oder ein elektrisches Signal gesendet werden. Dieses Referenzsignal wird durch den kalibrierte Pumpquellen-Detektor **220** detektiert und verarbeitet. Der Pumpquellen-Detektor **220** ist so kalibriert, daß die Ausgabe des Detektors **220** proportional zur Pumpausgangsleistung ist. Der Pumpquellen-Detektor **220** sendet das Referenzsignal für den Pumpquellen-Leistungsabgabepegel für die Pumpquelle **210** an drei Eingabestellen.

[0024] Die erste dieser drei Eingabestellen für das Referenzsignal für den Leistungsausgangspegel der Pumpquelle **210** führt zum Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul **240**. Das Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul **240** empfängt von jedem Pumpeingangsmodul getrennte Eingaben, welche die kalibrierte Leistungsabgabe aus jeder verfügbaren Pumpquelle an jedem Pumpeingangsmodul anzeigen. Daher empfängt das Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul **240**, wie in Fig. 1 gezeigt, durch den Übertragungsweg **224** ein Eingangssignal für die Ist-Leistung, die durch die Pumpquelle **210** zugeführt wird, und durch den Übertragungsweg **324** ein Eingangssignal für die Ist-Leistung, die durch das Pumpeingangsmodul **300** zugeführt wird. Das Pumpeingangsmodul **300** liefert sein Referenzsignal, das für die Ist-Ausgangsleistung seiner Pumpquelle kennzeichnend ist, indem es seinen Pumpquellen-Detektor das Referenzsignal an das Netzwerk **400** senden läßt. Das Referenzsignal wird dann an das Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul jedes verfügbaren Pumpeingangsmoduls geliefert, indem das Signal über das Netzwerk an jedes Pumpeingangsmodul gesendet wird. Das Netzwerk **400** kann jede Art von Netzwerk sein, wie ein lokales Netzwerk (LAN), das zum Übertragen von Signalen zwischen den Pumpeingangsmodulen imstande ist. In Fig. 1 wird der Ist-Pumpquellen-Ausgangsleistungspegel für das Pumpeingangsmodul **300** an das Netzwerk **400** als Signal **324** gesendet und wird am Pumpeingangsmodul **200** empfangen, wie gezeigt. Auf diese Weise empfängt das Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul jedes Pumpeingangsmoduls ein Signal, das für die Ausgangspumpleistung jedes verfügbaren Pumpeingangsmoduls kennzeichnend ist. Eine zusätzliche Erläuterung betreffend der Funktion des Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmoduls **240** wird in dieser Beschreibung später geliefert.

[0025] Die zweite der drei Eingabestellen für das Referenzsignal für die Ist-Leistungsabgabe, die durch die Pumpquelle **210** bereitgestellt wird, führt zum Netzwerk **400**. Der Zweck der Lieferung des Referenzsignals für die Ist-Leistungsabgabe für die Pumpquelle **210** an das Netzwerk **400** ist dergestalt, wie oben beschrieben.

[0026] Die dritte Eingabestelle für das Referenzsignal für die Ist-Leistung, die durch die Pumpquelle **210** geliefert wird, führt zum Fehlersignalgenerator **250**. Die Funktion des Fehlersignalgenerators **250** wird ebenfalls später in der Beschreibung beschrieben.

[0027] In Fortsetzung der Erläuterung des funktionellen Informationsflusses beim Praktizieren der vorliegenden Erfindung empfängt, wie vorher angegeben, das Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul **240** eine Eingabe von jedem verfügbaren Pumpeingangsmodul hinsichtlich der Ist-Pumpleistungsabgabe der Pumpquelle jenes Eingangsmoduls. Das Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul **240** analysiert dann alle empfangenen Pumpleistungseingaben, um die Durchschnittspumpleistungsabgabe von allen verfügbaren Pumpeingangsmodulen festzustellen, und liefert eine Eingabe in den Fehlersignalgenerator **250**. Da der Fehlersignalgenerator **250** außerdem ale Eingabe das Referenzsignal für die Ist-Leistung empfängt, die durch die Pumpquelle **210** zugeführt wird, wie oben erläutert, analysiert der Fehlersignalgenerator **250** die Ist-Pumpleistungsabgabe der Pumpquelle **210** unter Bezugnahme auf die Durchschnittspumpleistung aller verfügbaren Eingangsmodule. Auf diese Weise erzeugt der Fehlersignalgenerator **250** beruhend auf der Analyse der Ist-Leistung, die von jeder der verfügbaren Pumpquellen zugeführt wird, ein Fehlersignal oder Pumpquellen-Vergleichssignal. Dieses Fehlersignal ist für die Differenz zwischen der Ist-Leistung, die durch die Pumpquelle **210** zugeführt wird, und der Durchschnittspumpleistung repräsentativ, die durch alle verfügbaren Pumpquellen bereitgestellt wird. Daher bestimmt der Fehlersignalgenerator **250** den Ausgangsleistungspegel eines einzelnen Pumpeingangsmoduls im Verhältnis zur Durchschnittspumpleistung aller Pumpeingangsmodule.

