



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 08 457 T2 2006.03.23

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 191 684 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H03F 1/32** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 08 457.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 301 946.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **05.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **19.01.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.03.2006**

(30) Unionspriorität:  
**645125** 24.08.2000 US

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

(73) Patentinhaber:  
**Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US**

(72) Erfinder:  
**Ocenasek, Josef, Whippany, New Jersey 07981, US; Zappala, Christopher F., Annandale, New Jersey 08801, US**

(74) Vertreter:  
**derzeit kein Vertreter bestellt**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Erstellung eines verstärkten Signals unter Verwendung mehrerer Pi-lotsignalfrequenzen über einem Spektrum**

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

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

## Beschreibung

**[0001]** Diese Erfindung betrifft Verfahren zum Erzeugen eines verstärkten Signals mit reduzierter Verzerrung und Verstärker-Verzerrungsreduktionssysteme.

**[0002]** Ein idealer Leistungsverstärker verstärkt ein Eingangssignal ohne Veränderung der Wellenform. Der ideale Leistungsverstärker wird deshalb dadurch gekennzeichnet, dass er eine Übertragungsfunktion (Eingangssignal gegenüber Ausgangssignal) aufweist, welche linear ohne Übertragungsfunktionsunstetigkeiten ist. In der Praxis weist ein Leistungsverstärker jedoch eine Übertragungsfunktion mit nichtlinearen und „linearen“ Bereichen auf. Um zu erreichen, dass der Leistungsverstärker dem linearen Betrieb so nahe wie möglich kommt, wird der Leistungsverstärker für einen gegebenen Bereich von möglichen Eingangssignalamplituden so ausgelegt, dass er in seinem linearen Bereich arbeitet. Weist das Eingangssignal eine Amplitude auf, die den Leistungsverstärker veranlasst, außerhalb des linearen Bereichs zu arbeiten, dann bringt der Leistungsverstärker nichtlineare Komponenten oder eine Verzerrung in das Signal hinein. Wenn das Eingangssignal Spitzenamplituden hat, welche den Verstärker veranlassen zu komprimieren, zu sättigen (keine nennenswerte Zunahme der Ausgangsamplitude bei einer Zunahme der Eingangsamplitude) oder abzuschalten (keine nennenswerte Abnahme der Ausgangsamplitude bei einer Abnahme der Eingangsamplitude), dann erzeugt der Verstärker ein Ausgangssignal, das in nichtlinearer Weise abgeschnitten oder verzerrt ist.

**[0003]** In Funkkommunikationssystemen wird die Zusatzleistungsverstärkung von Signalen eingesetzt, um die Leistung des zu übertragenden Signals, z.B. von Trägersignal(en) mit darauf modulierten Informationen, zu erhöhen. Die Verzerrung des Eingangssignals führt zu einer Leistungserzeugung in angrenzenden Kanälen oder Frequenzen, so dass Signale in den benachbarten Kanälen oder Frequenzen verfälscht oder gestört werden, was üblicherweise als spektrale Leistungsumverteilung oder Nachbarkanalleistung (ACP) bezeichnet wird. Die Erzeugung einer Nachbarkanalleistung ist in Funkkommunikationssystemen von besonderer Bedeutung, wo die verstärkten Signale in benachbarten Kanälen oder Frequenzbändern liegen. Zellulare Funkkommunikationssysteme umfassen eine Anzahl von Basisstationen, die geographisch verteilt sind, um Übermittlung und Empfang von Kommunikationssignalen zu und von Funkeinheiten zu unterstützen, die in dem geographischen Bereich mobil oder unbeweglich sein können. Jede Basisstation bearbeitet Sprach- und/oder Datenkommunikationen über einen bestimmten Bereich, der als eine Zelle bezeichnet wird, und der gesamte Versorgungsbereich für ein zelluläres System ist definiert durch den Verbund aller Zel-

len für alle Zellorte, in denen sich die Versorgungsgebiete für alle Zellorte im Nahbereich in einem bestimmten Grade überlappen, um (wenn möglich) ein zusammenhängendes Versorgungsgebiet innerhalb der äußeren Grenzen des Versorgungsbereiches des Systems zu gewährleisten.

**[0004]** In einem zellularen Funkkommunikationssystem übermitteln eine Basisstation und eine Funkeinheit über eine Vorwärtsverbindung und eine Rückverbindung Sprache und/oder Daten, wobei die Vorwärtsverbindung die Kommunikationssignale von der Basisstation zur Funkeinheit überträgt und die Rückverbindung die Kommunikationssignale von der Funkeinheit zur Basisstation überträgt. Es gibt viele verschiedene Entwürfe, um zu bestimmen, wie Funkeinheiten und Basisstationen in zellulären Kommunikationssystemen kommunizieren. Mehrfachnutzer-Funkkommunikationssysteme, wie z.B. Codeteilungs-Mehrfachzugriff (CDMA), Zeitteilungs-Mehrfachzugriff (TDMA), Global System for Mobile Communication (GSM) und Orthogonalfrequenzteilungsmultiplex (OFDM) vereinigen mehrere Sprach- und/oder Datenverkehrskanäle in einem einzelnen oder in mehreren Trägern. Ein linearer Verstärker sollte in der Lage sein, schnell zu reagieren, um Leistungsänderungen und stoßartige Datenverkehrsschwankungen unter Einschwingbedingungen im Bereich von Mikrosekunden und Millisekunden zu übertragen, wobei eine angemessene Fehlerunterdrückung zu gewährleisten ist. Deshalb gibt es einen Bedarf, Techniken zu erfinden, welche die durch den Verstärker erzeugte Verzerrung weitgehend beseitigen oder beträchtlich reduzieren können.

**[0005]** Die Vorwärtseingabekorrektur wird in modernen Verstärkern routinemäßig eingesetzt, um die Linearität des Verstärkers mit verschiedenen Eingabemustern zu verbessern. Das Wesen der Vorwärtseingabekorrektur besteht in einer Bearbeitung der Verzerrung, wie z.B. der Intermodulations-(IMD)-Komponenten, die durch den Verstärker erzeugt werden, so dass am Endsummationspunkt die Verzerrung ausgelöscht wird. Wegen der Unvorhersagbarkeit des eingegebenen HF-Trägermusters wie auch des Ortes der resultierenden Verzerrung wird eine bekannte Frequenzkomponente, d.h. ein Pilotsignal, in den Hauptsignalpfad mit der Verzerrung, die durch den Verstärkungsprozess erzeugt wurde, eingespeist. In den Vorwärtseingabeverstärkern minimiert die Vorwärtseingabe-Verzerrungsreduktionsschaltung das Pilotsignal zusammen mit der Verzerrung. Dadurch dass die Vorwärtseingabe-Verzerrungsreduktionsschaltung dafür ausgelegt ist, das Pilotsignal zu erfassen und auszulösen, kann auch die Verzerrung als solche beseitigt werden.

**[0006]** Das Pilotsignal ist ein elektrisches Signal, das mindestens eine Frequenzkomponente umfasst, die in oder nahe dem Betriebsfrequenzband des

elektrischen Schaltkreises liegt. Eine ausführlichere Beschreibung des Pilotsignals ist in [Fig. 1](#) dargestellt, welche den Frequenzgang eines Hochfrequenz-(HF)-Verstärkers einschließlich der Lage des Pilotsignals zeigt. Das Pilotsignal kann nahe der unteren Kante des Betriebsbandes (z.B. Pilot 1) liegen, oder es kann umgestimmt werden, dass es nahe der oberen Kante des Betriebsbandes liegt (z.B. Pilot 2). Der Pilot ist in einem spektralen Abstand  $\Delta f$  von einer Kante des Betriebsbandes angeordnet, dessen Mittelfrequenz  $f_0$  ist. Die elektrischen Kenngrößen (z.B. Amplitude, Phasengang, Spektralgehalt) des Pilotsignals sind bekannt. Obwohl das Pilotsignal so dargestellt ist, als hätte es ein oder zwei Spektralanteile, sollte beachtet werden, dass das Pilotsignal so abglichen werden kann, dass es mehr Spektralanteile enthält oder über das Spektrum hinweg gespreizt sein kann. Das Pilotsignal wird jeweils als eine Spektralkomponente erfasst, und das Pilotsignal mit ausgedehntem Spektrum wird entspreizt und als eine einzelne Amplitude für das Spektrum nachgewiesen.

