



(10) **DE 602 14 940 T3** 2014.01.09

(12) **Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 282 255 B2**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 14 940.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 25 5086.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.07.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.02.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.09.2006**

(97) Veröffentlichungstag

des geänderten Patents beim EPA: **16.10.2013**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.01.2014**

(51) Int Cl.: **H04L 1/00 (2006.01)**

H04J 14/02 (2006.01)

Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(30) Unionspriorität:

306567 P 19.07.2001 US

(73) Patentinhaber:

**Tyco Electronics Subsea Communications LLC,
Morristown, N.J., US**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Wagner Dr. Herrguth, 30163,
Hannover, DE**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Tyco Telecommunications (US) Inc., Morristown,
NJ 07960, US**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur automatischen Optimierung von WDM optischen Kommunikationssystemen**

Beschreibung

Crossreferenz hinsichtlich verwandter Anmeldungen

[0001] Die vorliegende Erfindung beansprucht den Benefit der U. S. Provisional Application serial number 60/306 567, eingereicht am 19. Juli 2001, wobei die dortigen Lehren durch Bezugnahme hiermit aufgenommen sind.

Erfindungsgebiet

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft Kommunikationsnetzwerke im allgemeinen. Im speziellen betrifft die Erfindung ein System und ein Verfahren zur automatischen Optimierung von optischen Kommunikationssystemen.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Die Kapazität von Fernkommunikationssystemen, wie beispielsweise "Unterwasser"- oder "Untersee"-Systeme, ist um eine wesentliche Rate gestiegen. Beispielsweise sind einige optisch verstärkte Fernunterwasserkommunikationssysteme in der Lage, Informationen bei Geschwindigkeiten von 10 Gigabits pro Sekunde (Gbps) oder größer in einem einzelnen optischen Kanal zu übertragen. Um die Übertragungskapazität eines optischen Fasernetzwerkes zu maximieren, trägt eine einzelne Faser multiple optische Kanäle in einem als Wellenlängenteilungsmultiplexing bekannten Verfahren. Beispielsweise könnte eine einzelne optische Faser 64 einzelne optische Signale in separaten optischen Kanälen bei entsprechenden Wellenlängen gleichmäßig im Niederungsverlustfenster einer optischen Faser gleichmäßig gestreut tragen, beispielsweise zwischen 1540 und 1564,8 Nanometern, (d. h. gestreut in Kanälen von 0, 4 Nanometerzentren).

[0004] Fernkommunikationssysteme sind jedoch besonders störanfällig in Bezug auf Dämpfung, Rauschen und Pulsverzerrung, sich ergebend aus den relativ langen Distanzen, die die Signale überwinden müssen (d. h. im allgemeinen 600 bis 12.000 Kilometer). Diese Effekte können sich manifestieren in Datenübertragungsfehlern. Die Effizienz von jedem Kommunikationssystem hängt jedoch direkt ab von der Zuverlässigkeit, mit der Daten auf dem System übertragen und empfangen werden.

[0005] In Anbetracht der Tatsache, daß abträgliche Effekte an übertragenen Signalen nicht vollständig von einem Kommunikationssystem entfernt werden können, besteht ein Ansatz bei langen Fernübertragungssystemen darin, eine Vorkompensierung und Postkompensierung für solche Effekte bereitzustellen. Beispielsweise ist es bekannt, chromatische Dispersionskompensierung an einem Transmitter und Empfänger bereitzustellen, um die Unterschiedlich-

keit in der Geschwindigkeit der Übertragung für verschiedene Wellenlängen in einer optischen Faser zu kompensieren. Zur Akkomodierung für die Liniendämpfung können die übertragenen optischen Signale an unterschiedlichen Signalleveln übertragen werden bei einer im allgemeinen als Vorempassung bezeichneten Methode. Andere Prä- und Post-Kompensierungstechniken sind dem Fachmann auf diesem Gebiet bekannt.

[0006] Eine Schwierigkeit mit solchen Kompensierungstechniken ist es jedoch, daß diese eine mühselige, zeitintensive, teure und uneffiziente Implementierung benötigen. Jedes Kommunikationssystem ist einzigartig in Bezug auf die Verzerrungseffekte, die sich zu den dort übertragenen optischen Signalen präsentieren. Spannweitenlänge, Verstärkerkonfiguration, Kanalzahl, Übertragungsgeschwindigkeit etc. beeinflussen alle die Signalübertragung und können von System zu System variieren. So ist beispielsweise irgendeine Prä- und/oder Post-Kompensierung für ein gegebenes System notwendig implementiert, basierend auf der spezifischen Systemkonfiguration. Diese erfordert eine detaillierte Analyse der Systemcharakteristika und einen zielgerichteten Ansatz in Richtung Bereitstellung einer Kompensierung für jeden Kanal.

[0007] Soweit im allgemeinen ein System konstruiert wird, wird die Systemperformance getestet und die Kompensierung manuell eingestellt auf einer Kanal-durch-Kanalbasis in einem Ansatz, die Systemperformance zu optimieren. Einstellungen werden manuell vorgenommen hinsichtlich des Kompensierungsequipments, typischerweise ein Kanal zu einer bestimmten Zeit. Bei neu konstruierten Systemen kann dieser Prozeß des manuellen Feintunings der Systemperformance Wochen oder Monate dauern. Wenn das System ebenso operativ ist, ist es typischerweise notwendig, das System periodisch zu reoptimieren, um hinsichtlich Variationen in den Transmissionsanomalien und/oder Systemkompensierungseinstellungen zu kontrollieren. Dieser Reoptimierungsprozeß muß manuell, ein Kanal zu einer bestimmten Zeit, wieder durchgeführt werden.

[0008] Demzufolge kann daraus geschlossen werden, daß eine substantielle Notwendigkeit besteht für ein Verfahren und eine Vorrichtung, die eine einfache und effiziente Optimierung von optischen Kommunikationssystemparametern erlaubt.

[0009] Der Leser wird verwiesen auf EP-A-0926854.

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Gemäß eines Aspekts der Erfindung wird dort bereitgestellt ein Verfahren zum Aufrechterhalten einer festgestellten Fehlerzählung für in einem optischen WDM-Kommunikationsnetzwerk gemäß Anspruch 1 übertragenen Daten.

[0011] Gemäß eines anderen Gegenstandes der Erfindung wird dort bereitgestellt ein maschinenlesbares Medium, dessen Inhalte ein Computersystem veranlassen, ein Verfahren zur Aufrechterhaltung einer aufgeprägten Fehlerzählung für auf einem optischen WDM-Kommunikationsnetzwerk gemäß Anspruch 12 übertragenen Daten durchzuführen.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0012] Für ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung soll Referenz genommen werden zu der folgenden detaillierten Beschreibung, die gelesen werden sollte in Verbindung mit den folgenden Figuren, wobei gleiche Bezifferungen gleiche Teile darstellen:

[0013] Fig. 1 illustriert ein exemplarisches WDM-System, passend für das Praktizieren einer Ausführungsform der Erfindung.

[0014] Fig. 2 ist ein Flußdiagramm einer exemplarischen Methode, die konsistent ist mit der Erfindung.

[0015] Fig. 3 ist ein Flußdiagramm, das eine exemplarische Methode illustriert für Performing-Setup-Einstellungen von Übertragungs- und Empfangsparametern, konsistent mit der Erfindung.

[0016] Die Fig. 4A–Fig. 4D stellen bereit Flußdiagramme, die eine exemplarische Methode darstellen zum Durchführen von Prä-Emphasis-Setup-Einstellungen, konsistent mit der Erfindung.

[0017] Die Fig. 5A–Fig. 5C stellen Flußdiagramme bereit, die eine exemplarische Methode darstellen zum Durchführen der Kanalsoptimierung in einem Verfahren der Durchführung von Prä-Emphasis-Setup-Einstellungen, konsistent mit der Erfindung.

[0018] Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, das eine exemplarische Methode darstellt zur Durchführung von Hintergrundeinstellungen, konsistent mit der Erfindung.

[0019] Fig. 7 ist ein Flußdiagramm, darstellend eine exemplarische Methode zum Durchführen von Hintergrundeinstellungen von Übertragungs- und Empfangs-Parametern, konsistent mit der Erfindung.

[0020] Die Fig. 8A–Fig. 8B stellen bereit Flußdiagramme, die eine exemplarische Methode darstellen zum Durchführen von Hintergrund-Prä-Emphasis-Einstellungen, konsistent mit der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

[0021] Fig. 1 zeigt ein vereinfachtes Blockdiagramm eines exemplarischen gemultiplexten Wellenlängenteilungs(WDM)-Übertragungssystems **100**, welches

konsistent ist mit der vorliegenden Erfindung. Das Übertragungssystem dient zum Übertragen einer Mehrzahl von optischen Kanälen über einen optischen Informationskanal **108** von einem Übertragungsterminal **103** zu einem oder mehreren fern lokalisierten Empfangsterminals **105**. Solche, die im Stand der Technik firm sind, erkennen, daß das System **100** als eine stark vereinfachte Punkt-zu-Punkt-Systemformvereinfachung der Erklärung dargestellt ist. Beispielsweise können das Übertragungsterminal **103** und Empfangsterminal **105** selbstverständlich figuriert sein als Transceiver (Sender-Empfänger), wodurch jeder konfiguriert sein kann, um sowohl Übertragungs- wie auch Empfangsfunktionen durchzuführen. Zur Erleichterung der Erklärung sind jedoch die Terminals dargestellt und hier beschrieben lediglich bezüglich einer Übertragungs- oder Empfangsfunktion. Daher ist das ganze dahingehend zu verstehen, daß ein System und ein Verfahren, konsistent mit der Erfindung, in einer großen Bandbreite an Netzwerkkomponenten und Konfigurationen mit eingeschlossen sind. Die dargestellten exemplarischen Ausführungsformen werden lediglich auf dem Weg der Erläuterung und nicht beschränkend bereitgestellt.

[0022] In der dargestellten exemplarischen Ausführungsform empfängt jeder der Mehrzahl von Transmittern **102-1**, **102-2**, **102-3** ... **102-N** ein Datensignal auf einem assoziiertem Eingangsport **104-1**, **104-2**, **104-3**, **104-N** und überträgt das Datensignal auf der assoziierten Wellenlänge λ_1 , λ_2 , λ_3 , ... λ_N . Die Transmitter sind selbstverständlich in einer hoch vereinfachten Form zur Erleichterung der Erklärung dargestellt. Solche, die im Stand der Technik firm sind, werden erkennen, daß jeder Transmitter elektrische und optische Komponenten, konfiguriert zum Übertragen des Datensignals an dessen assoziierter Wellenlänge mit einer gewünschten Amplitude und Modulation, beinhalten kann.

[0023] Die übertragenen Wellenlängen oder Kanäle werden jeweilig getragen auf einer Mehrzahl an Pfaden **106-1**, **106-2**, **106-3**, **106-N**. Die Datenkanäle sind kombiniert in einem Aggregatsignal auf einem optischen Informationskanal **108** durch einen Multiplexer oder Kombinierer **110**. Der optische Informationskanal **108** kann beinhalten ein optisches Faser-waveguide, optische Verstärker, optische Filter, Dispersionskompensierungsmodule und andere aktive und passive Komponenten.

[0024] Das Aggregatsignal kann empfangen werden an einem oder mehreren fernen Empfangsterminals **105**. Ein Demultiplexer **112** separiert die übertragenen Kanäle an den Wellenlängen λ_1 , λ_2 , λ_3 , ... λ_N auf assoziierten Pfaden **114-1**, **114-2**, **113-3**, **114-N**, gekoppelt mit assoziierten Empfängern **116-1**, **116-2**, **116-3**, **116-N**. Abhängig von dem Systemerfordernissen können die Empfänger Datensignale wiedergewinnen aus den empfangenen Kanälen und die

Datensignale auf den assoziierten Ausgangspfaden **118-1**, **118-2**, **118-3**, **118-N** bereitstellen.

[0025] In der dargestellten exemplarischen Ausführungsform ist ein Erhaltungsprozessor (MP) **120**, **122** bereitgestellt an jedem Terminal **103**, **105**. Jeder Erhaltungsprozessor kann kontrollierbar sein durch ein assoziiertes Userinterface (UI) **124**, **126**, welches beinhalten kann eine Usereingabevorrichtung, wie beispielsweise eine Tastatur, und ein Display. Das Userinterface für jedes Terminal kann lokal zum Terminal oder entfernt verbunden sein durch ein Kommunikationsnetzwerk.

[0026] Der Betrieb und die Funktion des Erhaltungsprozessors werden von solchen verstanden werden, die im Stand der Technik fachmännisch sind. Unter Bezugnahme auf das Terminal **103** beispielsweise kann der Erhaltungsprozessor konfiguriert sein, um die betrieblichen Parameter jedes Transmitters zu steuern. Die steuerbaren betrieblichen/Operations-Parameter am Transmitter können beispielsweise beinhalten Wellenlänge, Amplitude, Return-to-Zero(RZ)-Koeffizient, Phasenmodulationsbetrag- und Phasenwinkel.