[0028] Der Fehlersignalgenerator **250** liefert das erzeugte Pumpquellen-Vergleichssignal an eine Pumpquellen-Steuereinrichtung **270**. Bei der Lieferung dieses Pumpquellen-Vergleichssignals an die Pumpquellen-Steuereinrichtung **270** wird die Pumpquellen-Steuereinrichtung mit Informationen hinsichtlich der Leistung der Pumpquelle **210** im Verhältnis zu den anderen verfügbaren Pumpquellen beliefert.

[0029] Es ist nicht notwendig, daß die Ausgangsleistung irgendeiner einzelnen Pumpquelle an einem bestimmten Pumpeingangsmodul gleich der Durchschnittsleistung ist, die durch alle verfügbaren Pumpeingangsmodule bereitgestellt wird. Es kann für den Konstrukteur Gründe geben, dafür zu sorgen, daß ein

oder mehrere Pumpeingangsmodule einen größeren Anteil der gesamten erforderlichen Ausgangsleistung liefern, als durch andere Eingangsmodule bereitgestellt wird, jedoch ist dies eine besondere Anwendungsgestaltungsentscheidung und kann in die Steuersoftware programmiert werden oder in einer spezifischen analogen Schaltungsimplementierung verdrahtet werden, falls geeignet und falls erforderlich.

[0030] Das dritte Referenzsignal, das an die Pumpquellen-Steuereinrichtung **270** geliefert wird, ist das Signal, das für den Soll-Verstärkerleistungsausgangspegel kennzeichnend ist. Der Verstärker-Referenzsignalgenerator **260** stellt das Referenzsignal bereit, das für den Soll-Ausgangsleistungspegel für das Modul **100** kennzeichnend ist. Die spezifische Form und Erzeugungstechnik für das Referenzsignal für den Soll-Verstärkerleistungsausgangspegel kann auf eine Vielfalt von Arten implementiert werden, abhängig von der besonderen Gestaltung, die zur Implementierung der Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung gewählt wird. Zum Beispiel kann das Referenzsignal eine Steuerspannung sein, die durch den Bediener eingegeben wird. Durch Liefern eines Referenzsignals, das für die Soll-Verstärkerausgangsleistung kennzeichnend ist, an die Steuereinrichtung **270**, weist die Steuereinrichtung **270** eine Referenz auf, aus der die Ist-Leistung des Verstärkers **110** zu analysieren ist. Das Referenzsignal, das für die Soll-Verstärkerausgangsleistung kennzeichnend ist, das durch den Verstärker-Referenzsignalgenerator **260** erzeugt wird, wird an die Steuereinrichtung **270** über einen Übertragungsweg **264** geliefert, wie in Fig. 1 gezeigt.

[0031] Der Verstärker-Referenzsignalgenerator **260** erzeugt auch ein Pumpeingangsmodul-Verfügbarkeitssignal zur Übertragung über das Netzwerk **400**. Dieses Verfügbarkeitssignal wird in Fig. 1 als ein Signal **266** für das Pumpeingangsmodul **200** dargestellt. Das Signal **266** wird durch jedes andere verfügbare Pumpeingangsmodul empfangen. Wie in Fig. 1 gezeigt, wird das Verfügbarkeitssignal 266 vom Pumpeingangsmodul **200** an das Netzwerk **400** gesendet und wird durch das Pumpeingangsmodul **300** empfangen. Dieses Verfügbarkeitssignal wird genutzt, um jedes andere verfügbare Eingangsmodul von der Verfügbarkeit eines bestimmten Eingangsmoduls zu unterrichten, eine Pumpleistung bereitzustellen. Diese Verfügbarkeitssignal könnte zum Beispiel genutzt werden, um einen Schalter im Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul jedes Pumpeingangsmoduls zu schließen, so daß bei geschlossenem Schalter zum Beispiel das Referenzsignal **224**, das ein Signal bereitstellt, das für die Ist-Ausgangspumpleistung für die Pumpquelle **210** des Pumpeingangsmoduls **200** kennzeichnend ist, im Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul eines anderen Pumpeingangsmoduls empfangen würde.