**[0007]** Die Vorwärtseingabe-Verzerrungsreduktionsschaltung reduziert gewöhnlich die durch den HF-Verstärker erzeugte Verzerrung, indem sie das Pilotsignal auf den HF-Verstärker anwendet und Anpassungen ausführt, die auf den Informationen beruhen, die aus dem angelegten Pilotsignal erhalten wurden. [Fig. 2](#) legt eine Vorwärtseingabe-Korrekturschaltung 10 und ihre Verwendung von Informationen offen, die aus dem Pilotsignal erhalten wurden, um die durch den HF-Verstärker 12 erzeugte Verzerrung zu reduzieren. Ein Eingabesignal, das zum Beispiel mindestens ein Trägersignal mit darauf modulierten Informationen enthält, wird einem Aufteiler 14 zugeführt. Der Aufteiler 14 bildet das Eingabesignal auf einem Hauptsignalpfad 16 und einem Vorwärtseingabepfad 18 nach. Der Aufteiler 14 ist ein Teil einer Trägerlöschschleife, die als Schleife #1 bezeichnet wird, welche außer dem Aufteiler 14 einen Verstärkungs- und Phasenschaltkreis 20, einen Koppler 22, den HF-Verstärker 12, einen Verzögerungsschaltkreis 24 und Koppler 26 und 28 enthält. Das Signal auf dem Hauptpfad 16 wird dem Verstärkungs- und Phasenschaltkreis 20 zugeführt. Die Ausgabe des Verstärkungs- und Phasenschaltkreises 20 und das Pilotsignal werden dem Koppler 22 zugeführt. Gewöhnlich ist die Amplitude des Pilotsignals viel kleiner (z.B. 30 dB kleiner) als die Amplitude des Eingangssignals, so dass sie die Arbeit des Verstärkers 12 nicht stört. Die Ausgabe des Koplplers 22 wird dem Verstärker 12 zugeführt, dessen Ausgabe das verstärkte Eingabesignal, das verstärkte Pilotsignal und Verzerrungssignale umfasst, die durch den Verstärker 12 erzeugt wurden.

**[0008]** Ein Teil der Ausgabedaten des Verstärkers 12 wird aus dem Koppler 26 erhalten und wird beim Koppler 28 über einen Kopplungspfad 30 mit einer verzögerten Version des Eingabesignals auf dem

Vorwärtseingabepfad 18 verknüpft, um das Pilotsignal mit Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad 18 abzutrennen. Das Eingabesignal auf dem Vorwärtseingabepfad 18 ist durch einen Verzögerungsschaltkreis 24 ausreichend verzögert, so dass ein solches Signal die gleiche Verzerrung erfährt, wie das Signal, das über den Pfad 30 am Koppler 28 eintrifft. Das resultierende Fehlersignal enthält die durch den Verstärker 12 erzeugte Verzerrung zusammen mit irgendeinem Anteil des Trägersignals, das am Ausgang des Koplplers 28 übrigbleibt, sowie das Pilotsignal. Das Ausmaß der Trägerauslöschung in der Trägerlöschschleife hängt ab von der richtigen Verstärkungs- und Phasenabstimmung zwischen den beiden Pfaden vom Aufteiler 14 zum Koppler 28.

**[0009]** Der Verstärkungs- und Phasenschaltkreis 20 passt die Phase und die Verstärkung des Eingangssignals entsprechend den Steuersignalen auf den Steuerpfaden 32 und 33 so an, dass das am Koppler 28 über den Pfad 30 eintreffende Signal im Wesentlichen reziprok (mit derselben Amplitude aber um 180° phasenverschoben) zum verzögerten Eingangssignal am Koppler 28 ist. Die Verstärkungs- und Phasen-Steuersignale, die in den Kontrollpfaden 32 und 33 des Verstärkungs- und Phasenschaltkreises 20 auftreten, werden aus dem Signal am Ausgang des Koplplers 28 in einer wohlbekannten Weise durch Abtasten der Ausgabe des Koplplers 28 mit einem Kopppler 34 und unter Verwendung der Signalerfassungs- und Steuerschaltung 35 abgeleitet. Im Allgemeinen erfasst die Signalerfassungs- und Steuerschaltung 35 ein Fehlersignal für die Trägerlöschschleife. Das Fehlersignal verkörpert die Amplitude des Signals am Punkt A, und die Signalerfassungs- und Steuerschaltung 35 unternimmt es, die Amplitude des(r) Trägersignals(e) zu reduzieren, indem sie Verstärkungs- und/oder Phasen-Steuersignale bereitstellt.

**[0010]** In dieser Ausführungsform enthält die Signalerfassungs- und Steuerschaltung 35 einen Detektor 36, wie z.B. einen Log-Detektor, der ein Signal erzeugt, das die Amplitude des Signals am Punkt A verkörpert. Ein Filter 38 filtert die Ausgabe des Log-Detektors, um ein Amplitudensignal vom Gleichstromtyp zu erzeugen, das die Amplitude des(r) Trägersignal(e) verkörpert. Das Amplitudensignal wird einem Nullabgleichschaltkreis 40 zugeführt. In Antwort auf das Amplitudensignal stellt der Nullabgleichschaltkreis 40 Steuersignale auf den Steuerpfaden 32 und 34 bereit, um die relative Verstärkung und/oder Phase zwischen den verknüpften Signalen am Koppler 28 anzupassen und das(die) Trägersignal(e) zu reduzieren. Wird(werden) das(die) Trägersignal(e) minimiert, dann löschen die Trägersignale, die am Koppler 28 verknüpft wurden, einander weitgehend aus, wobei sie am Ausgang des Koplplers 28 das Pilotsignal mit der durch den Verstärker 12 erzeugten Verzerrung übriglassen. Die Schleife #1 ist somit eine Trägerlöschschleife, welche zum Abtrennen des Pi-

Iotsignals mit der durch den Verstärker **12** erzeugten Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad **18** dient.

**[0011]** Eine Verzerrungsreduktionsschleife oder Schleife #2 versucht unter Verwendung des Signals am Ausgang des Kopplers **28**, das Pilotsignal auf dem Hauptsignalpfad **16** zu reduzieren, wodurch die durch den Verstärker **12** erzeugte Verzerrung reduziert wird. Das Pilotsignal mit Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad **18** wird einem Verstärkungs- und Phasenschaltkreis **42** zugeführt. Die Ausgabe des Verstärkungs- und Phasenschaltkreises **42** wird einem Verstärker **44** zugeführt, dessen Ausgabe dem Koppler **46** zugeleitet wird. Der Koppler **46** verknüpft das verstärkte Pilotsignal einschließlich Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad **18** mit den Signalen vom Verstärker **12** auf dem Hauptsignalpfad **16** (Trägersignal(e), Pilotsignal mit Verzerrung). Ein Verzögerungsschaltkreis **40** auf dem Hauptsignalpfad **16** verzögert die Signale vom Ausgang des Verstärkers **12** auf dem Hauptsignalpfad **16**, so dass sie nahezu die gleiche Verzögerung erfahren wie die entsprechenden Signale aus dem Ausgang des Verstärkers **12**, welche über den Kopplungspfad **30** durch den Koppler **28** zum Koppler **46** laufen.