[0027] Der Erhaltungsprozessor **120** am Empfangsterminal **105** kann konfiguriert sein, um die Operationsparameter jedes Empfängers zu steuern. Die steuerbaren Operationsparameter am Empfänger können beispielsweise beinhalten Clock- und Datenwiedergewinnung (CDR) Samplingphase, Limitierungsverstärkerschwellenwert und CDR-Entscheidungsschwellenwert. In einer Ausführungsform, bei der die Terminals **103** und **105** konfiguriert sind als Transceiver, würde der MP an jedem Terminal konfiguriert sein, um sowohl die Übertragungsoperationsparameter als auch die Empfangsoperationsparameter in Abhängigkeit des Terminalbetriebs zu steuern. Der Fachmann wird ebenso erkennen, daß der Erhaltungsprozessor konfiguriert sein kann als ein Einzelprozessor zum Steuern jedes Transmitters, wie gezeigt, oder konfiguriert sein kann als ein separater Prozessor, der verbunden ist mit jedem Transmitter. Darüber hinaus kann der Erhaltungsprozessor platziert sein in Master/Slave-Bedingungen, von denen eine des Prozessors den Betrieb der anderen Prozessoren steuert.

[0028] Im allgemeinen stellt ein mit der Erfindung konsistentes System und Verfahren bereit eine automatisierte Systemoptimierung durch automatisierte Einstellung der Systemübertragungs- und Empfangsoperationsparameter. Die automatisierte Einstellung von Systemoperationsparametern kann ermöglicht werden durch Software, angepaßt, um mittels des Erhaltungsprozessors ausgeführt zu werden. Nach Systeminstallation oder Rekonfigurierung kann ein Benutzer Setupeinstellungen initiieren durch das Benutzerinterface, um Initialeinstellungen und Opti-

mierung der Systemübertragungs- und Empfangsparameter und Pre-Emphasis-Einstellungen zu verursachen. Ebenso kann das System konfiguriert sein, um automatische Hintergrundeinstellungen während des Systembetriebs auszuführen. Hintergrundeinstellungen können konfiguriert sein, um auf einer periodischen Basis eine Systemoptimierung zu erhalten, dadurch in Betracht ziehend die Systemperformancevariation, erhaltend aus den Umgebungsänderungen wie beispielsweise Temperaturfluktuation oder Systemfehlfunktion oder Ermüdung.

[0029] Konsistent mit der Erfindung kann die automatisierte Optimierung erreicht werden durch die Verwendung von Fehlerzählungen, erzeugt durch eine FEC-Technik, die im System eingebaut ist. Der Fachmann wird erkennen, daß die FEC im wesentlichen die Aufnahme eines passenden Codes in einen Datenstrom ist für die Detektion und Korrektur von Datenfehlern durch den Systemempfänger. Ein Transmitter empfängt einen Datenstrom und codiert den Datenstrom unter Verwendung eines FEC-Encoders. Der FEC-Encoder generiert einen Code für einen Datenblock, der an den Datenblock angehängt wird. Der Transmitter sendet den codierten Datenblock über das Netzwerk. Ein Receiver (Empfänger) empfängt den codierten Datenblock und schickt diesen durch einen FEC-Decoder. Der FEC-Decoder gewinnt den Code wieder und verwendet diesen, um jeden Fehler innerhalb des empfangenen Datenblocks zu detektieren und zu korrigieren. Die Anzahl an Fehlern, d. h. die Fehlerzählung (EC), detektiert durch den FEC-Decoder, wird an den Systemerhaltungsprozessor berichtet.

[0030] Jeder FEC-Fehlerkorrekturcode kann verwendet werden in einem System, das konsistent ist mit der Erfindung, zur Optimierung von Systemen mit Operationsparametern.

[0031] Zusätzliche FEC-Fehlerkorrekturcodes beinhalten sind jedoch nicht beschränkt auf Hamming-Codes, BCH-Codes, Viterbi-Codes, Golay- und Fire-Codes, Turbocodes und verkettete Codes. Selbstverständlich werden Systemhardware und Softwarekonfiguration variieren in Abhängigkeit des ausgewählten Codes.

[0032] Im allgemeinen beobachtet ein mit der Erfindung konsistentes System die Fehlerzählung vom FEC-Code und stellt die Operationsparameter ein, um die berichtete Fehlerzählung zu minimieren, dadurch eine Systemoptimierung erreichend in einer automatischen Art und Weise. **Fig. 2** ist ein Flußdiagramm einer mit der vorliegenden Erfindung konsistenten Methode. Wie gezeigt, kann der Erhaltungsprozessor die FEC-Fehlerzählung **200** prüfen und eine Einstellung **202** eines Operationsparameters bei einem oder mehreren der Transmitter/Empfänger (Receiver) hervorrufen. Nach der Parameter-

einstellung kann das System re-prüfen **204** die Fehlerzählung, um den Effekt der Einstellung an Systemfehlern zu bestimmen. Der Prozeß des Einstellens und Überprüfens von Fehlerzählungen kann wiederholt werden **206** bis die Fehlerzählung minimiert ist.

[0033] Interaction zwischen Operationsparametern kann minimiert werden durch Einstellen lediglich eines Para Interaktion zwischen Operationsparametern kann minimiert werden durch Einstellen lediglich eines Parameters zu einer Zeit und durch iteratives Einstellen sämtlicher Parameter, um ein globales Optimum zu erhalten. Beispielsweise kann Kanal-Pre-Emphasis zuerst optimiert werden unter Verwendung der Fernende-FEC-Fehlerzählung. Pre-Emphasis im allgemeinen bezieht sich auf einen Prozeß, durch den der relative Signallevel jedes Kanals eingestellt wird in bezug auf die anderen Kanäle zu Zwecken des Erhaltens der gleichen Ende-zu-Ende-Performance auf allen Kanälen.

[0034] Übertragungsoperationsparameter können anschließend eingestellt werden in der folgenden Reihenfolge: (1) Wellenlänge; (2) RZ-Koeffizient; (3) Phasenmodulationsbetrag; und (4) Phasenwinkel. Übertragungsoperationsparameter können eingestellt werden unter Verwendung der Fernende-FEC-Fehlerzählung. Empfangsoperationsparameter können anschließend eingestellt werden in der folgenden Reihenfolge: (1) CDR-Samplingphase; (2) Limitierungsverstärkungsschwellenwert; (3) CDR-Entscheidungsschwellenwert. Zum Aufstellen von Einstellungen kann die CDR-Samplingphase eingestellt werden wiederum nach der Einstellung des CDR-Entscheidungsschwellenwertes. Empfangsoperationsparameter können eingestellt werden unter Verwendung der Nahe-Ende-FEC-Fehlerzählung. Der Fachmann wird selbstverständlich erkennen, daß ein der Erfindung konsistentes System nicht beschränkt ist auf die Einstellung eines spezifischen Parameters und/oder eines spezifischen Befehls einer Einstellung. Tatsächlich können die eingestellten Parameter und der Einstellungsbefehl in Abhängigkeit vom System und/oder Benutzeranforderungen variieren.

[0035] Wenigstens zwei Basiseinstellungstypen können eingesetzt werden in einem System oder einem Verfahren, das, konsistent mit der Erfindung ist: (1) Aufstellungseinstellungen; und (2) Hintergrund-einstellungen. Aufstellungseinstellungen können benutzerinitiiert sein, typischerweise nach der Systeminstallation und nach einer Reparatur. Die Aufstellungseinstellungen können beispielsweise verwenden 1-zweite EC Linienfehlerperformancedaten zum schnellen Aufstellen von Operationsparametern zu einer optimalen Aufstellung. Die Hintergrund- oder periodischen Einstellungen können in der Lage sein oder nicht in der Lage sein für ein partikulares System und können automatisch keine Einstellungen sein

für Operationsparametern, periodisch erzeugt und basierend auf beispielsweise 15-Minuten-FEC-Linienfehlerperformancedaten. Der Erhaltungsprozessor kann verantwortlich sein zum Ausführen von beiden Einstellungstypen in Antwort auf Softwareanweisungen.

[0036] Eine exemplarische Ausführungsform der Übertragungs- und Empfangs-Setup-Einstellungsoperationen, die durchgeführt werden durch ein System, das konsistent ist mit der Erfindung, ist dargestellt in **Fig. 3**. Der Fachmann wird erkennen, daß dort eine Reihe an Wegen gegeben ist, um eine Parameteroptimierung zu erreichen unter Verwendung von FEC-Fehlerzählungen in einer Art und Weise, die konsistent ist mit der Erfindung. Die dargestellten exemplarischen Ausführungsformen sind dahingehend zu verstehen, nicht limitierend zu sein.

[0037] In der dargestellten exemplarischen Ausführungsform kann ein Parameter zu einer Zeit eingestellt sein auf einer Kanal-durch-Kanal-Basis. Da die Betriebsparameter sich jeweils beeinflussen, kann die Einstellung sämtlicher Parameter iterativ durchgeführt werden, d. h. N mal. Die Anzahl N der iterativen Einstellungen kann variieren in Abhängigkeit von der Systemkonfiguration und kann eingestellt werden durch einen Benutzer. Wie gezeigt, kann für jeden Parameter der Erhaltungsprozessor die laufende Parametereinstellung lesen **302**, beispielsweise die Werkseinstellung für die Parameter. Die FEC-Fehlerzählung (EC) für den Kanal, der assoziiert ist mit dem Parameter, kann anschließend erhalten werden **304**. Beträgt die Fehlerzählung Null **306**, kann anschließend die Parametereinstellung für diesen Kanal festgelegt werden **308**. Ansonsten kann die Fehlerzählung gespeichert werden **310** als EC_ref und EC_dec.

[0038] Wenn EC_dec kleiner ist als EC_ref oder gleich **312**, kann das System Parametereinstellungen verkleinern durch eine Zählung **314**, erhält die FEC EC und stellt anschließend die neue Fehlerzählung auf EC_dec **316** ein. Wenn EC_dec nicht kleiner oder gleich EC_ref ist, kann anschließend die EC gespeichert werden **316** als EC_inc. Ist EC_inc kleiner oder gleich EC_ref **318**, kann das System die Parametereinstellungen erhöhen durch eine Zählung **320**, erhält die FEC EC und stellt anschließend die neue Fehlerzählung auf EC_inc auf **322** ein. Wenn EC_inc nicht kleiner oder gleich EC_ref ist, kann die Einstellung verringert werden durch eine Zählung **324** und die Einstellung für diesen Parameter kann beendet werden **326**.

[0039] Der Betrag, durch dessen jeder Parameter erhöht oder erniedrigt wird während einer Einstellung, ist abhängig von den Parameter- und Systemeinstellungen. Die Auflösung der Parametereinstellung wird verbessert durch Verwendung lediglich milderer Parametereinstellungen, mit dem tradeoff, daß

die Anzahl der iterativen Einstellungen relativ hoch sein kann, um die eine Systemoptimierung zu erreichen unter Verwendung geringfügiger Parametereinstellungen. Unter Verwendung größerer Parametereinstellungen kann die Anzahl der benötigten Iterationen minimiert werden, wobei jedoch nicht die gleiche Systemperformance wie bei kleineren Einstellungen erreicht werden kann. Daher kann der Einstellungsbetrag für jeden Parameter ausgewählt werden für ein gegebenes System, basierend auf den Systemfehleranforderungen und selbstverständlich dem Parametereinstellungslevel, der zugelassen ist durch die Hardware, die assoziiert ist mit dem spezifischen Parameter.

[0040] Die Setup-Einstellungen für Prä-Emphasis können etwas variieren von den Übertragungs- und Empfangsbetriebs-Parametereinstellungen, da Prä-Emphasis ausgerichtet ist, um den relativen Signalleve jedes Kanals einzustellen in Bezug auf die anderen Kanäle, um die gleiche Ende-Ende-Performance auf allen Kanälen zu erhalten. Daher ist die Fehlerzählung, die assoziiert ist mit sämtlichen Kanälen, in den Prä-Emphasis-Einstellungen von Bedeutung, bei Berücksichtigung einer Prä-Emphasis-Einstellung eines einzelnen Kanals.

[0041] Prä-Emphasis-Einstellung, um eine Systemoptimierung zu erhalten, die konsistent ist mit der Erfindung, kann erhalten werden auf einer Vielzahl von Wegen. Die **Fig. 4A–Fig. 4D** stellen bereit Flußdiagramme, die eine exemplarische Prä-Emphasis-Einstellungsmethode **400** darstellen, die konsistent mit der Erfindung ist. In der dargestellten exemplarischen Ausführungsform kann die Basisannahme angesehen werden als "robbing"-Signallevel aus den "reichen"-Kanälen, um diesen den "armen"-Kanälen zu geben.

[0042] Wie gezeigt, wird eine Pro-Kanal-Optimierungs(PCO)-Indexzählung auf 1 gesetzt. Die PCO-Zählung kann verwendet werden, um die Anzahl der Zeiten nachzuverfolgen, die eingetreten ist für einen bestimmten Kanal. Erreicht die PCO eine vorbestimmte Zahl, beispielsweise 3, kann die Schleife abgebrochen werden. Die letzte zweite FEC-Fehlerzählung kann anschließend erhalten werden **404** für sämtliche Kanäle, wobei der Kanal mit der geringsten Fehlerzählung herausgesucht werden kann **406**. Wenn zwei oder mehrere Kanäle die gleiche Fehlerzählung aufweisen, kann irgend einer von den gleichen Kanälen ausgewählt werden.

[0043] Ist die geringste Kanalfehlerzählung kleiner **408** als ein vorbestimmter Wert X, kann anschließend diese Kanaldämpfung vergrößert werden **410** um einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise 0,5 dB, und zum Schritt **404** zurückgeführt werden. Der vorbestimmte Wert X kann variieren in Abhängigkeit von den Systemanforderungen und der Konfiguration.