[0032] Beruhend auf den drei Referenzsignalen, die an die Pumpquellen-Steuereinrichtung **270** geliefert werden, d.h. dem Ist-Verstärkerleistungsausgangspegel, dem Soll-Verstärkerleistungsausgangspegel und der Leistung der eigenen Pumpquelle des Pumpeingangsmoduls im Verhältnis zur Leistung, die durch alle verfügbaren Pumpquellen bereitgestellt wird, wird die Pumpquellen-Steuereinrichtung **270** diese Signale analysieren und automatisch die Leistungsabgabe der Pumpquelle **210** des Pumpeingangsmoduls **200** so einstellen, daß sie definierte Systemparameter erfüllt. Zum Beispiel so, daß der Verstärker einen vordefinierten Ausgangsleistungspegel erreicht, wobei alle verfügbaren Pumpquellen gleich oder ungleich gewichtet unter bestimmten Pumpquellen teilnehmen.

[0033] Die Steuerlogik der Pumpsteuereinrichtung **270** weist eine geeignete Zeitkonstante auf, um die Einstellgeschwindigkeit der Leistungsabgabe der Pumpquelle **210** zu steuern. Die Zeitkonstante wird beruhend auf den besonderen Gestaltungsanforderungen des Systems festgelegt, in das die vorliegende Erfindung integriert wird. Auf diese Weise wird die Pumpsteuereinrichtung **270** automatisch in Echtzeit, d.h. während des Verstärkerbetriebs, den Ausgangsleistungspegel der Pumpquelle **210** beruhend auf der Verfügbarkeit und dem Ausgangsleistungspegel der anderen verfügbaren Pumpquellen steuern, ohne den Betrieb des Verstärkers merklich oder drastisch zu beeinflussen. In einem komplexen System mit mehreren Pumpmodulen und möglicherweise mehreren Regelschleifen, muß ein stabiler (nicht oszillierender) Systembetrieb sichergestellt werden. Eine Art, in der vorliegenden Erfindung einen stabilen Betrieb sicherzustellen, ist es sicherzustellen, daß die Pumpsteuereinrichtung **270** zwei Anforderung erfüllt: 1) sie darf niemals zulassen, daß sich die Pumpquelle **210** schneller als eine vordefinierte Zeitkonstante ein oder ausschaltet, und 2) sie muß auf das bipolare Fehlersignal **254**, das eine Ungleichheit zwischen den Pumpausgangsleistungen anzeigt, in einer unipolaren Weise reagieren, d.h. indem sie nur die Pumpquelle **210** heruntergeregelt. Ein Fehlersignal **254** mit einer Polarität, die anfordert, daß die Quelle **210** auf eine höhere Ausgangsleistung eingestellt wird, muß gesperrt werden (durch die Steuereinrichtung **270** nicht bearbeitet werden).

[0034] Da jedes Pumpeingangsmodul, z.B. das Pumpeingangsmodul **300**, außerdem mit denselben Referenzsignalen für die Ist-Verstärkerausgangsleistung, die Soll-Verstärkerausgangsleistung und die Leistung seiner eigenen Pumpquelle im Verhältnis zur Durchschnittsleistungsabgabe aller anderen verfügbaren Pumpquellen versorgt wird, wird das Pumpeingangsmodul **300** automatisch seinen Leistungspegel so einstellen, daß es die definierten Systemparameter einhält. Da die Leistungsabgabe jedes Pumpeingangsmoduls automatisch an jedes andere ver-

fügbare Pumpeingangsmodul gesendet wird und daher jedes Pumpeingangsmodul imstande ist, seine Leistungsabgabe im Verhältnis zur Durchschnittsleistung zu bestimmen, die durch alle anderen verfügbaren Pumpquellen geliefert wird, wird jede Einstellung an einer Leistungsabgabe einer bestimmten Pumpquelle durch die Pumpeingangsmodule abgetastet werden und ihrer Leistungsabgaben werden entsprechend eingestellt werden, bis ein Soll-Ausgangsleistungspegel für jedes Pumpeingangsmodul erreicht wird, der beruhend auf den besonderen Gestaltungsanforderungen für eine bestimmte Anwendung definiert ist. Als solche werden alle Pumpquellen automatisch eingestellt werden, um am Pumpen des Verstärkers **110** beruhend auf definierten Systemparametern teilzunehmen. Auf diese Weise werden, wenn eine gegenwärtig verfügbare Pumpquelle ausfällt oder wenn eine zusätzliche Pumpquelle verfügbar gemacht wird, die Leistungsabgabepegel der anderen verfügbaren Pumpquellen automatisch eingestellt, um diese Änderungen zu kompensieren.