**[0012]** Ein Koppler **48** stellt einen Signalrepräsentanten des Signals am Ausgang des Kopplers **46** auf einen Piloterfassungspfad **50** bereit. Da die Frequenz, Amplitude und andere elektrische Kenngrößen des Pilotsignals bekannt sind, kann die Piloterfassungs- und Steuerschaltung **52** die Amplitude des verbleibenden Anteils des Pilotsignals aus dem Signal auf dem Piloterfassungspfad **50** erfassen. Die Piloterfassungs- und Steuerschaltung **52** bestimmt die Amplitude des Pilotsignals, und in Antwort auf die Amplitude des verbleibenden Pilotsignals liefert die Piloterfassungs- und Steuerschaltung **52** dem Phasen- und Verstärkungsschaltkreis **42** Steuersignale. Im Allgemeinen wird die Piloterfassungs- und Steuerschaltung **52** das Pilotsignal erfassen und diese Informationen nutzen, um Steuersignale auf die Pfade **66** und **68** zu geben, um den Verstärkungs- und Phasenschaltkreis **42** zu veranlassen, Verstärkung und Phase des Pilotsignals auf dem Vorwärtseingabepfad **18** so anzupassen, dass sowohl das Pilotsignal auf dem Hauptpfad **16** als auch die Verzerrung weitgehend reziprok (gleich in der Amplitude, aber um 180° phasenverschoben) zum Pilotsignal und zur Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad **18** am Koppler **46** sind. Die entsprechenden Pilotsignale und Verzerrung löschen einander am Koppler **46** aus, wobei sie das(die) Trägersignal(e) am Ausgang des Systems übriglassen. Deshalb ist die Schleife #2 eine Verzerrungsreduktionsschleife, welche versucht, das Pilotsignal auszulöschen, um die durch den Verstärker **12** erzeugte Verzerrung weitgehend auszulöschen.

**[0013]** In dieser Ausführungsform enthält die Piloterfassungs- und Steuerschaltung **52** eine Piloten-

pfangsschaltung **54**, welche einen Mischer **56** enthält, um am Fehlersignal auf dem Pilotnachweispfad **52** eine Frequenzumsetzung auf eine niedrigere Frequenz vorzunehmen, und ein Filter **58**, um das Erfassen des Pilotsignals durch einen Signaldetektor **60** bei der bekannten Frequenz für das Pilotsignal zu erleichtern. Der Detektor **60**, wie z.B. ein Log-Detektor erzeugt ein Signal, das die Amplitude des Signals am Ausgang des Kopplers **46** verkörpert. Ein Filter **62** filtert die Ausgabe des Detektors **60**, um ein Amplitudensignal vom Gleichstromtyp zu erzeugen, das die Amplitude des verbleibenden Pilotsignals verkörpert. Das Amplitudensignal wird einem Nullabgleichschaltkreis **64** zugeführt. In Antwort auf das Amplitudensignal stellt der Nullabgleichschaltkreis **64** dem Phasen- und Verstärkungsschaltkreis **42** Steuersignale auf den Steuerpfaden **66** und **68** bereit. Die Steuersignale sind zum Anpassen der relativen Verstärkung und Phase zwischen den Signalen, die am Koppler **46** verknüpft werden, vorgesehen und reduzieren das Amplitudensignal, wodurch das verbleibende Pilotsignal reduziert wird. Der Grad der Auslöschung des Pilotsignals zeigt den Grad der Verzerrungsauslösung an. Wenn die Amplitude des Pilotsignals minimiert wird, dann löschen die Pilotsignale und Verzerrung, die am Koppler **46** verknüpft werden, einander am Ausgang des Kopplers **46** weitgehend aus.

**[0014]** Wegen des Auslöschen des Pilots und der relativen Amplitude des Pilotsignals mit Bezug auf die Amplitude des Ausgangssignals ist die Amplitude des Pilotsignals in einem Vorwärtseingabe-Verstärkerverzerrungsreduktionssystem auf Pilotbasis am Ausgang des Verzerrungsreduktionssystems meist relativ klein. Somit wird es schwierig, das Pilotsignal am Ausgang des Systems zu erfassen. Um das Erfassen des Pilotsignals am Ausgang des Verzerrungsreduktionssystems zu verbessern, wurden Entwürfe entwickelt, das Pilotsignal an einer geeigneten Stelle zu erzeugen sowie Erfassung und Steuerung zu verbessern. Durch solche Entwürfe werden die Kosten der Systeme erhöht. Entwürfe für eine Pilot freie Vorwärtseingabe-Verzerrungsreduktion wurden entwickelt, um das Pilotsignal abzuschaffen, wodurch die Notwendigkeit für die Piloterzeugungs-, Nachweis- und Steuerschaltung entfällt. Die Pilot freien Vorwärtseingabereduktionssysteme weisen jedoch kein bekanntes Pilotsignal auf, welches einfacher am Ausgang des Vorwärtseingabe-Verzerrungsreduktionssystems erfasst werden kann, um sich verändernde Betriebsbedingungen auszugleichen.

**[0015]** Eine Einschränkung beim Betrieb der Vorwärtseingabe-Verstärkerverzerrungsreduktionssysteme betrifft die Fähigkeit des Vorwärtseingabe-Verstärkerverzerrungsreduktionssystems, über einen weiten Frequenzbereich zu arbeiten. Vorwärtseingabe-Verzerrungsreduktionssysteme erfordern enge Betriebstoleranzen, zum Beispiel können typische Vorwärtseingabe-Korrektursysteme einen fla-

chen Frequenzgang (Amplitudenabweichung über das Betriebsfrequenzband hinweg) von + oder -0,1 dB und eine Phasenlinearität (Phasenabweichung im Betriebsfrequenzband) von + oder -1 Grad erfordern, um eine ausreichende und konsistente Leistung über das Frequenzband hinweg zu erreichen. Im Allgemeinen kann mit einer Phasendifferenz von 179 bis 181 Grad und einer Amplitudendifferenz von + oder -0,1 dB zwischen den Verknüpfungssignalen eine Auslöschung von 30 dB erreicht werden, und eine Phasendifferenz von 175–185 Grad und eine Amplitudendifferenz von 2 dB kann eine Auslöschung von nahezu 20 dB liefern. Zur Verbesserung der Phasen- und Amplitudenflachheit über der Frequenz wurden Entzerrer im Haupt- und Vorwärtseingabepfad des Vorwärtseingabeverstärkers eingesetzt. Solche Entzerrer werden gewöhnlich in eine Einstellung gebracht, welche für einen gegebenen Satz von HF-Trägern und eine gegebene Temperatur die gewünschte Leistung ergibt, und bleiben dann fixiert. Haben sich jedoch die Temperatur oder die HF-Träger, welche den Verstärker betreffen, verändert, dann verschlechtert sich die Effektivität des Entzerrers. Es wurden abstimmbare Entzerrer realisiert, die breitbandige Leistungsdetektoren als den Sensor für die Anpassung verwenden. Die breitbandige Verbundleistung wird in der Vorwärtseingabeverstärkerarchitektur überwacht, und der Entzerrer wird angepasst, um den erfassten Verbundleistungspegel zu minimieren. Da der erfasste Leistungspegel oder die Amplitude über einem breiten Frequenzband liegt, kann dieses Verfahren zu ungleichförmigen Anpassungen über die Frequenz hinweg führen, weil ein steiler Frequenzgang die gleiche Messung ergeben könnte wie ein flacher. Demzufolge können die Verstärkerverzerrungsreduktionssysteme bei Veränderung der Betriebsbedingungen anfällig gegenüber Veränderungen des Amplituden- und/oder Phasenganges in der Verstärkerarchitektur sein, insbesondere gegenüber Veränderungen des Amplituden- und/oder Phasenganges über dem Betriebsfrequenzband.