In einem exemplarischen 2,5 Gb/s-System kann der Wert X 12 betragen, wobei in einem 10 Gb/s-System der Wert X eingestellt sein kann auf 48. Ist die geringste Kanalfehlerzählung nicht kleiner als X, kann der Kanal anschließend mit der höchsten Fehlerzählung ausgewählt werden **412**. Wenn zwei oder mehrere Kanäle die gleiche Fehlerzählung aufweisen, kann wiederum jeder der Kanäle mit der gleichen Fehlerzählung ausgewählt werden.

[0044] Ist die höchste Fehlerzählung kleiner **414** als ein vorbestimmter Wert Y, kann eine Zurücksetzungs-Zählung auf 0 eingestellt werden/sein. Der vorbestimmte Wert Y kann variieren in Abhängigkeit der Systemanforderungen und der Konfiguration. In einem exemplarischen 2,5 Gb/s – System kann der Wert Y 48 betragen, wobei in einem 10 Gb/s-System der Wert Y eingestellt werden kann auf 192. Die normalisierte (d. h. in einem exemplarischen 2,5 Gb/s-System können die Fehlerzählungen multipliziert werden mit vier) durchschnittliche Fehlerzählung über alle Kanäle kann berechnet und gespeichert werden **418**. Diese normalisierte Durchschnittsfehlerzählung kann bezeichnet werden als die "Referenz-Durchschnittsfehlerzählung" (EC_{Ref}).

[0045] Die Dämpfung von sämtlichen Kanälen kann anschließend verkleinert werden durch einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise 0,5 dB, und die Zurücksetzungs-Zählung kann erhöht werden **422** um 0,5. Wenn irgend eine Kanaldämpfung seinen Minimalwert **424** erreicht hat, kann die Zurücksetzungs-Zählung zurückgeführt werden **426** und die Einstellung kann erlassen werden **428**. Andererseits kann die letzte zweite Vorwärts-Fehler-FEC-Fehlerzählung wieder erhalten werden **430** für sämtliche Kanäle, wobei die durchschnittliche Fehlerzählung anschließend wieder berechnet werden kann **432** über sämtliche Kanäle. Ist die durchschnittliche Fehlerzählung kleiner als die Referenzdurchschnittsfehlerzählung **434**, kann daher die neue Referenzdurchschnittsfehlerzählung eingestellt werden, um gleich der Durchschnittsfehlerzählung **436** zu sein und ein Fluß zum Schritt **420** zurückgeführt werden. Andererseits kann das Zurücksetzen zurückgeführt werden **438** und die Einstellung kann erlassen werden **440**.

[0046] Ist die höchste Fehlerzählung größer **414** als der Wert Y und sind sämtliche Fehlerzählungen nicht größer **442** als Y, wird die höchste fehlerhafte Kanalfehlerzählung temporär gespeichert als die Referenzfehlerzählung. Diese Kanaldämpfung kann dann verringert werden **446** über einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise 0,1 dB. Befindet sich die Kanaldämpfung an deren minimaler Verlustposition **448**, kann die Dämpfung dann von sämtlichen anderen Kanälen erhöht werden **450** über den vorbestimmten Betrag. Die FEC-Fehlerzählung für diesen Kanal wird dann erhalten **452** und gespeichert als die neue Fehlerzählung. Ist die neue Fehlerzählung kleiner als die vorherige

rige Kanalfehlerzählung **454**, wird der Fluß zurückgeführt zum Schritt **404**. Andererseits kann die Dämpfung für diesen Kanal erhöht werden **456** um einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise 0,2 dB, wobei der Fluß zurückgeführt wird zum Schritt **404**.

[0047] Wenn sämtliche Fehlerzählungen nicht größer sind **442** als der vorbestimmte Wert Y, kann die Pro-Kanalsoptimierung (PCO) dann durchgeführt werden **458**, wie dies später im Detail weiter unten beschrieben wird. Am Ende jeder Kanalsoptimierung, wenn **460** der PCO-Index kleiner als 3 ist, wird PCO inkrementiert **462** durch 1 und der Fluß wird zurückgeführt zum Schritt **404**. Andererseits wird der Back-off/das Zurücksetzen **464** zurückgeführt auf 0 und die Einstellung verlassen **466**.

[0048] Flußdiagramme für den exemplarischen Prokanalsoptimierungsschritt **458**, gezeigt in **Fig. 4D**, sind bereitgestellt in den **Fig. 5A–Fig. 5C**. Wiederum wird der Fachmann erkennen, daß der Prokanalsoptimierungsschritt **458** durchgeführt werden kann auf einer Vielzahl von Wegen. Daher wird der in den **Fig. 5A–Fig. 5C** dargestellte Prozeß lediglich auf dem beispielhaften Wege bereitgestellt.

[0049] Wie gezeigt, kann PCO starten **500** durch Einstellen der Kanalanzahl auf 0. Die Kanalanzahl kann dann inkrementiert **502** sein/werden durch 1. Ist die Kanalanzahl größer als die Anzahl an vorausgesetzten Kanälen im System **504**, kann der Fluß zum Schritt **460** (**Fig. 4D**) geleitet werden, und wenn die Kanalanzahl nicht im System **506** verwendet wird, kann der Fluß zum Schritt **502** zurückgeführt werden. Andererseits kann die Kanalfehlerzählung gespeichert **508** werden als die Referenzfehlerzählung und die Kanaldämpfung vergrößert werden **510** um einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise 0,5 dB. Die neue Kanalfehlerzählung wird dann erhalten **512**.

[0050] Wenn die neue Kanalfehlerzählung kleiner ist als die Referenzkanalfehlerzählung **514**, wird anschließend die neue Kanalfehlerzählung eingestellt als die Referenzkanalfehlerzählung **516** und die Kanaldämpfung vergrößert um einen vorbestimmten Betrag **518**, beispielsweise 0,5 dB. Die neue Kanalfehlerzählung wird dann erhalten. Ist die neue Kanalfehlerzählung kleiner als die Referenzfehlerzählung **522**, wird der Fluß zum Schritt **502** zurückgeführt.

[0051] Ist die neue Fehlerzählung am Schritt **514** nicht kleiner als die Referenzfehlerzählung, wird anschließend die Kanalfehlerzählung erhalten und die Referenzfehlerzählung eingestellt. Die Kanaldämpfungseinstellung wird erniedrigt um einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise –0,5 dB. Befindet sich diese Kanaldämpfung an der Minimalverlustposition **528**, kann die Dämpfung von sämtlichen anderen Kanälen dann erhöht werden **530** um einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise 0,1 dB.

[0052] Eine neue Kanalfehlerzählung wird anschließend erhalten **532**. Ist die neue Fehlerzählung kleiner als die Referenzfehlerzählung und die Fehlerzählung größer als ein vorbestimmter Wert **534**, beispielsweise 12 für ein 2,5 Gb/s-System oder 48 für ein 10 Gb/s-System, kann die neue Fehlerzählung eingestellt werden als die Referenzfehlerzählung **536** und der Fluß zum Schritt **526** zurückgeführt werden. Andererseits kann der Fluß zurückgeführt werden zum Schritt **502**.

[0053] Nunmehr zu den Hintergrunds- oder periodischen Einstellungen kommend können diese Einstellungen für einen automatischen Betrieb vorgesehen sein, so daß kein Benutzereingriff erforderlich ist, um die Hintergrundeinstellungen zu initiieren. Die Hintergrundeinstellungen stellen bereit periodische feine Einstellungen zur Prä-Emphasis und zu den Übertragungs- und Empfangsparametern, um zu kontieren für die System-Performance-Variation aufgrund von Umgebungs- und/oder Betriebsveränderungen. Die Hintergrundeinstellungen können verwenden beispielsweise 15-Minuten-FEC-Linien-Fehler-Performance-Daten zum Einstellen von Betriebsparametern zu einer optimierten Einstellung.

[0054] Die Hintergrundeinstellungen können konfiguriert sein zum Durchführen an spezifischen Zeitintervallen. **Fig. 6** illustriert beispielsweise in Blockflußform den Zeitverlauf zum Durchführen von Hintergrundeinstellungen in einer exemplarischen Ausführungsform **600**, konsistent mit der Erfindung. Wie gezeigt, unter der Steuerung der Hintergrundeinstellungs-Software-Instruktionen kann der Prozessor **602** die Stunde des Betriebs X berechnen. Für das Übertragungsparametereinstellungs-Timing kann dieses wie folgt sein: Wellenlänge **604** kann eingestellt werden auf Stunden 1, 9 und 17; RZ-Koeffizient **606** kann eingestellt werden auf Stunden 2, 10 und 18; Phasenmodulationsbetrag **608** kann eingestellt werden auf Stunden 3, 11 und 19; und Phasenwinkel **610** kann eingestellt werden auf Stunden 4, 12 und 20. Für das Empfangsparametereinstellungs-Timing kann gelten: CDR-Samplingphase **612** kann eingestellt sein auf Stunden 5, 13 und 21; Limitierungsverstärkerschwellenwert **614** kann eingestellt werden auf Stunden 6, 14 und 22; CDR-Entscheidungs-schwellenwert **616** kann eingestellt werden auf Stunden 7, 15 und 23. Prä-Emphasis periodische Einstelluhngen **618** können eingestellt werden auf Stunden 8, 16 und 24.

[0055] **Fig. 7** ist ein Flußdiagramm, das eine exemplarische Ausführungsform von periodischen Übertragungs- und Empfangsparametereinstellungen darstellt, konsistent mit der vorliegenden Erfindung. Wiederum wird der Fachmann erkennen, daß die Übertragungs- und Empfangsparameter periodisch eingestellt werden können auf einer Vielzahl von Wegen, konsistent mit der Erfindung. Das ganze ist dahinge-

hend zu verstehen, daß die exemplarische Ausführungsform von **Fig. 7** lediglich auf dem Wege einer Darstellung bereitgestellt wird.

[0056] Wie gezeigt, kann am Start der periodischen Übertragungs- und Empfangsparametereinstellungen die Einstellungsrichtung eingestellt werden, um anzusteigen **702** und die 15-Minuten-FEC-Fehlerzählung-Referenz kann auf 0 gesetzt sein/werden. Wenn die Stunde des Betriebs korrespondiert **704** mit einer vorbestimmten Stunde, beispielsweise x, y, z, für die Einstellung eines partikularen Parameters, wird dann der Parameter eingestellt. Andererseits kann der Parameter nicht eingestellt sein/werden **706**.

[0057] Wird der Parameter eingestellt zur Einstellung an einer bestimmten Stunde, kann dann die Fehlerzählung für das vorherige 15-Minuten-Intervall erhalten werden **708**. Ist die vorherige Intervall-Fehlerzählung **710** 0, wird die Parametereinstellung beendet **712**. Andererseits, wenn die vorherige Intervallfehlerzählung kleiner ist als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt wird, um anzusteigen **714**, kann die Parametereinstellung dann ansteigen durch eine Zählung und die Referenzfehlerzählung eingestellt werden auf die vorherige Intervallfehlerzählung **716**. Die Parametereinstellung wird dann beendet **718**.

[0058] Ist die vorherige Intervallfehlerzählung nicht kleiner als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung nicht eingestellt, um anzusteigen **714**, geht der Fluß dann zum Schritt **720**. Am Schritt **720**, wenn die vorherige Intervallfehlerzählung größer ist als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt wird, um anzusteigen, wird dann die Parametereinstellung verringert durch eine Zählung **720**. Die vorherige Intervallfehlerzählung wird eingestellt auf die Referenzfehlerzählung **720** und die Einstellungsrichtung wird eingestellt, um abzunehmen **722**. Die Parametereinstellung endet dann **724**.

[0059] Ist die vorherige Intervallfehlerzählung nicht größer als die Referenzfehlerzählung oder die Einstellungsrichtung nicht eingestellt, um anzusteigen **720**, geht der Fluß anschließend zum Schritt **726**. Am Schritt **726**, wenn die vorherige Intervallfehlerzählung größer ist als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt wird, um kleiner zu werden, steigt anschließend die Parametereinstellung an durch eine Zählung **728**. Die vorherige Intervallfehlerzählung wird eingestellt auf die Referenzfehlerzählung **728** und die Einstellungsrichtung wird eingestellt, um kleiner zu werden **730**. Die Parametereinstellung wird anschließend beendet **732**.

[0060] Ist die vorherige Intervallfehlerzählung nicht größer als die Referenzfehlerzählung oder die Einstellungsrichtung nicht eingestellt, um kleiner zu wer-

den **726**, geht der Fluß anschließend zum Schritt **734**. Am Schritt **734**, wenn die vorherige Intervallfehlerzählung kleiner ist als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt wird, um kleiner zu werden, wird die Parametereinstellung anschließend verringert durch eine Zählung **736** und die vorherige Intervallfehlerzählung eingestellt auf die Referenzfehlerzählung **736**. Die Parametereinstellung wird anschließend beendet **738**.

[0061] Wie mit den Setup-Einstellungen können die periodischen Prä-Emphasis-Einstellungen etwas variieren von den periodischen Übertragungs- und Empfangsparametereinstellungen aufgrund des Ziels in der Prä-Emphasis ob des Signalleveloptimierens über die bereitgestellten Kanäle. **Fig. 8** ist ein Flußdiagramm, das eine exemplarische Ausführungsform **800** von periodischen Prä-Emphasis-Einstellungen, konsistent mit der vorliegenden Erfindung, darstellt. Der Fachmann wird erkennen, daß die periodischen Prä-Emphasis-Einstellungen durchgeführt werden auf einer Reihe von Wegen, konsistent mit der Erfindung. Das ganze ist dahingehend zu verstehen, daß die exemplarische Ausführungsform von **Fig. 8** bereitgestellt wird lediglich auf dem Illustrationsweg.