[0035] Im Betrieb wird der Prozeß zur Steuerung mehrerer Pumpquellen gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durch den Prozeßablaufplan der Fig. 2 bereitgestellt. In einer analogen Implementierung würden die Funktionen jedes Kastens möglicherweise in einer parallelen, kontinuierlichen Weise geschehen, d.h. nicht sequentiell. Ein Prozessor würde sie natürlich sequentiell ausführen. Schritt **500** repräsentiert den Schritt des Abtastens eines ersten Signals, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers durch jedes der verfügbaren Pumpeingangsmodule repräsentativ ist. Schritt **505** zeigt den Schritt des Empfangens eines Referenzsignals, das den Soll-Leistungsausgangspegel des Verstärkers an jedem Pumpeingangsmodul repräsentiert. Wie in Schritt **510** gezeigt, wird ein Signal, das für die Ist-Leistung kennzeichnend ist, die durch jede der verfügbaren Pumpquellen zugeführt wird, am Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul jedes Pumpeingangsmoduls empfangen. Das Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul analysiert die Ist-Leistung, die aus jeder der verfügbaren Pumpquellen zugeführt wird, wie es durch Schritt **515** repräsentiert wird. Im Schritt **520** wird beruhend auf der Analyse der Ist-Leistung, die aus jeder der verfügbaren Pumpquellen zugeführt wird, und der Leistung, die durch eine Pumpquelle eines einzelnen Pumpeingangsmoduls zugeführt wird, ein Pumpquellen-Vergleichssignal erzeugt. Schritt **525** zeigt den Schritt an, wo die Pumpquellen-Steuereinrichtung beruhend auf Analysieren der Ist-Verstärkerleistungsabgabe, der Soll-Verstärkerleistungsabgabe und des Pumpquellen-Vergleichssignals automatisch die Leistung steuert, die durch die Pumpquelle des Pumpeingangsmoduls zugeführt wird, mit der er verbunden ist.

[0036] Es werden verschiedene Variationen an den offenbarten Ausführungsformen erwogen. In den offenbarten Ausführungsformen sind die Ausgangssignalanzapfung und der Verteiler angeordnet, um das Referenzleistungspegelsignal, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist, durch Abtasten des Ausgangssignal-Leistungspegels des Verstärkers abzutasten, jedoch könnte das Referenzsignal durch Abtasten der kombinierten Eingangsleistung in den Verstärker erhalten werden, die durch alle verfügbaren Pumpquellen zugeführt wird. Mit dieser alternativen Ausführungsform könnten die einzelnen Pumpeingangsmodule unterschiedliche Pumpwellenlängen oder Polarisationszustände aufweisen und durch Wellenlängenmultiplex oder Polarisationsmultiplex kombiniert werden, und diese kombinierte Pumpleistung würde abgetastet.

[0037] In der offenbarten Ausführungsform enthält jedes Pumpeingangsmodul seine eigene getrennte Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung, jedoch ist es nicht erforderlich, daß jedes Pumpeingangsmodul seine eigene Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung enthält. Alternativ könnte die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung als eine Steuerschaltung ausgeführt werden, die von jedem besonderen Pumpeingangsmodul unabhängig ist, jedoch immer noch automatisch jede Pumpquelle beruhend auf der Analyse der Referenzsignale steuert, wie offenbart. In dieser alternativen Ausführungsform würden die Referenzsignale für den Ist-Verstärkerleistungsausgangspegel und den Soll-Verstärkerleistungsausgangspegel, und Signale, die für die Ist-Ausgangsleistung für jede Pumpquelle kennzeichnend sind, an die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung geliefert, wie vorhergehend offenbart. Die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung würde die Signale analysieren und die Pumpquelle jedes Pumpeingangsmoduls steuern, wie beschrieben. Die einzige Modifikation, die am Informationsstrom erforderlich wäre, wie vorhergehend offenbart, ist, daß eine Adressierung für die Referenzsignale, die für die Ist-Ausgangsleistung für jede Pumpquelle kennzeichnend sind, und für die Signale erforderlich wäre, die in den zentralen Fehlersignalgenerator eingegeben werden, so daß der Fehlersignalgenerator wissen würde, welches einzelne Pumpquellen-Ausgangsleistungssignal er gegenüber dem Durchschnittsusgangsleistung Signal analysierte. Außerdem wäre eine Adressierung für die Ausgangssignale aus dem Fehlersignalgenerator und der zentralen Pumpquellen-Steuereinrichtung erforderlich, so daß die Pumpquellen-Steuereinrichtung beruhend auf den analysierten Signalen wissen würde, welche Pumpquelle zu steuern ist.

[0038] Zusätzlich ist es nicht erforderlich, daß alle verfügbaren Pumpquellen automatisch gesteuert werden, wenn die vorliegende Erfindung praktiziert wird. Zum Beispiel könnte eine besondere Gestaltungsausführung für die automatische Steuerung der Ausgangsleistung nur eines Eingangsmoduls sorgen. Die anderen verfügbaren Pumpquellen könnten

nicht steuerbar sein und eine konstante Leistungsabgabe aufweisen. Auf diese Weise würde, wenn eines der Module mit konstanter Leistungsabgabe ausfällt, das steuerbare Pumpeingangsmodul automatisch so gesteuert, daß es den Verlust des ausgefallenen Pumpeingangsmoduls kompensiert. Folglich würde ein Eingangsmodul gesteuert, um Änderungen der Ausgangsleistungspegel der anderen Pumpquellen zu kompensieren.