**[0016]** In EP-A-0 675 594 wird ein erstes Pilotenignal einem Eingabesignal überlagert, um das Signal als ein erstes Signal und ein zweites Signal zwei Bestimmungsorten zuzuleiten. Das erste Signal wird zu dessen Verstärkung über einen Entzerrer einem Hauptverstärker zugeführt, so dass ein zweites Pilotenignal mit dem verstärkten Signal gemischt wird, um ein Hauptverstärkungssignal zu erhalten. Zwischen dem zweiten Signal und dem Hauptverstärkungssignal wird eine Subtraktion ausgeführt, um ein Verzerrungssignal zu extrahieren, das über einen Entzerrer einem Hilfsverstärker zuzuführen ist, um so ein Hilfsverstärkungssignal zu erzeugen. Zwischen dem Haupt- und dem Hilfsverstärkungssignal wird eine Subtraktion ausgeführt, um ein Differenzsignal zu erhalten. Die Pilotenale werden entsprechend den Differenz- und Ausgangssignalen erfasst. Die Entzerrer werden gesteuert, um die Pilotenale auf einen

Minimalwert zu setzen. Folglich wird ein linearer Verstärker erreicht, mit dem ein stabiles Verstärkungssignal mit reduzierter Verzerrung in einem breiten Band erhalten wird.

**[0017]** In EP-A-0 998 028 enthalten ein Vorwärtseingabeverstärker und ein Verstärkungsverfahren, das den Vorwärtseingabeverstärker verwendet, einen Entzerrer, der in Reihe mit einem Hauptverstärker und/oder einem Korrekturverstärker des Vorwärtseingabeverstärkers angeordnet ist, um einen nicht flachen Frequenzgang des Hauptverstärkers und/oder Korrekturverstärkers zu kompensieren. Der Entzerrer kann ein spannungsgeregelter Entzerrer sein, der elektronisch gesteuert anpassbar ist, um veränderlichen Schaltkreisbedingungen Rechnung zu tragen, oder es kann ein Entzerrer mit Festparametern sein. Diese Entzerrer werden wahlweise entsprechend Bedarf und gewünschter Leistung verwendet. Der Vorwärtseingabeverstärker und das Verfahren führen die Entzerrungsfunktion und die Linearisierungsfunktion des Vorwärtseingabeverstärkers getrennt aus, um einen kostengünstigen und effizienten Vorwärtseingabeverstärker sowie ein Verstärkungsverfahren bereitzustellen.

**[0018]** US-A-5,489,875 legt einen Vorwärtseingabeverstärkerschaltkreis zum Verstärken eines Eingangssignals offen, um eine verstärkte Nachbildung davon herzustellen. Ein erster Aufteiler teilt das Eingangssignal in einen ersten und zweiten Signallöschezweig auf. Der erste Signallöschezweig enthält einen Verstärker und einen ersten „Verzögerungs-, Verstärkungs- und Phasensteller“ (DGPA), der in Reihe zwischen einem ersten Ausgang des ersten Aufteilers und dem Verstärker angeordnet ist, und einen zweiten Aufteiler, der in Reihe mit dem Ausgang des Verstärkers angeordnet ist, um das verstärkte Ausgangssignal in einen ersten und zweiten Verzerrungslöschezweig aufzuteilen. Der zweite Signallöschezweig enthält eine erste Verzögerungsleitung, die in Reihe zwischen einem zweiten Ausgang des ersten Aufteilers und einem ersten Eingang eines ersten Kombinators geschaltet ist. Der zweite Aufteiler weist einen ersten Ausgang auf, der an einen zweiten Eingang des ersten Kombinators gekoppelt ist. Der erste Verzerrungslöschezweig enthält eine zweite Verzögerungsleitung, die in Reihe zwischen einem zweiten Ausgang des zweiten Aufteilers und einem ersten Eingang eines zweiten Kombinators geschaltet ist. Der zweite Verzerrungslöschezweig enthält einen dritten Aufteiler, der in Reihe zwischen dem ersten Kombinator und einem zweiten DGPA geschaltet ist, sowie einen Hilfsverstärker, der in Reihe zwischen dem zweiten DGPA und einem zweiten Eingang des zweiten Kombinators geschaltet ist. Eine erste Steuereinheit ist zwischen einem Ausgang des dritten Aufteilers und dem ersten DGPA geschaltet, um den ersten DGPA an Veränderungen der Signale am Ausgang des dritten Aufteilers und an Veränderungen der Sig-

nale anzupassen, die durch den ersten DGPA ausgegeben werden. Eine zweiter Steuereinheit ist zwischen einem Ausgang eines vierten Aufteilers und dem zweiten DGPA geschaltet, um den zweiten DGPA an Veränderungen in den Signalen am Ausgang des vierten Aufteilers und an Veränderungen in den Signalen anzupassen, die durch den zweiten DGPA ausgegeben werden. Der vierte Aufteiler ist geschaltet, um die Ausgabe des zweiten Kombinators zu empfangen, und er stellt an seinem Ausgang die verstärkte Nachbildung bereit.

**[0019]** DE-A-197 20 019 legt einen linearen Leistungsverstärker und ein Verfahren zum Beseitigen der Intermodulationsverzerrung mit einem Vorverzerrungssystem und einem Vorwärtingabesystem offen. Der lineare Leistungsverstärker, der einen Haupteinstellungsverstärker aufweist, enthält: ein Vorverzerrungssystem, um ein erstes Mal das Intermodulationsignal, das bei Verstärkung eines HF-Signals in dem Haupteinstellungsverstärker erzeugt wurde, zu unterdrücken, indem eine zum HF-Eingangssignal gehörende Oberwelle und durch Ankoppeln des HF-Signals an die Oberwelle ein Vorverzerrungssignal erzeugt wird; ein Vorwärtingabesystem, um ein zweites Mal das Intermodulationsignal durch Auslösen des HF-Eingangssignals und der Ausgabe aus dem Haupteinstellungsverstärker, Extrahieren einer Intermodulationsignalverzerrung, Korrektursignalverstärken der extrahierten Intermodulationsignalverzerrung und Koppeln des verstärkten Intermodulationssignals mit der Ausgabe des Hauptsignalverstärkers zu unterdrücken.

**[0020]** Gemäß einer Ausgestaltung dieser Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wie es in Anspruch 1 beansprucht wird.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung dieser Erfindung wird ein Verstärkerverzerrungsreduktionssystem bereitgestellt, wie es in Anspruch 8 beansprucht wird.

**[0022]** Ein Verstärkerverzerrungsreduktionssystem erfassst eine Anzahl von zeitlich zusammengehörigen Amplituden in einem Betriebsfrequenzband. In Reaktion auf mindestens eine aus der Anzahl von Amplituden können Anpassungen an Komponenten in dem Betriebsfrequenzband ausgeführt werden, die das Verstärkerverzerrungsreduktionssystem in die Lage versetzen, sich an verändernde Betriebsbedingungen anzupassen. Zum Beispiel kann die Bearbeitungsschaltung Zeitabtastungen verwenden, um eine Frequenzspektrumdarstellung des Betriebsfrequenzbandes zu erzeugen. Die Bearbeitungsschaltung kann einen Analog-Digital(A/D)-Wandler enthalten, welcher über das Betriebsfrequenzband die Hochfrequenz(HF)-Signale abtastet und in digitale Abtastwerte umwandelt. Ein Digitalempfänger formt die digitalen Abtastwerte um, um eine Digitalbereich-Fre-

quenzspektrumdarstellung des Betriebsfrequenzbandes zu erzeugen, wobei zum Beispiel eine Fourier-Transformation verwendet wird. Die Frequenzspektrumdarstellung kann eine Anzahl von Amplituden in dem Betriebsfrequenzband sein, welche zeitlich zusammengehören, wie z.B. eine Anzahl von Amplituden über der Frequenz, die das Frequenzspektrum zu einem gegebenen Zeitpunkt verkörpern. Als Antwort auf die Frequenzspektrumdarstellung liefert der Digitalempfänger Anpassungen für Komponenten im Betriebsfrequenzband, um die Leistungsfähigkeit des Amplitudenverzerrungsreduktionssystems zu verbessern. In einer Vorwärtingabeführungsform können die Ausgabe der Trägerlöscheschleife überwacht und Entzerreranpassungen ausgeführt werden, um die Amplitude des(r) Trägersignal(e) über dem Betriebsfrequenzband gleichmäßig zu reduzieren. Die Ausgabe der IMD-Löscheschleife kann überwacht und Entzerreranpassungen können vorgesehen werden, um die IMD-Komponenten über dem Betriebsfrequenzband gleichmäßig zu reduzieren. Somit kann die Bearbeitungsschaltung die zeitlich zusammengehörenden Amplituden über dem Frequenzband überwachen und eine verbesserte Leistungsfähigkeit über dem Frequenzband bereitstellen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0023]** Andere Ausgestaltungen und Vorzüge der vorliegenden Erfindung werden ersichtlich beim Durchlesen der folgenden ausführlichen Beschreibung und mit Bezug auf die Zeichnungen, in denen:

**[0024]** [Fig. 1](#) eine beispielhafte Frequenzgangkurve eines HF-Verstärkers zeigt, welche die Frequenz darstellt, in welcher der Verstärker arbeitet;

**[0025]** [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm eines Vorwärtingab-Verzerrungsreduktionssystems ist, das für HF-Verstärker verwendet wird; und

**[0026]** [Fig. 3](#) ein Vorwärtingab-Verstärkerverzerrungsreduktionssystem als Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0027]** Eine veranschaulichende Ausführungsform eines Verstärkerverzerrungsreduktionssystems und eines Verfahrens wird nachfolgend in einer Vorwärtingabeanordnung beschrieben. [Fig. 3](#) zeigt ein allgemeines Blockdiagramm einer Vorwärtingabeverstärkerarchitektur **80**, in der gleiche Bezugsziffern die gleichen Komponenten wie in [Fig. 2](#) kennzeichnen. Die Bearbeitungsschaltung **82** in der Vorwärtingabeverstärkerarchitektur empfängt analoge HF-Signale vom Ausgang der Trägerlöscheschleife **84** am Ausgang des Kopplers **28** auf dem Vorwärtingabepfad **18** und/oder vom Ausgang der Verzerrungslös-

schleife **86** am Ausgang des Kopplers **46** auf dem Hauptsignalpfad **16**. Die Bearbeitungsschaltung **82** enthält einen Analog-Digital(A/D)-Wandler **88**, der die analogen Signale entsprechend einer Abtastfrequenz digitalisiert, welche eine Bandbreite aufweist, welche mehr als das Doppelte des Betriebsfrequenzbandes ist (d.h. mehr als die Nyquist-Abtastfrequenz für das Betriebsfrequenzband). Die digitalen Abtastwerte werden einem Digitalempfänger **90** bereitgestellt, der an den digitalen Abtastwerten eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) **92** ausführt, um eine digitale Frequenzspektrumdarstellung des HF-Betriebsfrequenzbandes zu erzeugen. Die digitale Frequenzspektrumdarstellung liefert eine Momentaufnahme des Spektrums des Betriebsfrequenzbandes, in welcher eine Anzahl von zeitlich zusammengehörigen Amplituden im Betriebsfrequenzband bestimmt wird. Die Anzahl von Amplituden über das Frequenzband hinweg gehören zeitlich zusammen, weil sie die Amplituden darstellen, die zu demselben Zeitpunkt oder etwa zur gleichen Zeit oder Zeitspanne auftreten. Die Amplituden können zum Beispiel Durchschnittsamplituden sein, die aus den digitalen Abtastwerten der Betriebsbandbreite bestimmt werden, welche in der gleichen Zeitspanne bearbeitet wurden, wobei zum Beispiel eine Fourier-Transformation verwendet wurde, um das momentane Betriebsfrequenzspektrum darzustellen.

**[0028]** Der Digitalempfänger **90** kann ein digitaler Breitbandempfänger sein, welcher das momentane Betriebsfrequenzband oder einen Anteil davon erfassen kann. Das Betriebsfrequenzband kann der Frequenzbereich oder ein Anteil davon sein, in den HF-Träger, Verzerrungskomponente(n) und/oder Pilotenignal(e) eingefügt oder positioniert werden können oder sind. Das Betriebsfrequenzband kann der maximale Frequenzabstand zwischen HF-Trägern sein. Wird ein breiter HF-Träger verwendet, dann kann eine Anzahl von zeitlich zusammengehörigen Amplituden über den Träger hinweg erfasst werden. Die Steuerschaltung **94** liefert Steuersignale, um Verstärkungs-, Phasen- und/oder Entzerreranpassungen auf dem Hauptpfad **16** und/oder dem Vorwärtseingabepfad **18** zu erzeugen, um die Arbeit des Verstärkerverzerrungsreduktionssystems wie in der digitalen Darstellung des Betriebsfrequenzbandes angegeben zu verbessern, indem mindestens eine aus der Anzahl der zeitlich zusammengehörigen Amplituden im Frequenzspektrum verwendet wird. Somit kann sich das Verstärkerverzerrungsreduktionssystem **80** an wechselnde Betriebsbedingungen, wie z.B. sich verändernde Eingangssignal(e), Temperatur und/oder Komponentenleistungsfähigkeit anpassen, indem in Reaktion auf mindestens eine Amplitude der Frequenzspektrumdarstellung Verstärkungs-, Phasen- und/oder Entzerreranpassungen der Signale im Betriebsfrequenzband auf dem Hauptpfad **16** und/oder dem Vorwärtseingabepfad **18** ausgeführt werden.

**[0029]** Wenn die Bearbeitungsschaltung **82** die Ausgabe der Trägerlöschschleife **86** erfasst, dann kann die Steuerschaltung **94** einem Entzerrer **96** Entzerrer-Steuersignale bereitstellen, um den Amplituden- und/oder Phasengang der Trägerlöschschleife **84** über der Frequenz auf Basis von oder unter Verwendung von einer Anzahl von Amplituden in der Darstellung des Frequenzspektrums des Betriebsfrequenzbandes anzupassen. Zum Beispiel kann die Bearbeitungsschaltung **82** Entzerreranpassungen bereitstellen, um die Trägeramplituden gleichmäßig über dem Frequenzspektrum zu reduzieren, wie es sich in der digitalen Darstellung des Frequenzspektrums widerstellt. Zusätzlich kann die Steuerschaltung **94** den Verstärkungs- und/oder Phasenanpassern **98** Verstärkungs- und/oder Phasen-Steuersignale bereitstellen, um die gewünschte Reaktion in dem Digitalfrequenzbereich auf Basis mindestens einer der Trägeramplituden im Digitalfrequenzspektrum zu erreichen. Zum Beispiel kann die Bearbeitungsschaltung **82** dem Anpasser **98** Verstärkungs- und/oder Phasenanpassungen bereitstellen, um mindestens eine Trägeramplitude aus der Anzahl von Amplituden zu reduzieren.

**[0030]** Wenn die Bearbeitungsschaltung **82** die Ausgabe der IMD- oder Verzerrungslöschschleife **86** erfasst, dann kann die Steuerschaltung **94** einem Entzerrer **100** Entzerrer-Steuersignale bereitstellen, um den Amplituden- und/oder Phasengang der Verzerrungslöschschleife **86** über der Frequenz auf Basis von oder unter Verwendung von einer Anzahl von Amplituden in der Darstellung des Frequenzspektrums des Betriebsfrequenzbandes anzupassen. Zum Beispiel kann die Bearbeitungsschaltung **82** Entzerreranpassungen bereitstellen, um die Verzerrungsamplituden über dem Frequenzspektrum gleichmäßig zu reduzieren. Zusätzlich kann die Steuerschaltung **94** den Verstärkungs- und/oder Phasenanpassern **100** Verstärkungs- und/oder Phasen-Steuersignale bereitstellen, um die gewünschte Reaktion in dem Digitalfrequenzbereich auf Basis oder unter Verwendung von mindestens einer aus der Anzahl von Amplituden in der Darstellung des Frequenzspektrums des Betriebsfrequenzbandes zu erreichen. Zum Beispiel kann die Bearbeitungsschaltung **82** dem Anpasser **100** Verstärkungs- und/oder Phasenanpassungen bereitstellen, um mindestens eine Verzerrungsamplitude aus der Anzahl von Amplituden zu reduzieren. Dementsprechend kann die Bearbeitungsschaltung **82** eine adaptive oder dynamische Regelung bereitstellen, die kontinuierlich, periodisch oder getriggert sein kann, weil die Verstärkungs-, Phasen- und/oder Entzerreranpassungen in den Trägerlösch- und/oder Verzerrungslöschschleifen unter unterschiedlichen oder veränderlichen Betriebsbedingungen, wie z.B. veränderlichen oder unterschiedlichen HF-Trägerbedingungen, Komponentenarbeitsvorgängen und Temperaturbereichen, während des eigentlichen Betriebes der Verstärker **12**

und 44 bereitgestellt werden können.