[0062] Wie gezeigt, kann am Start von periodischen Prä-Emphasis-Einstellungen die Einstellungsrichtung eingestellt werden, um anzusteigen **802** und die 15-Minuten-FEC-Fehlerzählungsreferenz kann auf 0 gesetzt werden. Wenn die Stunde des Betriebs korrespondiert **804**, **806** mit einer vorbestimmten Stunde, beispielsweise x, y, z zum Einstellen eines partikularen Parameters, wird dann der Parameter eingestellt. Andererseits kann der Parameter nicht eingestellt werden **808**.

[0063] Wenn der Parameter eingestellt wird zum Einstellen auf die laufende Stunde, dann, wenn die Stunde am Beginn des ersten 15-Minuten-Intervalls in der Stunde liegt **804**, die Fern-Endfehlerzählung des vorherigen 15-Minuten-Intervalls für sämtliche Kanäle erhalten wird **810**. In der dargestellten exemplarischen Ausführungsform nur, wenn der Kanal mit der höchsten Fehlerzählung ausgewählt wird für die Einstellung **812**. Wenn die vorherige Intervallfehlerzählung **814** für diesen Kanal 0 beträgt, wird die Parametereinstellung dann beendet **816**. Andererseits wird die Fehlerzählung für diesen Kanal eingestellt als die Referenzfehlerzählung **818**. Wenn die Fehereinstellungsrichtung eingestellt wird, um anzusteigen **820**, kann die Dämpfung des Kanals eingestellt werden, um anzusteigen **822** um einen vorbestimmten Betrag, beispielsweise 0,5 dB. Andererseits kann die Dämpfung des Kanals eingestellt werden, um abzusinken **824** um einen vorbestimmten Betrag.

[0064] Wird der Parameter eingestellt zum Einstellen der laufenden Stunde und die Stunde ist am Be-

ginn des zweiten, dritten oder vierten 15-Minuten-Intervalls in der Stunde **806**, wird die ferne Endfehlerzählung des vorherigen 15-Minuten-Intervalls für sämtliche Kanäle erhalten **824** und der Kanal mit der höchsten Fehlerzählung ausgewählt zur Einstellung **826**. Ist die vorherige Intervallfehlerzählung kleiner als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt, um anzusteigen **820**, wird dann die Dämpfung durch einen vorbestimmten Betrag vergrößert und die Referenzfehlerzählung eingestellt auf die vorherige Intervallfehlerzählung **830**. Die Parametereinstellung wird dann beendet **832**.

[0065] Ist die vorherige Intervallfehlerzählung kleiner als die Referenzfehlerzählung oder die Einstellungsrichtung nicht eingestellt, um anzusteigen **828**, geht anschließend der Fluß zum Schritt **834**. Am Schritt **834**, wenn die vorherige Intervallfehlerzählung größer ist als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt wird, um anzusteigen, wird die Dämpfung anschließend verringert um einen vorbestimmten Betrag **836**. Die vorherige Intervallfehlerzählung wird eingestellt auf die Referenzfehlerzählung **836** und die Einstellungsrichtung wird eingestellt, um sich zu verringern **838**. Die Parametereinstellung wird anschließend beendet **840**.

[0066] Ist die vorherige Intervallfehlerzählung nicht größer als die Referenzfehlerzählung oder die Einstellungsrichtung nicht eingestellt, um anzusteigen **834**, geht der Fluß anschließend zum Schritt **842**. Am Schritt **842**, wenn die vorherige Intervallfehlerzählung größer ist als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt wird, um abzusinken, wird die Dämpfung anschließend vergrößert um den vorbestimmten Betrag **844**. Die vorherige Intervallfehlerzählung wird eingestellt auf die Referenzfehlerzählung **844** und die Einstellungsrichtung eingestellt, um anzusteigen **846**. Die Parametereinstellung wird anschließend beendet **848**.

[0067] Ist die vorherige Intervallfehlerzählung nicht größer als die Referenzfehlerzählung oder die Einstellungsrichtung ist nicht eingestellt, um kleiner zu werden **842**, geht der Fluß anschließend zum Schritt **850**. Am Schritt **850**, wenn die vorherige Intervallfehlerzählung kleiner als die Referenzfehlerzählung und die Einstellungsrichtung eingestellt wird, um abzusinken, wird anschließend der Dämpfungslevel eingestellt, um zu sinken um 0,5 dB und die vorherige Intervallfehlerzählung wird eingestellt auf die Referenzfehlerzählung **852**. Die Parametereinstellung wird anschließend beendet **854**.

[0068] Das ganze wird dahingehend verstanden, daß die Funktionalität, die beschrieben wird für die Ausführungsform der Erfindung, implementiert werden kann in Hardware, Software oder einer Kombination von Hardware und Software, unter Verwendung wohlbekannter Signalverarbeitungstechniken.

Bei Software wird ein Prozessor und ein maschinenlesbares Medium benötigt. Der Prozessor kann jeder Typ eines Prozessors sein, der in der Lage ist die Geschwindigkeit und Funktionalität bereitzustellen, die benötigt wird aufgrund der Ausführungsformen der Erfindung. Beispielsweise könnte der Prozessor ein Prozessor aus der Pentium-Familie von Prozessoren, hergestellt von der Intel Corporation, sein oder aus der Familie der Prozessoren, die von Motorola hergestellt werden. Maschinenlesbare Medien beinhalten jedes Medium, das in der Lage ist Anweisungen zu speichern, angepaßt, um durch einen Prozessor ausgeführt zu werden. Einige Beispiele von solchen Medien beinhalten, sind jedoch nicht darauf beschränkt, read-only memory (ROM), random-access memory (RAM), programmierbares ROM, löschbares programmierbares ROM, elektronisch löschbares programmierbares ROM, dynamisches RAM, Magnetscheiben (beispielsweise Floppy-Disk und Harddrive), optische Disk (beispielsweise CD-ROM) und jede andere Vorrichtung, die digitale Informationen speichern kann. In einer Ausführungsform können die Anweisungen gespeichert sein auf dem Medium in einem komprimierten und/oder chiffrierten Format.

[0069] Wie hierin verwendet, bedeutet die Formulierung "angepaßt, um durch einen Prozessor ausgeführt zu werden", in einem komprimierten und/oder chiffrierten Format gespeicherte Anweisungen zu umfassen, sowohl Anweisungen, die zu kompilieren sind oder durch einen Installer zu installieren sind bevor diese durch den Prozessor ausgeführt werden. Weiterhin kann der Prozessor und das maschinenlesbare Medium Teil eines größeren Systems sein, das beinhaltet verschiedene Kombinationen von maschinenlesbaren Speichervorrichtungen durch verschiedene I/O-Controller, die zugreifbar sind durch den Prozessor, der in der Lage ist, eine Kombination von Computerprogrammanweisungen und Daten zu speichern. Schließlich wurden in einem anderen Beispiel die Ausführungsformen in einem Kommunikationsnetzwerk beschrieben. Ein Kommunikationsnetzwerk kann verwenden eine infinite Anzahl von Netzwerkvorrichtungen, konfiguriert in einer infiniten Anzahl an Wegen. Da hier beschriebene Kommunikationsnetzwerk ist lediglich im Wege eines Beispiels verwendet worden und bedeutet nicht, daß der Umfang der Erfindung beschränkt wird.

[0070] Die Ausführungsformen, die hier beschrieben worden sind, sind daher, wobei jedoch lediglich einige dieser, die Erfindung verwenden, aufgestellt worden auf beispielhaftem Wege und nicht zur Beschränkung. Es ist offensichtlich, daß viele andere Ausführungsformen, die lesend leicht erkennbar sind für den Fachmann, ohne materiell-rechtliche Verlassung des Schutzbereiches der Erfindung ausgeführt werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufrechterhalten einer festgestellten Fehlerzählung für in einem optischen WDM-Kommunikationsnetzwerk übertragenen Daten aufweisend eine Mehrzahl an Kanälen, auf einer Kanal-Kanal-Basis, wobei das Verfahren aufweist: das Erhalten einer vorherigen Intervall-FEC-Fehlerzählung, assoziiert mit aus einem Transmitter zu einem Empfänger auf einem Kanal aus einer Mehrzahl an Kanälen des Netzwerkes übertragenen Daten; das Vergleichen der vorherigen Intervall-FEC-Fehlerzählung mit einer Referenzfehlerzählung, die assoziiert ist mit dem Kanal; gekennzeichnet durch: das Einstellen eines Operationsparameters aus einer Mehrzahl von unterschiedlichen Operationsparametern, die assoziiert sind mit dem Kanal als Antwort auf eine Differenz zwischen der vorherigen Intervall-FEC-Fehlerzählung und der Referenzfehlerzählung, wobei die Mehrzahl an unterschiedlichen Operationsparametern einen Kanal-Vorbetonungs(Pre-Emphasis)-Parameter, wenigstens einen Operationsparameter des Transmitters und wenigstens einen Operationsparameter des Empfängers beinhaltet; und das Wiederholen der Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritte, um jeden Parameter aus der Mehrzahl der unterschiedlichen Operationsparameter einzustellen, assoziiert mit dem Kanal auf einer automatischen Basis, wobei jeder Operationsparameter der unterschiedlichen Operationsparameter periodisch zu einer unterschiedlichen, vorbestimmten Zeit von den anderen Operationsparametern eingestellt wird, wobei, wenn der Kanal-Pre-Emphasis-Parameter einzustellen ist, vorherige Intervall-FEC-Fehlerzählungen für sämtliche Kanäle erhalten werden für Preemphasis und der Kanal mit der höchsten Fehlerzählung zur Einstellung ausgewählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die vorherige Intervall-FEC-Fehlerzählung besteht für ein vorheriges 15-Minuten-FEC-Fehlerzählungsberichtsintervall.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Referenzfehlerzählung für jede periodische Einstellung die vorherige FEC-Fehlerzählung beinhaltet für eine vorherige der periodischen Einstellungen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern Transmitteroperationsparameter aufweist, assoziiert mit einem Transmitter der Daten.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern beinhaltet: Wellenlänge, RZ-Koeffizient, Phasenmodulationsamplitude und Phasenwinkel.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei einer aus der Mehrzahl der Operationsparameter Wellenlänge aufweist, wobei der Wiederholungsschritt beinhaltet das Wiederholen von Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritten, um RZ-Koeffizient, Phasenmodulationsamplitude und dann den Phasenwinkel einzustellen.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern beinhaltet Empfangsoperationsparameter, assoziiert mit einem Empfänger der Daten.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern aufweist: CDR-Sampling-Phase, Limitierungsverstärkerschwellenwert und CDR-Entscheidungsschwellenwert.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei einer aus der Mehrzahl der Operationsparameter CDR-Sampling-Phase aufweist, wobei der Wiederholungsschritt beinhaltet das Wiederholen der Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritte, um den Limitierungsverstärkerschwellenwert und dann den CDR-Entscheidungsschwellenwert richtig einzustellen.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern eine übertragene Amplitude eines die Daten repräsentierenden Signals beinhaltet.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Wiederholungsschritte beinhalten die Wiederholung der Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritte, um jeden Parameter aus der Mehrzahl der Operationsparameter für jeden Kanal aus der Mehrzahl an Kanälen auf einer automatischen periodischen Basis einzustellen.

12. Maschinenlesbares Medium, dessen Inhalte ein Computersystem veranlassen, ein Verfahren zur Aufrechterhaltung einer aufgetretenen Fehlerzählung für auf einem optischen WDM-Kommunikationsnetzwerk übertragenen Daten durchzuführen, wobei das Medium beinhaltet:

Mittel zum Erhalten einer vorherigen Intervall-FEC-Fehlerzählung, assoziiert mit von einem Transmitter zu einem Empfänger auf einem Kanal aus der Mehrzahl von Kanälen des Netzwerkes übertragenen Daten;

Mittel zum Vergleichen der vorherigen Intervall-FEC-Fehlerzählung mit einer Referenzfehlerzählung, assoziiert mit dem Kanal; gekennzeichnet durch:

Mittel zum Einstellen einer Mehrzahl von unterschiedlichen Operationsparametern, assoziiert mit dem Kanal, in Antwort auf eine Differenz zwischen der vorherigen Intervall-FEC-Fehlerzählung und der Referenzfehlerzählung, wobei die Mehrzahl an unterschiedlichen Operationsparametern einen Kanal-Vorbetonungsparameter aufweist.

nungs(Pre-Emphasis)-Parameter, wenigstens einen Operationsparameter des Transmitters und wenigstens einen Operationsparameter des Empfängers beinhaltet;

und

Mittel zum Wiederholen der Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritte, um jeden Parameter aus der Mehrzahl der unterschiedlichen Operationsparameter, auf einer automatischen Basis mit dem Kanal assoziiert, einzustellen, wobei jeder Operationsparameter der unterschiedlichen Operationsparameter periodisch, zu einer unterschiedlichen, vorbestimmten Zeit von den anderen Operationsparametern eingestellt wird, wobei, wenn der Kanal-Preemphasis-Parameter einzustellen ist, vorherige, interne FEC-Fehlerzählungen für sämtliche Kanäle erhalten werden zur Preemphasis, wobei der Kanal mit der höchsten Fehlerzählung zum Einstellen ausgewählt wird.

13. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 12, wobei die vorherige Intervall-FEC-Fehlerzählung besteht für eine vorheriges 15-Minuten-FEC-Fehlerzählungsberichtsintervall.

14. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 12, wobei die Referenzfehlerzählung für jede periodische Einstellung beinhaltet die vorherige FEC-Fehlerzählung für eine vorherige der periodischen Einstellungen.

15. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 12, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern beinhaltet Transmitteroperationsparameter, assoziiert mit einem Transmitter der Daten.

16. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 15, wobei eine Mehrzahl an Operationsparametern beinhaltet: Wellenlänge, RZ-Koeffizient, Phasenmodulationsamplitude und Phasenwinkel.

17. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 16, wobei ein Parameter aus einer Mehrzahl an Operationsparametern Wellenlänge beinhaltet, wobei der Wiederholungsschritt beinhaltet das Wiederholen der Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritte, um den RZ-Koeffizienten, die Phasenmodulationsamplitude und anschließend den Phasenwinkel einzustellen.

18. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 12, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern beinhaltet Empfangsoperationsparameter, assoziiert mit einem Empfänger der Daten.

19. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 18, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern beinhaltet: CDR-Sampling-Phase, Limitierungsverstärkerschwellenwert und CDR-Entscheidungsschwellenwert.

20. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 19, wobei ein Parameter aus einer Mehrzahl von Operationsparametern CDR-Sampling-Phase beinhaltet, wobei der Wiederholungsschritt beinhaltet das Wiederholen der Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritte, um den Limitierungsverstärkerschwellenwert und anschließend den CDR-Entscheidungsschwellenwert richtig einzustellen.

21. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 12, wobei die Mehrzahl an Operationsparametern beinhaltet eine übertragene Amplitude eines die Daten repräsentierenden Signals.

22. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 12, wobei der Wiederholungsschritt beinhaltet das Wiederholen der Erhaltungs-, Vergleichs- und Einstellungsschritte, um jeden Parameter aus der Mehrzahl der Operationsparameter für jeden Kanal aus der Mehrzahl an Kanälen auf einer automatischen periodischen Basis einzustellen.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