[0039] Während die Pumpeingangsmodule so offenbart werden, daß sie eine getrennte selbständige Pumpleistungsversorgungseinheit sind, könnten die Pumpeingangsmodule in die optische Schaltung integriert werden.

[0040] Es ist außerdem nicht erforderlich, daß ein Netzwerk bereitgestellt wird, um Signale von einem Eingangsmodul an andere Eingangsmodule zu senden. Die für den Fluß von Informationssignalen erforderlichen Übertragungswege könnten direkte Wege oder „festverdrahtete" Verbindungen zwischen allen verfügbaren Pumpeingangsmodulen sein.

[0041] Wie offenbart, wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur automatischen Steuerung von Verstärkerpumpquellen offenbart. Jedes verfügbare Pumpeingangsmodul nimmt an der Lieferung von Pumpleistung an eine optische Verstärkungsstufe teil. Die Abgabe aller verfügbaren Pumpquellen wird beruhend auf der Leistung automatisch eingestellt, die durch jede Pumpquelle zugeführt wird, um einen Soll-Leistungsausgangspegel für die Verstärkungsstufe aufrechtzuerhalten. Auf diese Weise nehmen alle Pumpquellen an der Lieferung von Pumpleistung an einen Verstärker teil und werden automatisch eingestellt, um Änderungen der verfügbaren Pumpleistung zu kompensieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Steuerung des Leistungspegels mehrerer Verstärkerpumpquellen, die einen optischen Verstärker pumpen, das die Schritte aufweist:
Abtasten (**500**) eines ersten Signals, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist;
Empfangen (**505**) eines Referenzsignals, das den Soll-Leistungspegel des optischen Verstärkers repräsentiert;
Abtasten (**510**) der Ist-Leistung, die durch jede der mehreren Pumpquellen zugeführt wird;
Analysieren (**515**) der Ist-Leistung, die durch jede der mehreren Pumpquellen zugeführt wird;
Erzeugen (**520**) eines Pumpquellen-Vergleichssignals, das für die Differenz zwischen der Ist-Leistung, die durch eine Pumpquelle (**210**) zugeführt wird, und der Durchschnittspumpleistung, die durch alle verfügbaren Pumpquellen bereitgestellt wird, repräsentativ ist, beruhend auf der Analyse der Ist-Leistung, die aus jeder der mehreren Pumpquellen zugeführt wird;
Analysieren des ersten Signals, das für den Ist-Verstärkerleistungspegel repräsentativ ist, des Referenzsignals, das den Soll-Verstärkerleistungspegel repräsentiert, und des Pumpquellen-Vergleichssignals; und
automatisches Steuern (**525**) der Leistung, die aus jeder der mehreren Pumpquellen zugeführt wird, beruhend auf der Analyse des ersten Signals, des Referenzsignals, das den Soll-Verstärkerleistungspegel repräsentiert, und des Pumpquellen-Vergleichssignals.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtastens eines ersten Signals, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist, durch Abtasten der kombinierten Eingangsleistung in den Verstärker aus den mehreren Pumpquellen (**210**) ausgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtastens eines ersten Signals, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist, durch Abtasten des Ausgangssignal-Leistungspegels aus dem Verstärker ausgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei jede der mehreren Verstärkerpumpquellen (**210**) an einem getrennten Pumpeingangsmodul (**200**, **300**) enthalten ist und wobei jedes der Pumpeingangsmodule eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung zur automatischen Steuerung der Leistung enthält, die durch die Pumpquelle an dem Pumpeingangsmodul zugeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei jedes der mehreren Pumpeingangsmodule (**200**, **300**) ein Referenzsignal, das für die Ist-Leistung repräsentativ ist, die durch die Pumpquelle (**210**) an dem Pumpeingangsmodul zugeführt wird, über ein Netzwerk zum Empfang durch jedes der anderen der mehreren Pumpeingangsmodule sendet.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Referenzsignal, das durch jedes der mehreren Pumpeingangsmodule (**200**, **300**) gesendet wird, eine Adresse enthält, wobei die Adresse das gesendete Referenzsignal eindeutig dem sendenden Pumpeingangsmodul zuordnet.