**[0031]** In der Ausführungsform von [Fig. 3](#) empfängt die Vorwärtseingabeanordnung 80 das zu verstärkende Signal, wie z.B. Trägersignale mit darauf modulierten Informationen. In Abhängigkeit von der Ausführungsform liefert ein Koppler 104 eine Abtastung des HF-Eingangssignals, das durch die Bearbeitungsschaltung 82 digitalisiert werden kann, und es kann eine digitale Darstellung des HF-Eingangsspektrums erhalten werden. Zum Beispiel kann eine digitale Darstellung des HF-Spektrums erhalten werden, um die Trägersignale zu identifizieren, so dass die Trägerfrequenzen beim Erfassen der Trägersignale bereits bekannt sein können, wenn die Trägerauslösung in der Trägerlöschschleife 86 ausgeführt wird, und sie kann übergegangen werden, wenn eine Verzerrung festgestellt wird, um die IMD-Löschschleife 86 anzupassen. Es können auch Anzahl und Beschaffenheit der Trägersignale, wie z.B. TDMA (30-kHz-Träger), Global System for Mobile Communications (GSM) (200-kHz-Träger), CDMA (1,28-MHz-Träger), Breitband-CDMA (5-MHz-Träger), Universal Mobile Communication Systems (UMTS) (3,84-MHz-Träger), bestimmt werden.

**[0032]** In bestimmten Ausführungsformen liefert der Koppler 104 eine Nachbildung des analogen HF-Eingangssignals auf einen Eingabeerfassungspfad 106 an einen HF-Schalter 108, der dieselbe Bearbeitungsschaltung 82 befähigt, die Signale auf unterschiedlichen Erfassungspfaden 116 und 122 zu erfassen. Das HF-Eingangssignal wird einem Blockwandler 110 bereitgestellt, der auf das passende Frequenzspektrum, zum Beispiel einen Frequenzblock oder eine Bandbreite von 20 MHz, abgestimmt ist, wobei ein abstimmbarer lokaler Oszillator 112 verwendet wird. Der Blockwandler 110 führt eine Frequenzwandlung der 20-MHz-Signalbandbreite aus, zum Beispiel wandelt er die Signalbandbreite nach unten. Die frequenzgewandelte 20-MHz-Bandbreite wird durch den A/D-Wandler 88 digitalisiert, und die digitalen Abtastwerte der 20-MHz-Signalbandbreite werden dem Digitalempfänger 90 zur Verfügung gestellt, welcher einen Datenpufferspeicher DRAM enthalten könnte, der mit einem digitalen Signalprozessor (DSP) mit Speicher und/oder Flash-Speicher verbunden ist. Der Digitalempfänger 90 berechnet an den digitalen Abtastwerten eine Folge schneller Fourier-Transformationen (FFT) und führt eine Mittelung über eine bestimmte Zeitspanne aus, um eine digitale Darstellung des gemittelten Eingangssignalspektrums zu erhalten. Es wird angenommen, dass das Träger-zu-IMD-Leistungsmerkmal des Eingangssignals für Mehrträgerfrequenz-GSM größer als 70 dBc ist und die spektrale Leistungsumverteilung um mindestens 10 dB besser ist als die Gesamtanforderungen an die Basisstation für CDMA.

**[0033]** Aktive HF-Trägersignale werden durch den

Digitalempfänger 90 gekennzeichnet, indem ein Amplitudengrenzwert(e) festgelegt wird. Im aktiven Spektrum liegende Frequenzen, die über diesem festgelegten Grenzwert liegen, werden als aktive HF-Träger gekennzeichnet. Die FFT-Frequenzintervalle können einfach auf spezifische HF-Kanalnummern abgebildet werden. Die ausgeführte FFT ist nominal auf eine 30-kHz-Auflösungsbandbreite eingestellt, was bedeutet, dass jedes Frequenzintervall eine Amplitude für 30-kHz-Bänder über das Frequenzspektrum hinweg enthält. Es wird angenommen, dass der Minimalabstand zwischen den TDMA-Trägern 270 kHz beträgt. Durch den Prozessor werden aufeinander folgende Frequenzintervalle, die annähernd die gleiche Amplitude in der Leistung aufweisen, aufgespürt. Eine Folge von ungefähr 7 (200 kHz/30 kHz) aufeinander folgenden Intervallen, die ähnliche Leistungspegel aufweisen, bilden einen GSM-HF-Träger. Eine Folge von ungefähr 41 (1,25 MHz/30 kHz) aufeinander folgenden Intervallen, die ähnliche Leistungspegel aufweisen, bilden einen IS-95-CDMA-Träger. Dieses Konzept kann erweitert werden, um andere Luftschnittstellen, wie z.B. UMTS, zu umfassen.

**[0034]** Ein alternatives Verfahren zur Bestimmung von Trägertyp und -standorten und eines, das minimale Bearbeitungsberechnungen berücksichtigt, umfasst einen Bus 114, der mit dem Digitalempfänger 90 und einer (nicht dargestellten) Basisstations-Steuer-Einheit verbunden ist, welche die Frequenzzuweisungen, zum Beispiel für alle Basisstationsradios, aufweist oder erhalten kann. Die Basisstations-Steuer-Einheit kann die Aktivträgerinformationen dem Digitalempfänger 90 über den Bus 114 zusenden. Eine (nicht dargestellte) Busschnittstelle könnte diese Trägerinformationen dem Digitalempfänger 90 zur Bearbeitung übermitteln. Dieses Verfahren würde die Bearbeitungsalgorithmen vereinfachen und möglicherweise die Schleifenabstimmzeit vom Kaltstart aus verbessern.

**[0035]** Am Eingang des Verstärkerverzerrungsreduktionssystems 10 bildet ein Aufteiler oder Koppler 14 das analoge Eingangssignal, welches das(die) verknüpfte(n) HF-Aktivträgersignal(e) im Betriebsfrequenzband einschließen kann, auf einem Hauptsignalpfad 16 und einem Vorwärtseingabepfad 18 nach. Das Signal auf dem Hauptsignalpfad 16 wird dem Entzerrer 96 zugeleitet, welcher über ein bestimmtes Betriebsfrequenzband einen Amplituden- und/oder Phasengang liefert, der durch die Steuersignale aus dem Digitalempfänger 90 verändert werden kann. Der Entzerrer 96 wird eingesetzt, um beliebige Phasen- und/oder Amplituden-Nichtlinearitäten des Verstärkers 12 über dem Betriebsfrequenzband zu kompensieren. Das Signal wird einem Phasen- und/oder Verstärkungsschaltkreis 98 bereitgestellt, und die Ausgabe des Phasen- und/oder Verstärkungsschaltkreises 98 wird dem Verstärker 12 zugeleitet, dessen

Ausgabe das verstärkte Signal umfasst, welches Verzerrungssignale oder -komponenten, wie z.B. IMD-Komponenten, enthält, die durch den Verstärker **12** erzeugt wurden. Eine Nachbildung der Ausgabe des Verstärkers **12** wird auf einen Kopplungspfad **30** platziert und mit einer verzögerten Version des Signals auf dem Vorwärtseingabepfad **18** am Koppler **28** verknüpft, um eine Nachbildung der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad **18** als die Ausgabe der Trägerlöschsenschleife **84** abzutrennen.