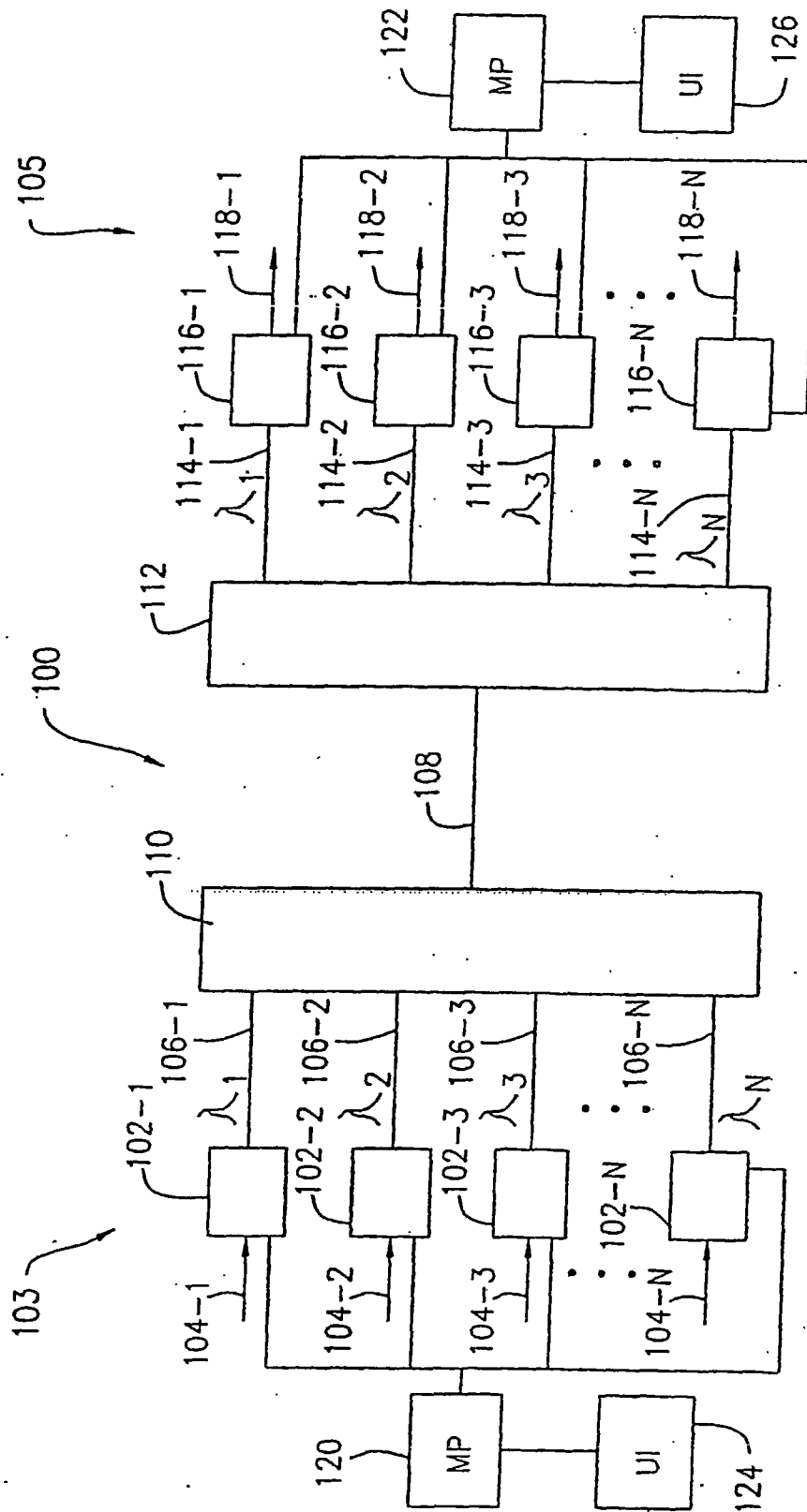


FIG. 1

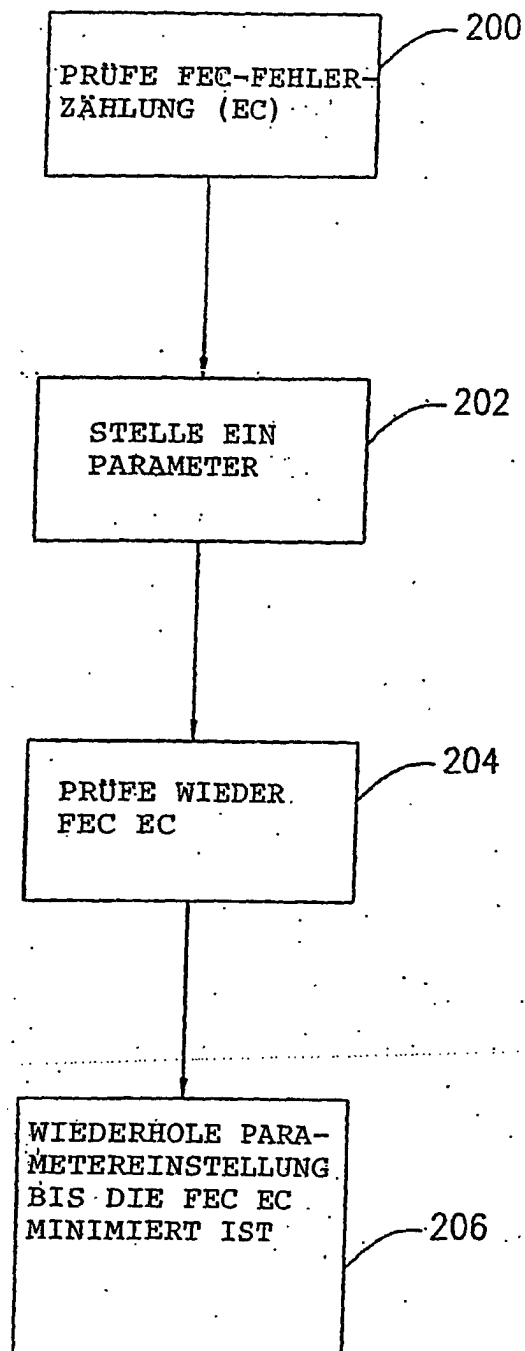


FIG. 2

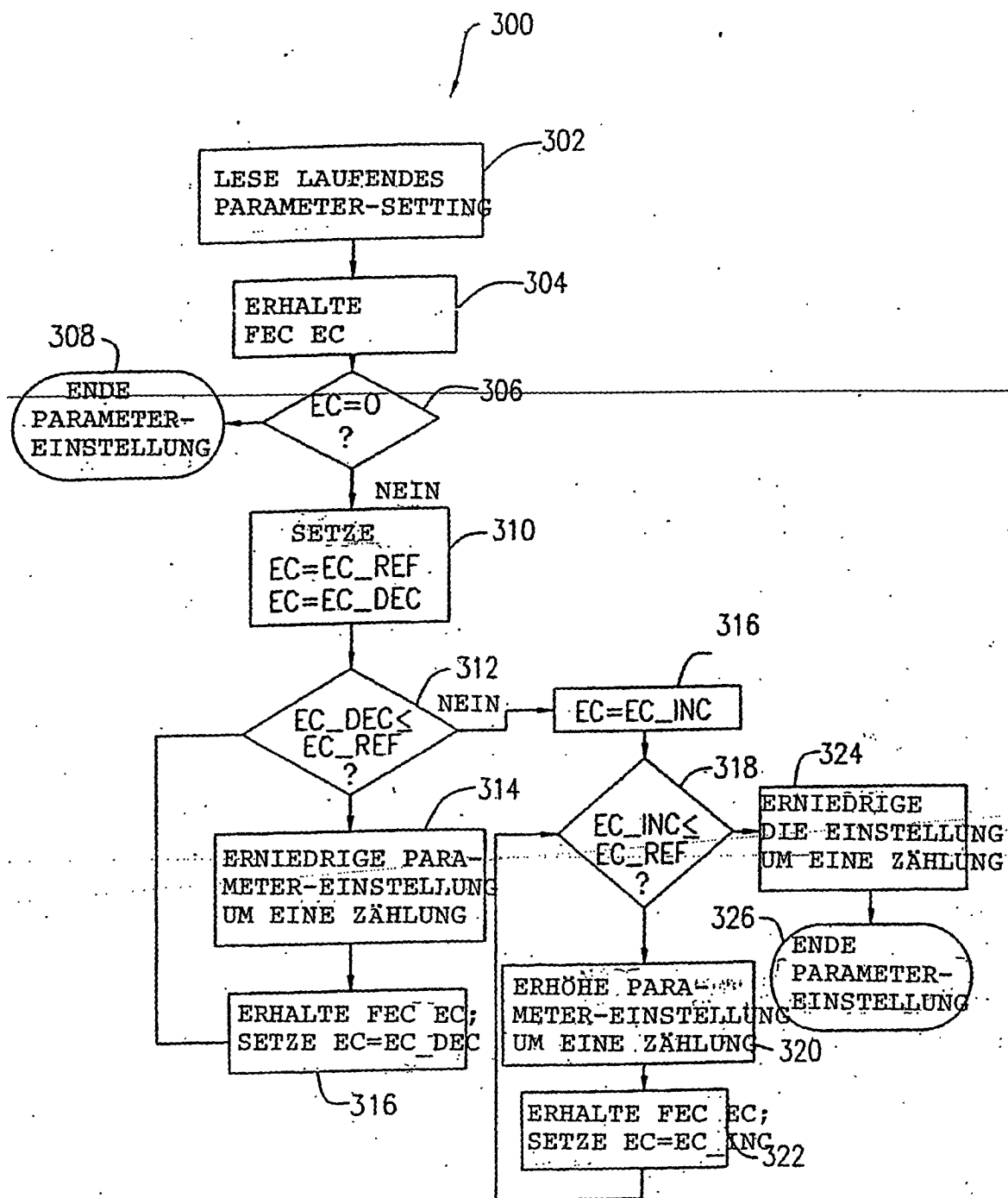


FIG. 3

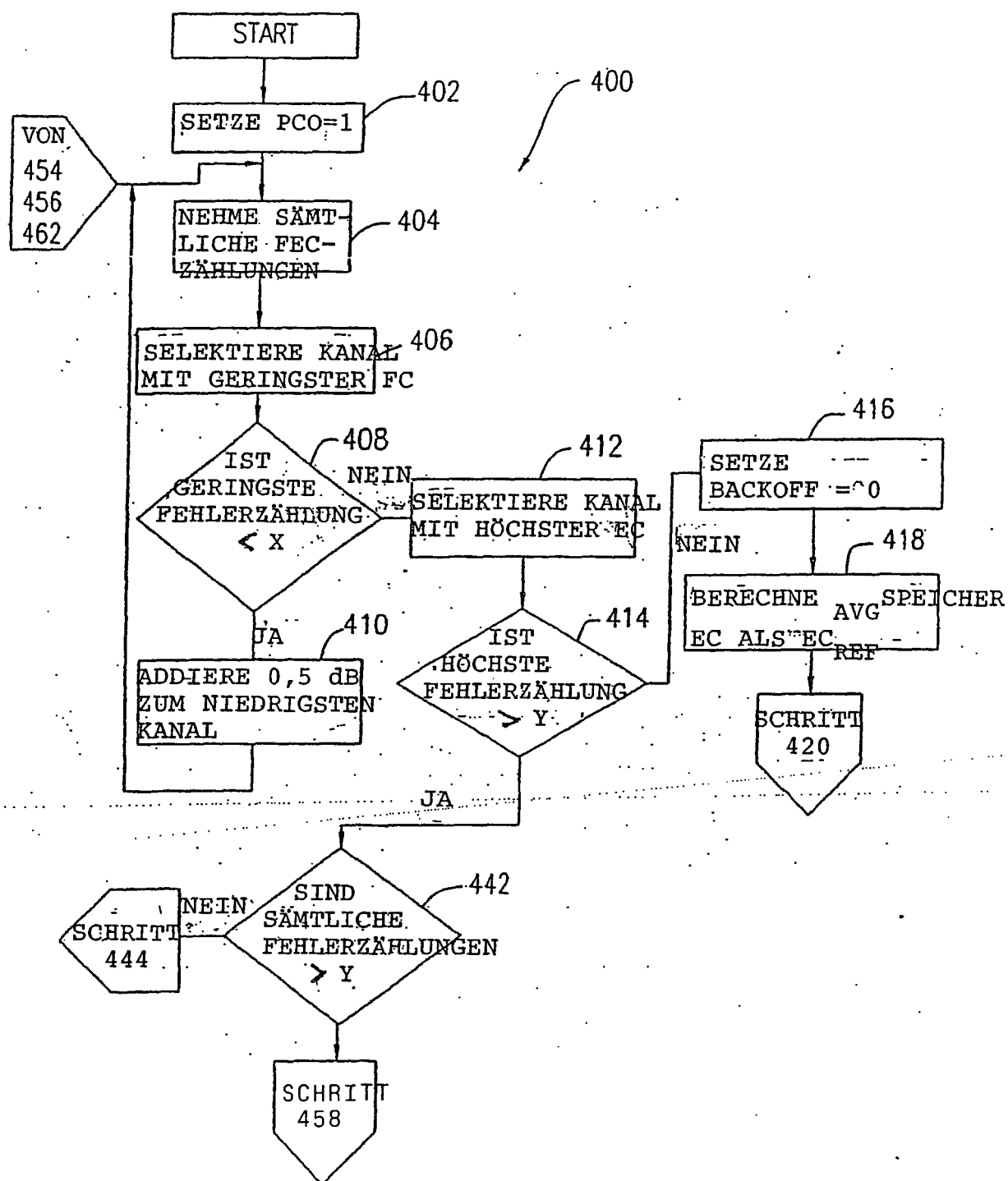


FIG. 4A

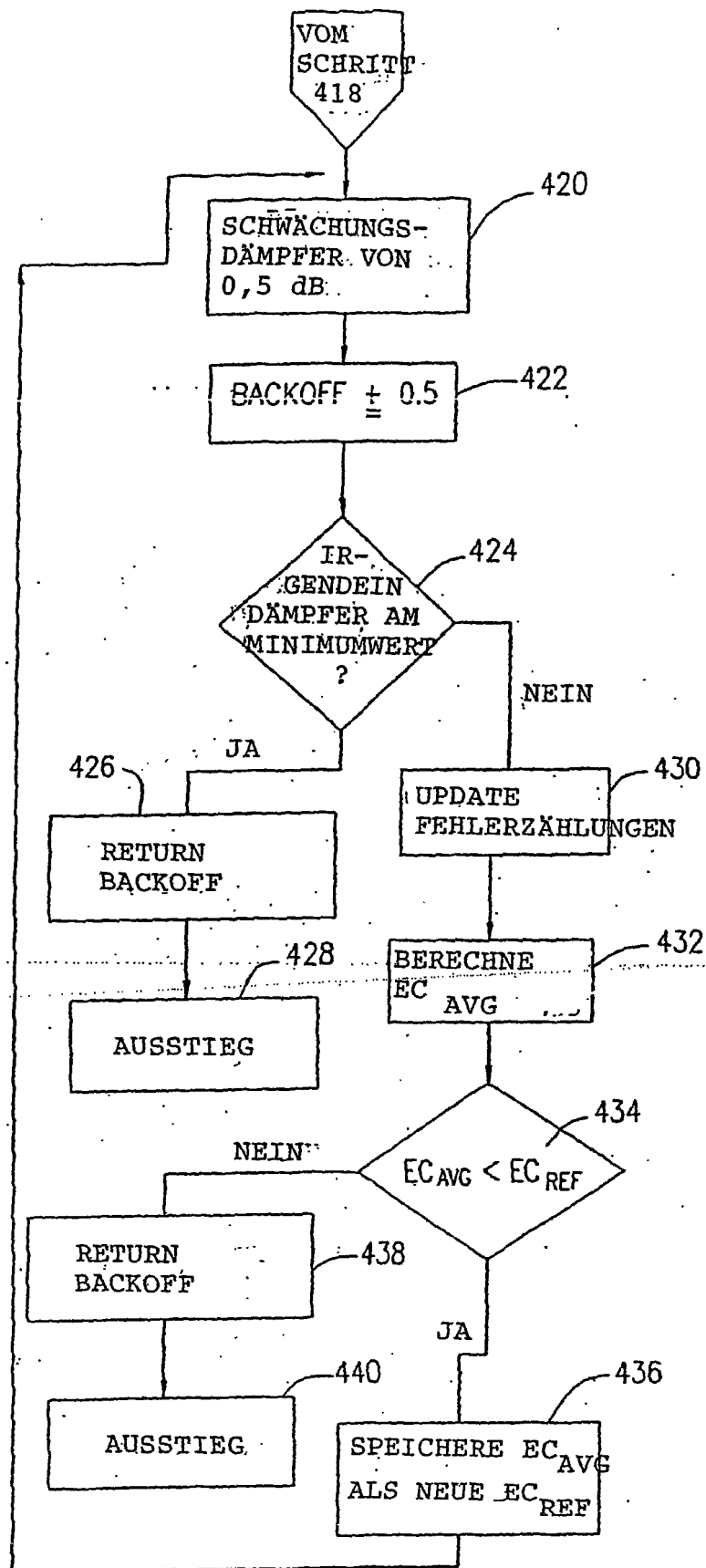