7. Verfahren zur automatischen Steuerung des Pumpleistungspegels einer ersten Verstärkerpumpquelle, wenn sie zusammen mit einer zweiten Pumpquelle genutzt wird, um einen optischen Verstärker zu pumpen, das die Schritte aufweist:
Abtasten (**500**) eines ersten Signals, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist;
Bereitstellen (**505**) eines Referenzsignals, das den Soll-Leistungspegel des Verstärkers repräsentiert;

Abtasten (**510**) der Ist-Leistung, die durch die erste Verstärkerpumpquelle zugeführt wird;
Abtasten (**510**) der Ist-Leistung, die durch die zweite Verstärkerpumpquelle zugeführt wird;
Analysieren (**515**) der Ist-Leistung, die durch die erste Verstärkerpumpquelle zugeführt wird, und der Ist-Leistung, die durch die zweite Verstärkerpumpquelle zugeführt wird;
Erzeugen (**520**) eines Pumpquellen-Vergleichssignals, das für die Differenz zwischen der Ist-Leistung, die durch die erste Pumpquelle (**210**) zugeführt wird, und der Durchschnittspumpleistung, die durch alle verfügbaren Pumpquellen zugeführt wird, repräsentativ ist, beruhend auf der Analyse der Ist-Leistung, die durch die erste Verstärkerpumpquelle zugeführt wird, und der Ist-Leistung, die durch die zweite Verstärkerpumpquelle zugeführt wird;
Analysieren des ersten Signals, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist, des Referenzsignals, das den Soll-Leistungspegel des Verstärkers repräsentiert, und des Pumpquellen-Vergleichssignals; und
automatisches Steuern (**525**) der Leistung, die durch die erste Verstärkerpumpquelle zugeführt wird, beruhend auf der Analyse des ersten Signals, des Soll-Verstärkerleistungspegelsignals und des Pumpquellen-Vergleichssignals.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt der automatischen Steuerung der Leistung, die durch die erste Verstärkerpumpquelle (**210**) zugeführt wird, die Schritte aufweist:
a) Verhindern, daß die erste Verstärkerpumpquelle (**210**) schneller als eine vordefinierte Zeitkonstante ein oder ausschaltet; und
b) Reagieren auf das Pumpquellen-Vergleichssignal, wenn das Pumpquellen-Vergleichssignal eine Ungleichheit zwischen der Ist-Leistung, die durch die erste Verstärkerpumpquelle zugeführt wird, und der Ist-Leistung, die durch die zweite Verstärkerpumpquelle zugeführt wird, anzeigt, indem nur die Leistung der ersten Verstärkerpumpquelle heruntergeregelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Schritt des Abtastens eines ersten Signals, das für den Ist-Leistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist, durch Abtasten der kombinierten Eingangsleistung in den Verstärker aus der ersten Verstärkerpumpquelle (**210**) und der zweiten Verstärkerpumpquelle (**210**) ausgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9, wobei der Schritt des Abtastens eines ersten Signals, das für den Ist-Pumpleistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist, durch Abtasten des Ausgangssignal-Leistungspegels aus dem Verstärker ausgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 7, 8, 9 oder 10, das ferner ein Pumpeingangsmodul aufweist, wobei das Pumpeingangsmodul (**200**, **300**) die erste Verstärkerpumpquelle und eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung enthält, um nur die Leistung automatisch zu steuern, die durch die erste Verstärkerpumpquelle zugeführt wird.

12. Vorrichtung zur Steuerung mehrerer Verstärkerpumpquellen (**210**), die einen optischen Verstärker pumpen, die aufweist:
mehrere Pumpquellen (**210**); und
mindestens eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung, wobei die mindestens eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung ein erstes Signal, das für den Ist-Leistungspegel des optischen Verstärkers repräsentativ ist, die Ist-Leistung, die durch jede der mehreren Pumpquellen (**210**) zugeführt wird, abtastet, und ein Pumpquellenvergleichssignal erzeugt, das für die Differenz zwischen der Ist-Leistung, die durch eine Pumpquelle (**210**) zugeführt wird, und der Durchschnittspumpleistung, die durch alle verfügbaren Pumpquellen bereitgestellt wird, repräsentativ ist, und ein Eingangsreferenzsignal empfängt, das für den Soll-Leistungspegel des optischen Verstärkers repräsentativ ist, und wobei die mindestens eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung automatisch den Leistungspegel der mehreren Pumpquellen (**210**) beruhend auf der Analyse des ersten Signals, des Referenzsignals, welches den Soll-Verstärkerleistungspegel repräsentiert, und des Pumpquellen-Vergleichssignals steuert.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die mehreren Pumpquellen (**210**) und die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung physikalisch getrennt vom Verstärker angeordnet sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, die ferner mehrere Pumpeingangsmodule (**200**, **300**) aufweist, wobei jedes der mehreren Pumpeingangsmodule eine der mehreren Pumpquellen (**210**) und ihre eigene getrennte Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung enthält und wobei jede der Pumpquellen-Leistungssteuerschaltungen automatisch nur die Leistung steuert, die durch die Pumpquelle (**210**) an dem Pumpeingangsmodul (**200**, **300**) zugeführt wird.