**[0036]** Das Verzerrungssignal oder Komponenten aus der Trägerlöschsenschleife **84** bilden die Eingabe der Verzerrungs- oder IMD-Löschsenschleife **86**. Das Signal auf dem Vorwärtseingabepfad **18** wird einem Entzerrer **100** zugeleitet, welcher über ein Betriebsfrequenzband einen Amplituden- und/oder Phasengang bereitstellt, der durch die Steuersignale aus dem Steuerschaltkreis **94** verändert werden kann. Der Entzerrer **100** wird eingesetzt, um beliebige Phasen- und/oder Amplituden-Nichtlinearitäten des Verstärkers **44** über das Betriebsfrequenzband auszugleichen. Das Verzerrungssignal auf dem Vorwärtseingabepfad **18** wird einem Verstärkungs- und/oder Phasenschaltkreis **102** zugeleitet, um die Amplitude und/oder Phase der Verzerrung anzupassen. Die Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad **18** wird mit dem verstärkten Signal und der Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad **16** am Koppler **46** als die Ausgabe zur IMD- oder Verzerrungslöschsenschleife **86** verknüpft, um das verstärkte Signal mit reduzierter Verzerrung auszugeben.

**[0037]** Die Bearbeitungsschaltung **82** kann am Ausgang der Trägerlöschsenschleife **84** und/oder vom Ausgang der IMD-Löschsenschleife **86** Abtastungen oder Nachbildungen des Signals empfangen, welches ein beliebiges(e) Trägersignal(e) und Verzerrungskomponenten enthalten kann, und sie kann das sich ergebende Analogsignal in eine digitale Darstellung des Betriebsfrequenzbandes umwandeln, zum Beispiel das gesamte Betriebsfrequenzband des Verstärkers **12** und/oder des Verstärkers **44** oder mindestens einen Anteil davon, wie z.B. mindestens ein Trägersignal und IMD-Komponenten, die das Signal ausmachen. In Reaktion auf das Frequenzspektrum am Ausgang der Trägerlöschsenschleife **84** kann die Steuerschaltung **94** den Verstärkungs- und/oder Phasenpasswerten **98** Verstärkungs- und/oder Phasenpasswertsignale bereitstellen, um zum Beispiel mindestens eine Trägeramplitude über das Frequenzspektrum hinweg am Ausgang zur Trägerlöschsenschleife **84** bereitzustellen. Die Bearbeitungsschaltung **82** kann dem Entzerrer **96** Entzerrerranpassungssignale bereitstellen, um den Verstärkungs- und/oder Phasengang auf dem Hauptsignalpfad **16** über dem Betriebsfrequenzband anzupassen, wie es in der digitalen Darstellung des Betriebsfrequenzbandes wiedergespiegelt wird, um zum Beispiel eine Anzahl von Trägeramplituden gleichmäßig über das

Frequenzspektrum hinweg zu reduzieren. In Reaktion auf das Frequenzspektrum am Ausgang der Verzerrungslöschsenschleife **86** kann die Steuerschaltung **94** den Verstärkungs- und/oder Phasenpasswerten **102** Verstärkungs- und/oder Phasenpasswertsignale bereitstellen, um zum Beispiel mindestens eine Verzerrungssamplitude über das Frequenzspektrum hinweg am Ausgang der Trägerlöschsenschleife **84** zu reduzieren. Die Bearbeitungsschaltung **82** kann dem Entzerrer **100** Entzerrerranpassungssignale bereitstellen, um den Verstärkungs- und/oder Phasengang auf dem Hauptsignalpfad **16** über dem Betriebsfrequenzband anzupassen, wie es in der digitalen Darstellung des Betriebsfrequenzbandes wiedergespiegelt wird, um zum Beispiel eine Anzahl von Verzerrungssamplituden gleichmäßig über das Frequenzspektrum hinweg zu reduzieren.

**[0038]** In der in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform kann ein HF-Schalter **108** verwendet werden, um zwischen einem Trägerlöschs-Erfassungspunkt am Ausgang zur Trägerlöschsenschleife **84** nach dem Koppler **28** und einem Verzerrungslöschs-Erfassungspunkt am Ausgang zur Verzerrungslöschs- oder -reduktionsschleife **86** nach dem Koppler **46** hin und her zu schalten. Am Trägerlöschs-Erfassungspunkt liefert ein Koppler **115** eine Nachbildung des Signals auf dem Vorwärtseingabepfad **18** auf einen Trägerlöschs-Erfassungspfad **116** zum HF-Schalter **108**. Der HF-Schalter **108** kann das Signal auf dem Trägerlöschs-Erfassungspfad **116** der Blockwandlerstufe **110** bereitstellen, um zum Beispiel die Bandbreite auf dem Trägerlöschs-Erfassungspfad **116** des Betriebsfrequenzbandes für die Digitalumwandlung der Betriebsbandbreite durch den A/D-Wandler **88** der Bearbeitungsschaltung **82** auf einen niedrigeren Frequenzbereich herunter zu wandeln.

**[0039]** Der A/D-Wandler **88** erzeugt digitale Abtastwerte der Betriebsbandbreite auf dem Trägerlöschs-pfad **116** zum Digitalempfänger **90**, der einen FFT-Prozess an den digitalen Abtastwerten vom A/D-Wandler **88** ausführt. Der FFT-Prozess erzeugt eine digitale Darstellung der Betriebsbandbreite, in welcher der Digitalempfänger **90** die kanalisierten Daten überwachen kann, in denen die zu den Trägersignalen und/oder IMD-Komponenten gehörenden Daten an denselben Relativlagen in der digitalen Bandbreite oder Spektrumdarstellung liegen wie in der Betriebsbandbreite aus dem Koppler **112**. Da die Trägersignalanlagen entweder auf Basis der Abtastung des Eingangssignals oder wie durch den Bus **114** bereitgestellt festgelegt sind, weisen in dieser Ausführungsform die Frequenzintervalle, welche dem(n) aktiven Trägersignal(en) zugeordnet werden können, die Amplitudeninformationen auf, welche durch den Digitalempfänger **90** überwacht werden. Alternativ kann der Digitalempfänger **90** die Amplituden über das Betriebsbandbreite hinweg überwachen und an diesem Punkt eine Entscheidung treffen, welche Am-

plituden zu dem(n) Trägersignal(en) und/oder der IMD oder zu den Verzerrungskomponenten gehören.

**[0040]** Der Digitalempfänger **90** kann die Digitalbereichsdarstellung der Betriebsbandbreite am Ausgang der Trägerlöschschleife **84** überwachen und Verstärkungs-, Phasen- und/oder Entzerreranpassungen bereitstellen, um einen gewünschten Spektralgang zu erreichen, der in der Digitalbereichsdarstellung angezeigt ist. Zum Beispiel kann der Digitalempfänger **90** in Reaktion auf die Amplitude(n) des(r) aktiven Trägersignals(e) in den Frequenzintervallen dem Verstärkungs- und/oder Phasenanpasser **102** Verstärkungs- und/oder Phasen-Steuersignale bereitstellen, um die Amplitude(n) des(r) Trägersignals(e) in der Spektrumdarstellung zu reduzieren. Die Steuersignale werden bereitgestellt, um die relative Verstärkung und/oder Phase zwischen den Trägersignalen im Betriebsfrequenzband, die am Koppler **28** verknüpft werden, anzupassen, um die Auslöschung des(r) Trägersignals(e) zu verbessern, wie es in der Spektrumdarstellung angezeigt ist. Der Digitalempfänger **90** als solcher passt die relative Phase und/oder Amplitude zwischen den Trägerkomponenten der Signale aus dem Hauptsignalpfad **16** und dem Kopplungspfad **30** so an, dass sich die Trägerkomponenten am Ausgang zum Koppler **28** mit einer Phasendifferenz von etwa 180 Grad und gleichen Amplituden vereinigen.