FIG. 4B

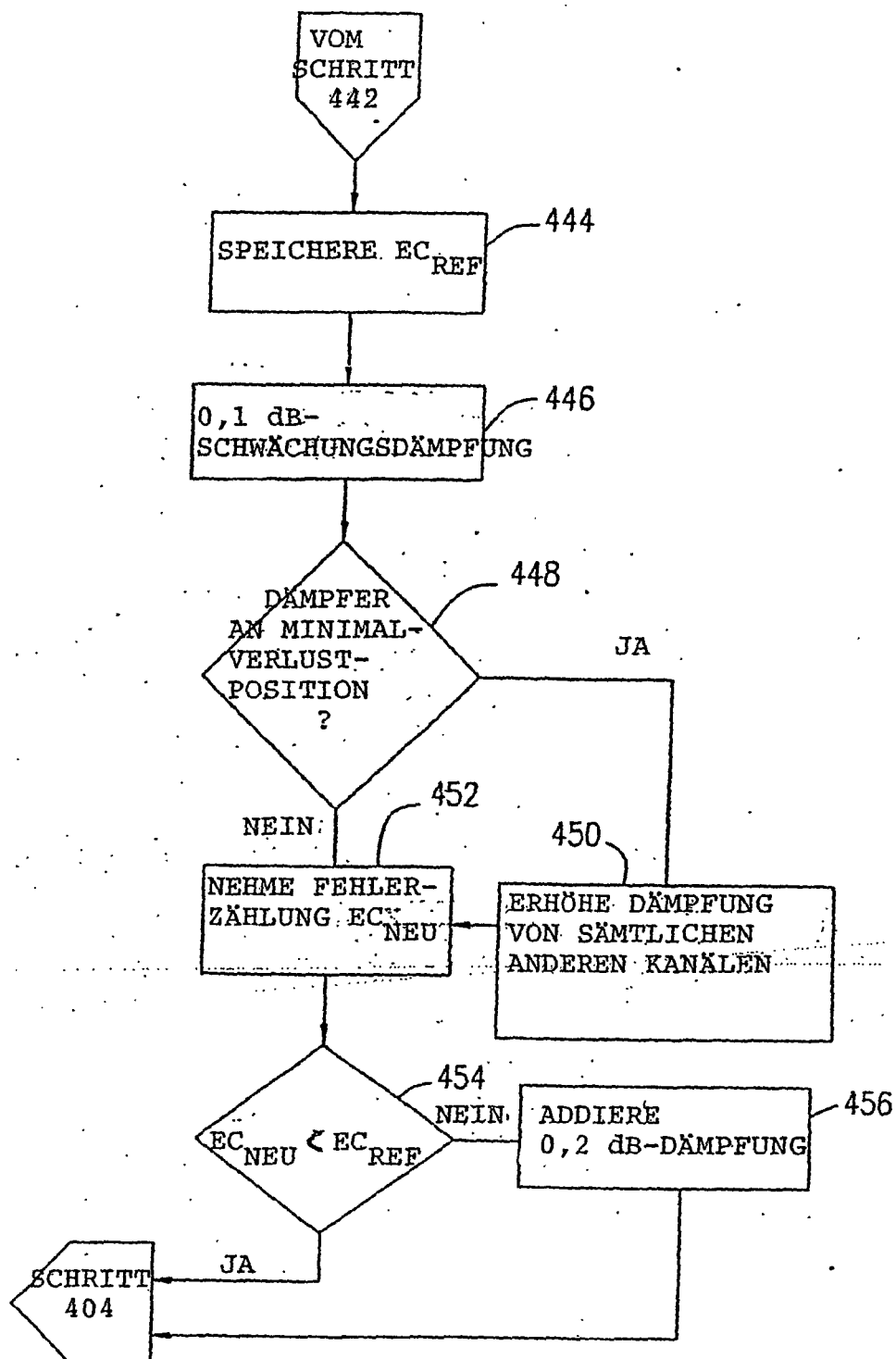


FIG. 4C

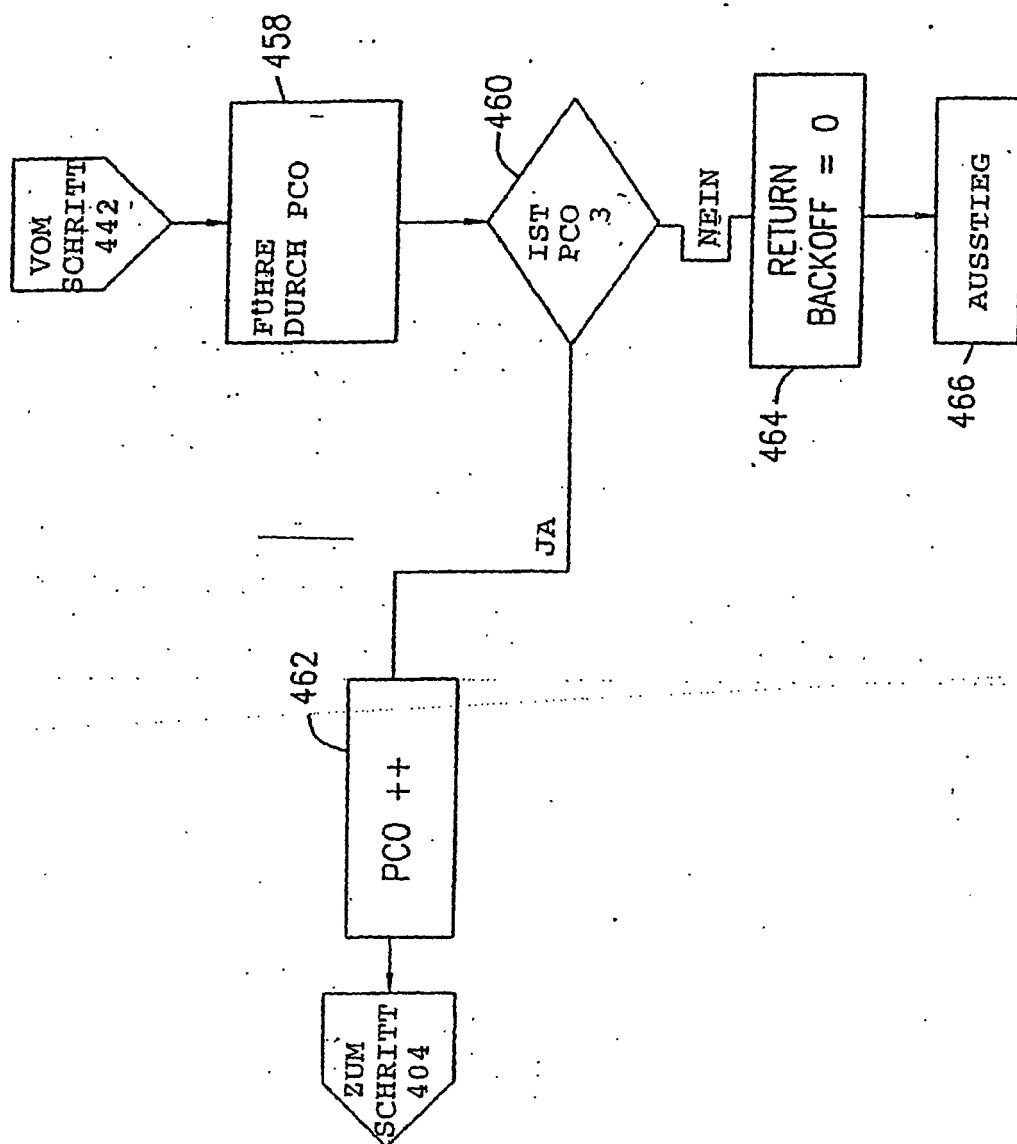


FIG. 4D

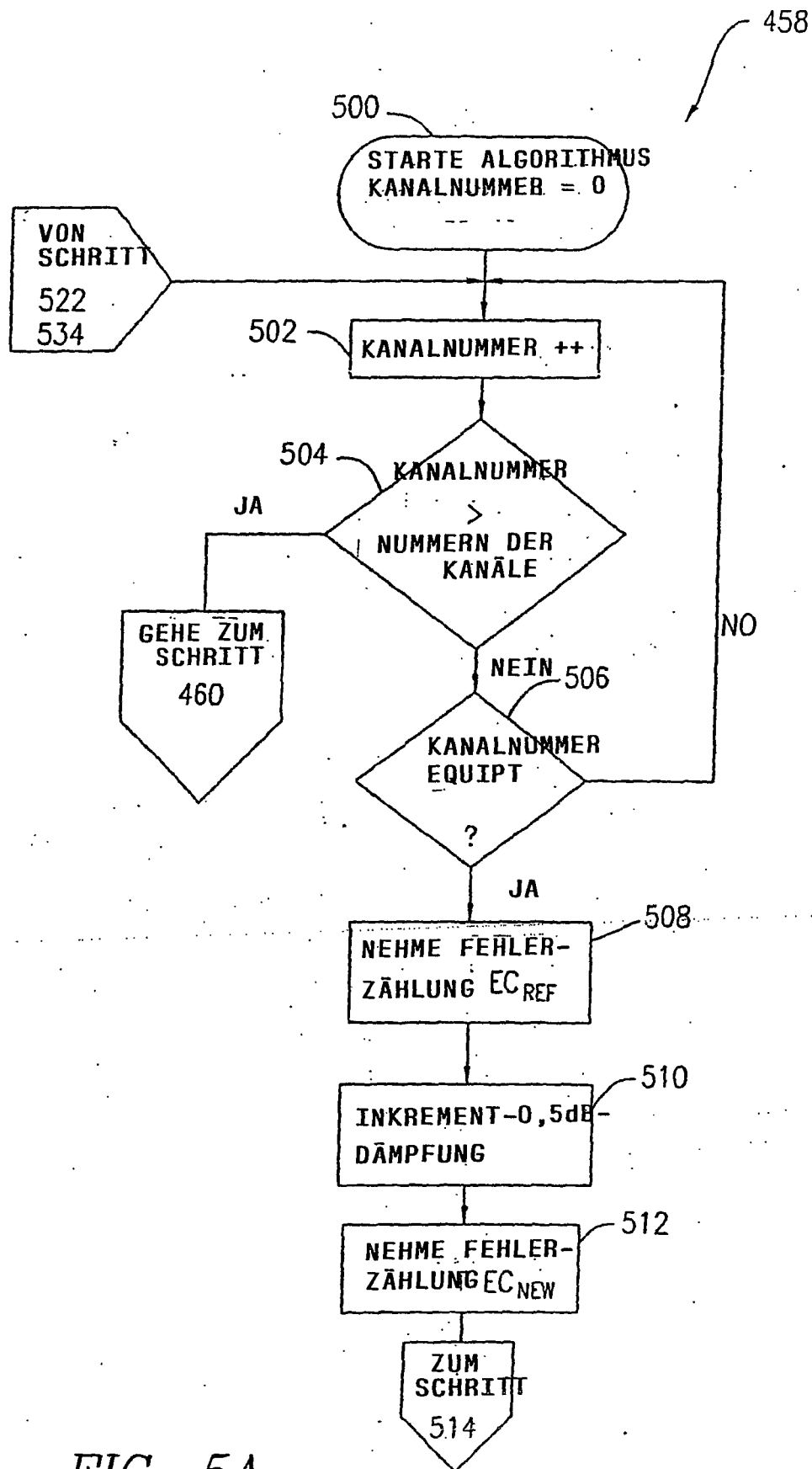


FIG. 5A

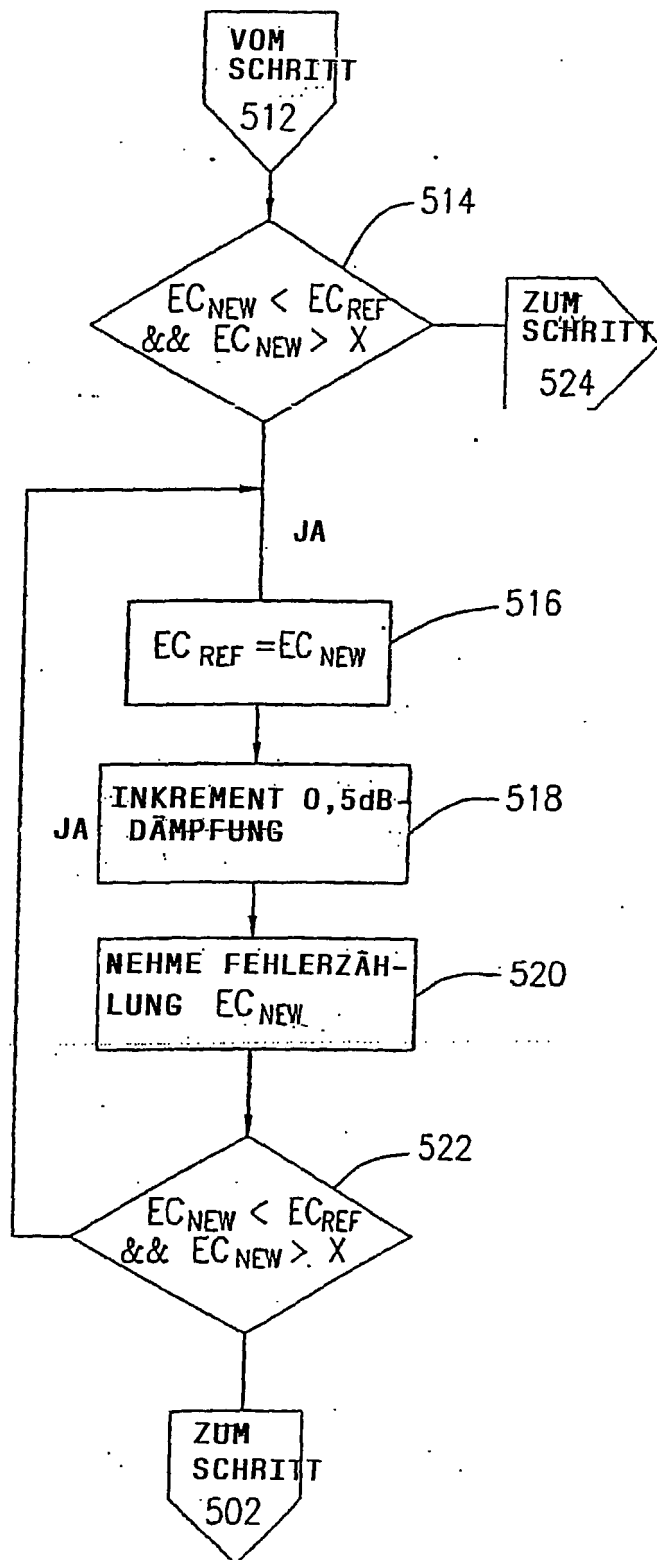


FIG. 5B