15. Vorrichtung zur Steuerung des Pumpleistungspegels einer ersten Verstärkerpumpquelle (**210**), wenn sie zusammen mit einer zweiten Pumpquelle genutzt wird, um einen optischen Verstärker zu pumpen, die aufweist:
eine erste Verstärkerpumpquelle (**210**); und
eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung, wobei die Verstärkerpumpquellen-Leistungssteuerschaltung ein erstes Signal, das für den Ist-Leistungspegel des optischen Verstärkers repräsentativ ist, die Ist-Leistung, die durch die erste Verstärkerpumpquelle zugeführt wird, und die Ist-Leistung, die durch die zweite Verstärkerpumpquelle zugeführt wird, abtas-

tet, und ein Pumpquellen-Vergleichssignal erzeugt, das für die Differenz zwischen der Ist-Leistung, die durch die erste Pumpquelle (**210**) zugeführt wird, und der Durchschnittspumpleistung, die durch alle verfügbaren Pumpquellen bereitgestellt wird, repräsentativ ist, und ein Eingangsreferenzsignal empfängt, das für den Soll-Pumpleistungspegel des Verstärkers repräsentativ ist, und wobei die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung automatisch den Leistungspegel der ersten Verstärkerpumpquelle (**210**) beruhend auf der Analyse des ersten Signals, des Referenzsignals, welches den Soll-Verstärkerleistungspegel repräsentiert, und des Pumpquellen-Vergleichssignals steuert.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, die ferner ein Pumpeingangsmodul (**200**) aufweist, wobei das Pumpeingangsmodul (**200**) die erste Verstärkerpumpquelle (**210**) und die Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die mindestens eine Pumpquellen-Leistungssteuerschaltung aufweist:
einen Pumpquellen-Detektor (**220**);
einen Ist-Verstärkerleistungsdetektor (**230**);
ein Pumpquellen-Durchschnittsbildungsmodul (**240**);
einen Fehlersignalgenerator (**250**); und
eine Pumpquellen-Steuereinrichtung (**270**).