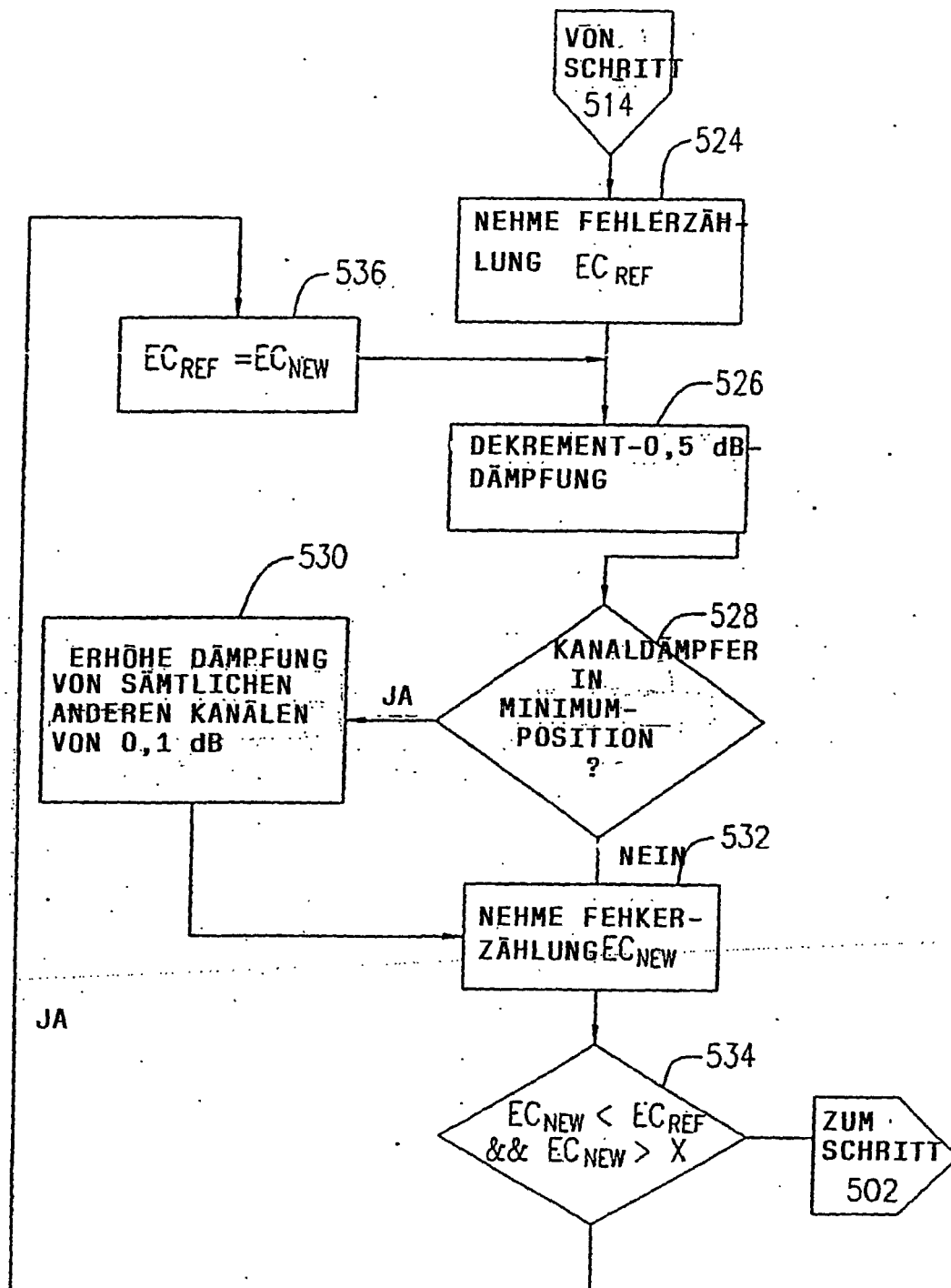


FIG. 5C

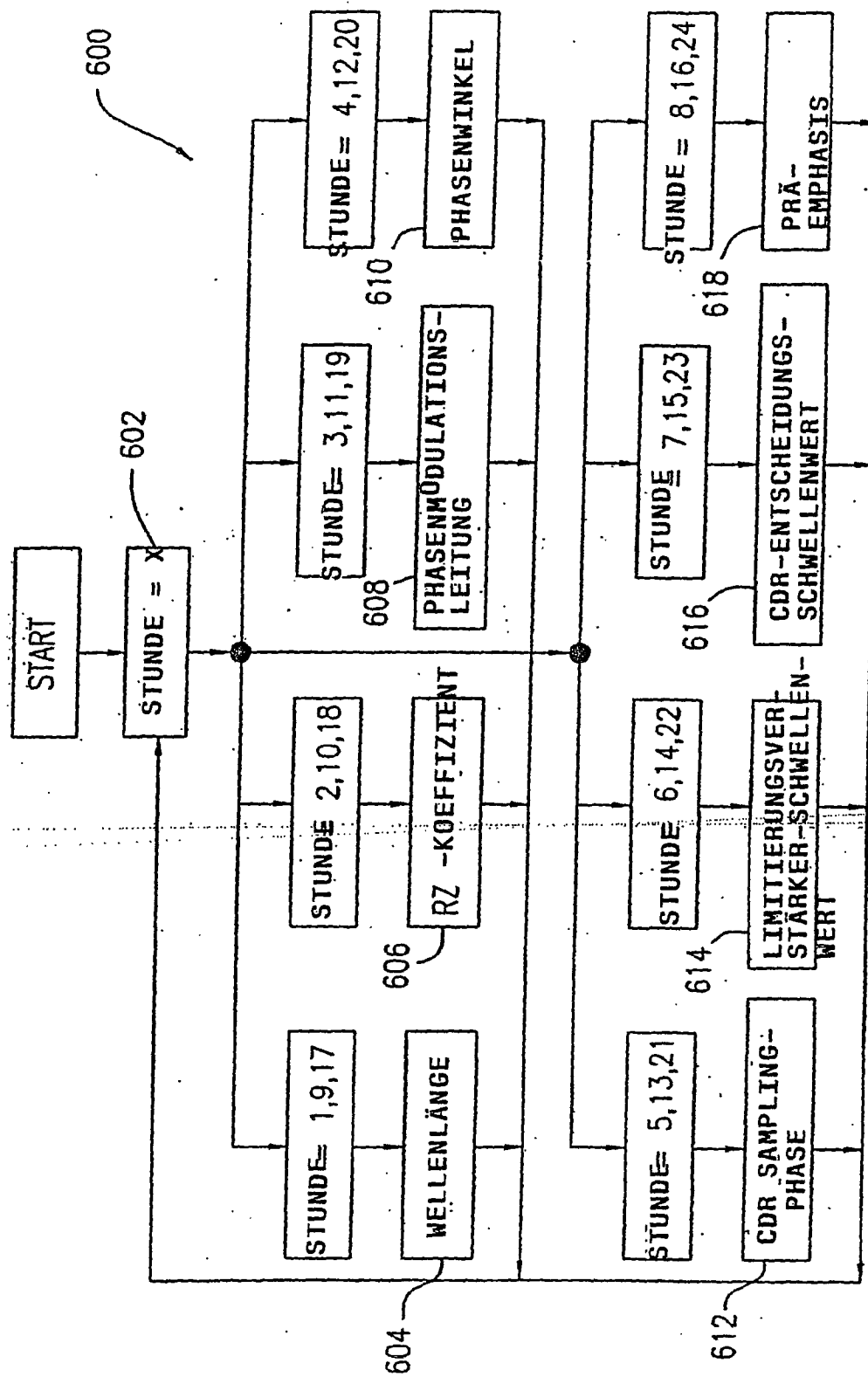


FIG. 6

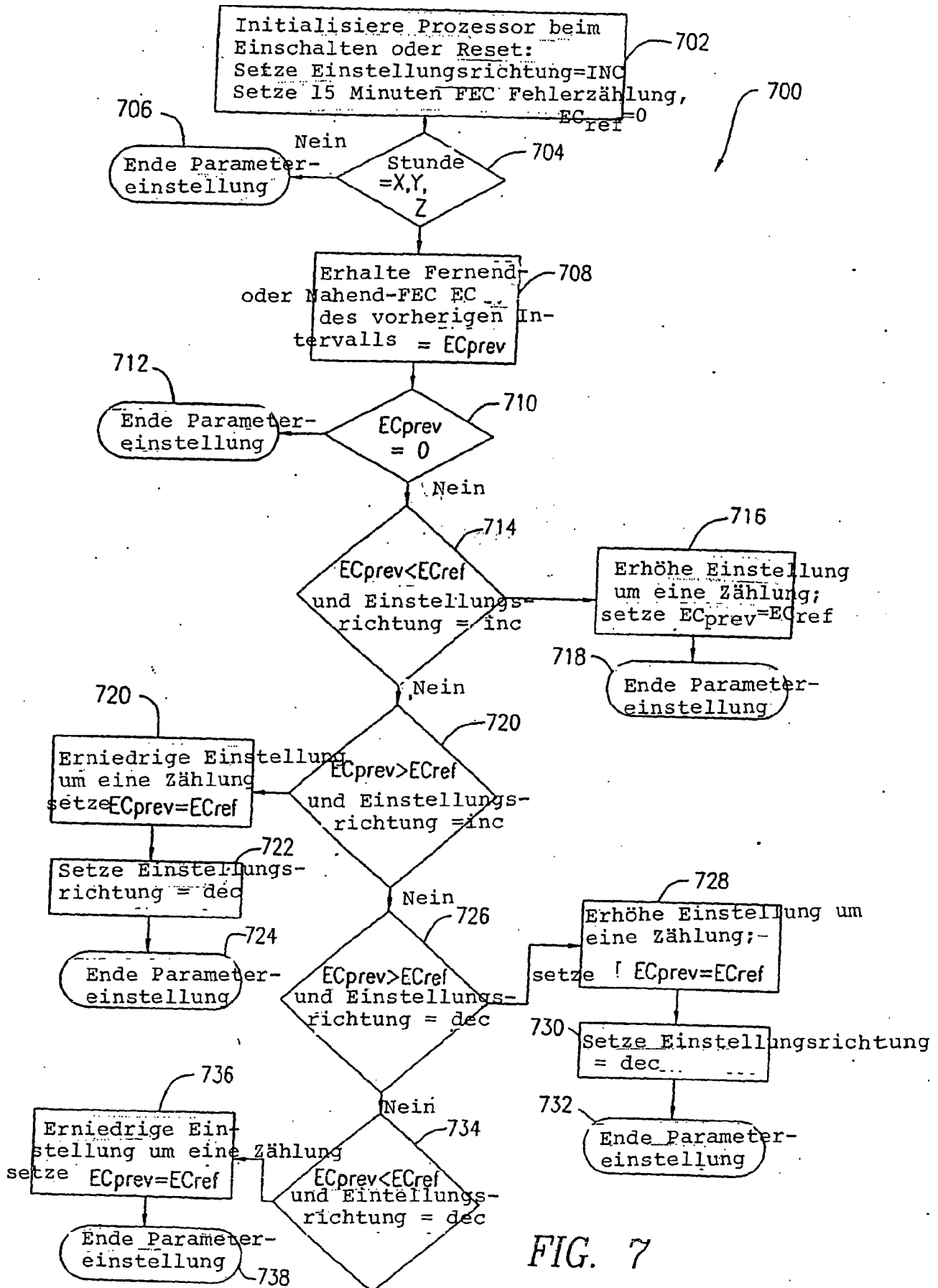


FIG. 7

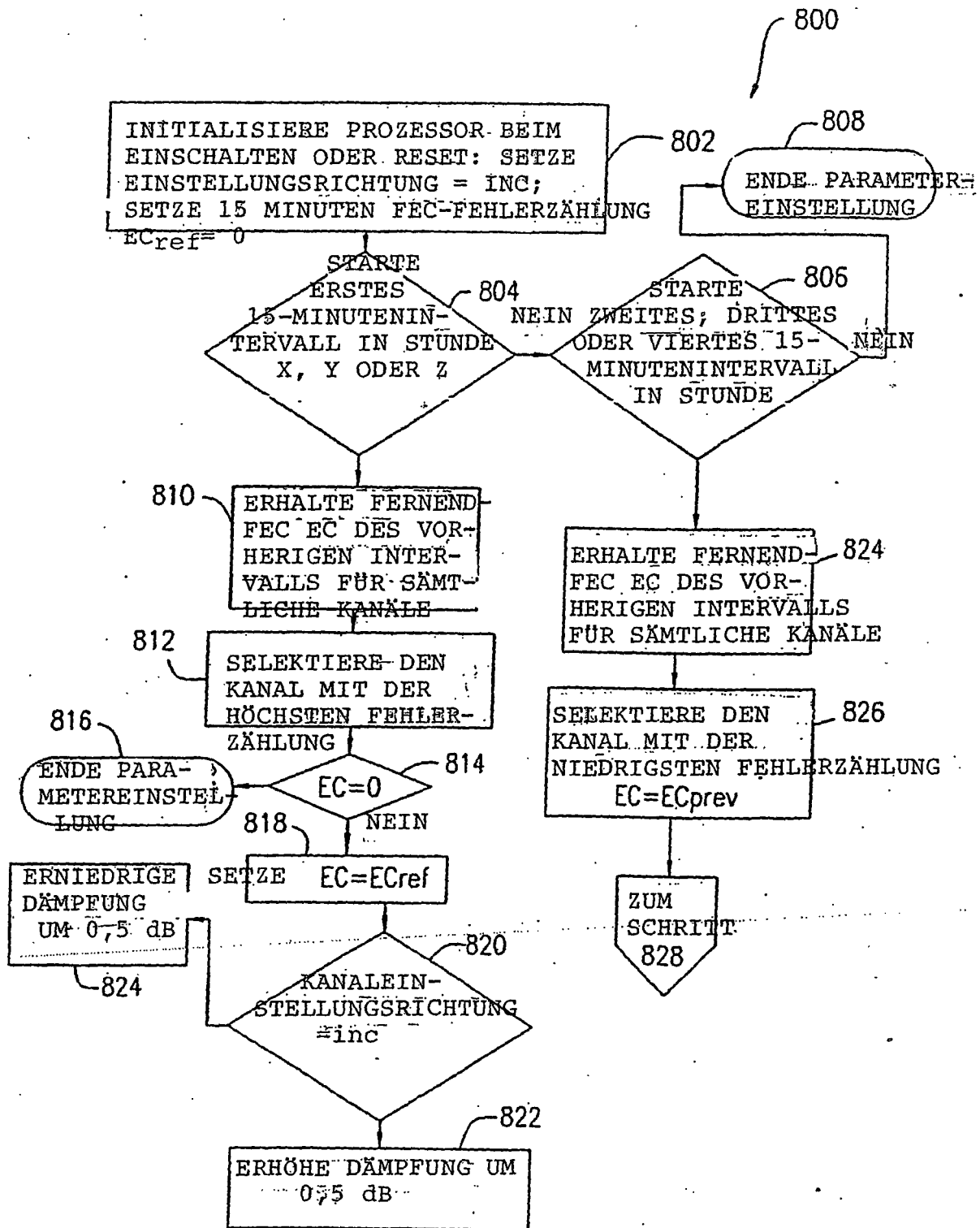


FIG. 8A

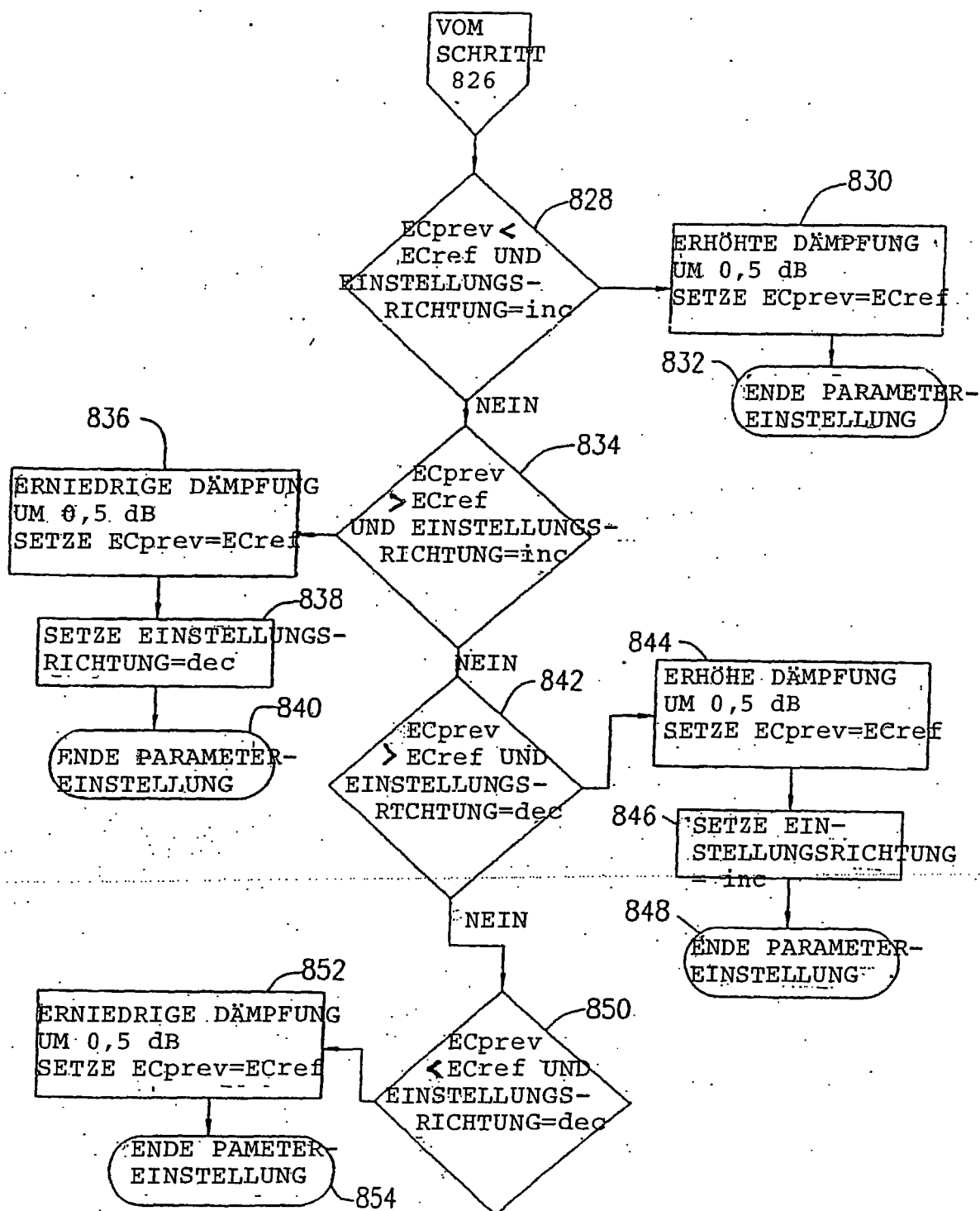


FIG. 8B