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

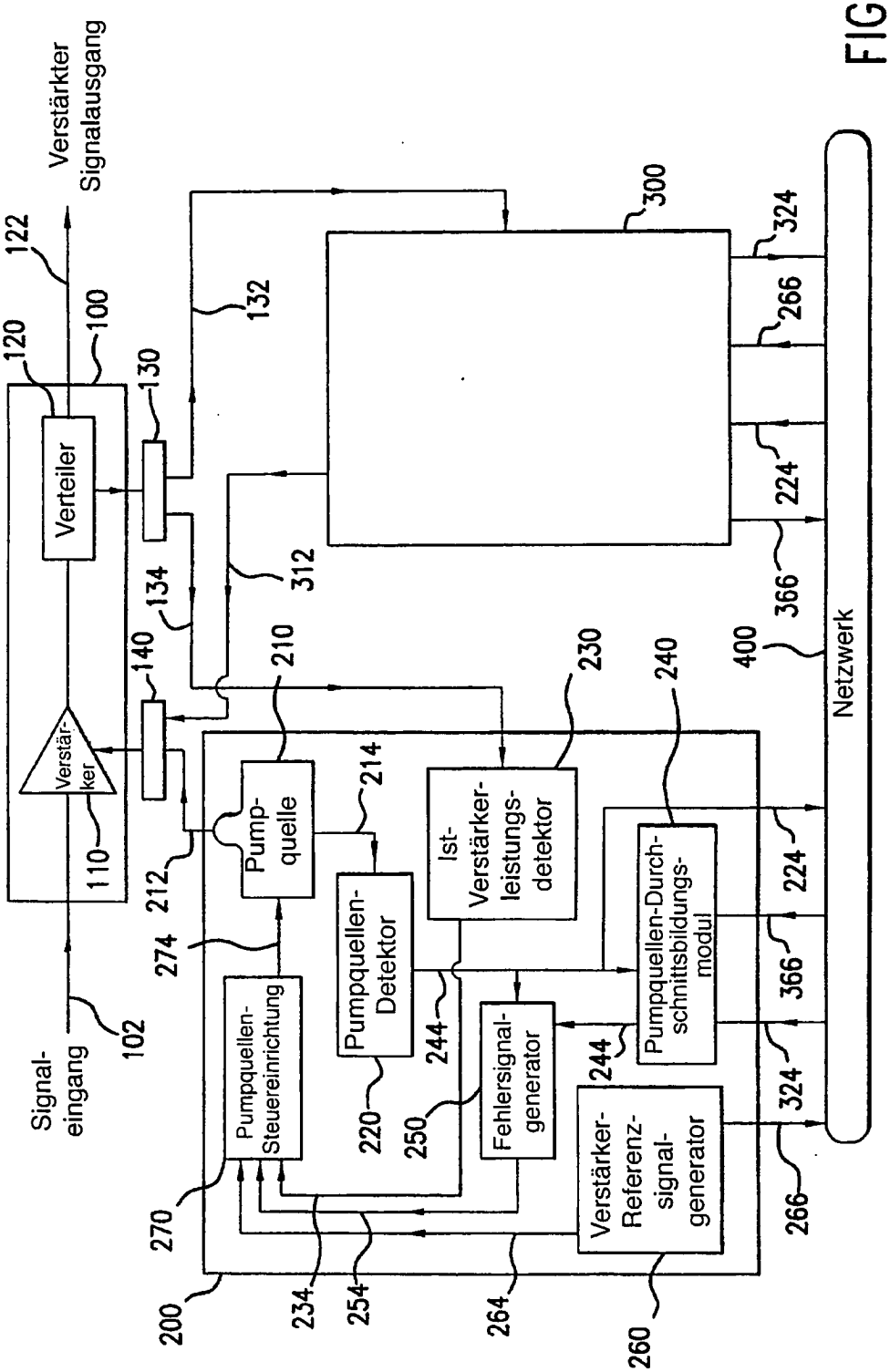

FIG.1

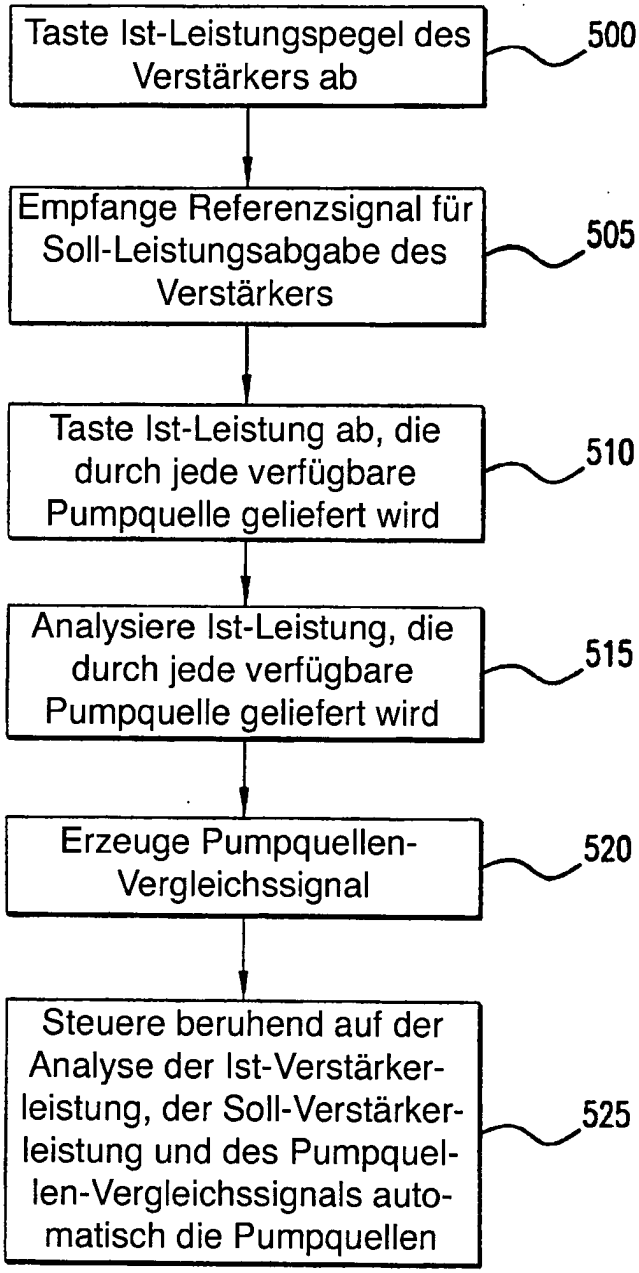
Taste Ist-Leistungspegel des Verstärkers ab
500
Empfange Referenzsignal für Soll-Leistungsabgabe des Verstärkers
505
Taste Ist-Leistung ab, die durch jede verfügbare Pumpquelle geliefert wird
510
Analysiere Ist-Leistung, die durch jede verfügbare Pumpquelle geliefert wird
515
Erzeuge Pumpquellen-Vergleichssignal
520
Steuere beruhend auf der Analyse der Ist-Verstärkerleistung, der Soll-Verstärkerleistung und des Pumpquellen-Vergleichssignals automatisch die Pumpquellen
525

FIG.2