**[0041]** Der(die) Entzerrer **96** kann(können) sich an veränderliche Betriebsbedingungen anpassen, indem der Verstärkungs- und/oder Phasengang des(r) Entzerrers **96** über das Betriebsfrequenzband angepasst wird, wobei über das Betriebsfrequenzband eine Anzahl von Amplituden verwendet wird, die zeitlich zusammengehören. Zum Beispiel kann(können) der(die) Entzerrer uneingeschränkt anpassungsfähig an die Signalumgebung sein, und Aktualisierungen an dem(n) Entzerrer(n) **96** können kontinuierlich oder periodisch oder getriggert ausgeführt werden, wobei die Anzahl von Amplituden verwendet wird, die im Betriebsfrequenzband zeitlich zusammengehören. Der Digitalempfänger **90** kann eine Anzahl zeitlich zusammengehörender Amplituden innerhalb des Betriebsfrequenzbandes messen, aus denen eine Angabe zur Phasen- und/oder Amplitudenflachheit des Verstärkers **12** über die Betriebsbandbreite hinweg bestimmt werden kann. Wenn zum Beispiel viele Trägersignale aktiv sind und gleichmäßig über die Frequenz verteilt sind, dann kann die Trägerauslöschung der Schleife **84** über die Frequenz hinweg berechnet werden. Ist die Leistungsfähigkeit über die Frequenz hinweg nicht angemessen, liegt sie zum Beispiel außerhalb einer Leistungsvorschrift, dann wird(werden) der(die) Entzerrer **96** angepasst, um einen anderen Amplituden- und/oder Phasengang über der Frequenz auf dem Hauptsignalpfad **16** zu liefern, um die Leistungsfähigkeit zu verbessern. Zum Beispiel könnte(n) das(die) Trägersignal(e)

gleichmäßig auf den niedrigsten zulässigen Pegel reduziert werden, um die Leistungsvorschrift zu erfüllen, so z.B. auf einen Träger-zur-Verzerrung-Pegel von 60 dBc für TDMA.

**[0042]** Gibt es keine oder sehr wenige aktive Signale, dann kann der Digitalempfänger **90** den(die) Entzerrer **96** noch unter Verwendung eines Prüftons (von Prüftönen), z.B. eines Pilotsignals, anpassen, der in den HF-Eingang eingegeben wird. Der(die) Prüfton(töne) kann(können) an einen Pegel angepasst werden, der ähnlich zu einem normalen Träger, z.B. einem TDMA-Träger, ist, oder er kann von diesem Pegel, zum Beispiel bei etwa 41 dBm, um 15 dB in dem TDMA-Beispiel nach unten angepasst werden. Durch Eingabe des(r) Prüftons(töne) in den HF-Eingang, indem zum Beispiel ein Koppler **117** am Eingang verwendet wird, kann die Leistungsfähigkeit der Trägerlöschschleife charakterisiert werden. Der Prüfton kann zum Beispiel eine veränderliche (abstimmbare) Frequenzquelle oder ein Pilotsignalgenerator **118** sein, und dadurch, dass die Quelle die Betriebsbandbreite, zum Beispiel das 20-MHz-Betriebsband, durchläuft und der Frequenzgang unter Verwendung der Bearbeitungsschaltung **82** gemessen wird, kann die Trägerauslöschung unabhängig vom Datenverkehr der Basisstation überwacht werden. Der Pilot könnte auch ein Breitbandsignal sein. Ähnlich zum Fall der aktiven HF-Träger ermöglicht der gekoppelte Prüfton dem Digitalempfänger **90** ein Anpassen der Amplitude, Phase und/oder des Entzerrers über das Frequenzband hinweg.

**[0043]** In dieser Ausführungsform kann der Digitalempfänger **90** durch Verwenden der Amplituden des(r) Trägersignals(e), der Prüftöne und/oder der IMD-Komponente(n) über die Frequenz hinweg Entzerreranpassungen bereitstellen, welche den Amplituden- und/oder Phasengang des Entzerrers **96** über das Betriebsfrequenzband hinweg in Reaktion auf ein veränderliches Frequenzspektrum infolge sich verändernder Betriebsbedingungen ändern. Das Verstärkerzerrungsreduktionssystem **80** kann sich als solches an sich verändernde Betriebsbedingungen, wie z.B. veränderliche oder unterschiedliche Gegebenheiten des(r) aktiven HF-Träger, Informationssignal(e), Temperatur und/oder Komponentenleistungsfähigkeit, anpassen. Der Digitalempfänger **90** kann den Amplituden- und/oder Phasengang des Entzerrers **96** anpassen, bis ein gewünschter Amplituden- und/oder Phasengang für die Trägerlöschschleife **84** über das Betriebsfrequenzband hinweg erreicht ist, wie es in der Digitalbereich-Spektrumdarstellung der Ausgabe der Trägerlöschschleife **84** widergespiegelt wird. Zum Beispiel kann der Digitalempfänger **90** den Amplituden- und/oder Phasengang des Entzerrers **96** anpassen, um das(die) Trägersignal(e) gleichmäßig über die Frequenz zu reduzieren, wie es in der Digitalbereichspektrum- oder Bandbreitendarstellung widergespiegelt wird.

**[0044]** Das oben beschriebene Verstärkerverzerrungsreduktionssystem weist eine Tendenz zur Verringerung der Leistungsanforderungen an den Korrektursignalverstärker 44 auf, da die Gesamtleistung, die dem Korrektursignalverstärker 44 zugeführt wird, wegen der verbesserten Trägerauslöschung reduziert ist und die Leistungspegel des(r) Trägersignal(e) gleichmäßig über der Frequenz reduziert sind. Zusätzlich zu den Verstärkungs- und/oder Phasen-Entzerrernanpassungen über der Frequenz kann der Entzerrer 96 einen programmierbaren Schaltkreis zur Verzögerungsanpassung über der Frequenz enthalten, der geringfügige Verzögerungsvariationen über der Frequenz im Verstärker 12 ausgleichen kann. Diese Verzögerungsvariationen können in einer (nicht dargestellten) Aufteiler/Kombinator-Anordnung und in (nicht dargestellten) Parallelverstärkerstufen, die den Verstärker 12 ausbilden, offensichtlich werden. Die Absolutverzögerung könnte vom Eingang des Aufteilers durch die Parallelverstärkerstufen zum Kombinatorausgang hin variieren, wenn eine unterschiedliche Anzahl von Parallelverstärkerstufen, zum Beispiel 4, 8 oder 16 Parallelverstärkerstufen, verwendet wird. Diese Verzögerungsvariationen über die unterschiedlichen Konfigurationen hinweg könnten Phasenfehler hervorrufen, die zu einer schlechten Trägerauslöschung bei einigen Frequenzen führen. Um die verschiedenen absoluten Verzögerungen auszugleichen, programmiert der Digitalempfänger 90 den Verzögerungsentzerrer (der als ein Teil des Entzerrers 96 dargestellt ist, aber in Reihe mit dem Entzerrer 96 dargestellt werden könnte), um eine verbesserte Trägerauslöschung zu erreichen. Wie bei den anderen Anpassungen wird die absolute Verzögerung nicht direkt gemessen. Was durch den Digitalempfänger 90 erfasst wird, ist die Anzahl von Amplituden über dem Betriebsfrequenzband, welche die Stärke der Trägerauslöschung über die Frequenz hinweg anzeigt. Auf Basis dieser Messung wird der Verzögerungsentzerrer angepasst. Der Verzögerungsentzerrer kann ähnlich zu anderen Entzerrern sein. In einer Ausführungsform ist der Verzögerungsentzerrer eine variable Verzögerung, in dem Verzögerungselemente mit jeweiligen Verzögerungen in Reihe sind und im Hauptsignalpfad 16 ein- und ausgeschaltet werden können, um die Verzögerung auf dem Hauptsignalpfad 16 zu verändern, zum Beispiel ist er ein Zwei-Bit-Verzögerungsanpasser mit zwei Verzögerungselementen.

**[0045]** An dem Verzerrungslösch-Erfassungspunkt liefert ein Koppler 120 eine Nachbildung des Signals, welches das(die) Trägersignal(e) und Verzerrungskomponenten enthalten kann, auf dem Hauptsignalpfad 16 auf einen IMD- oder Verzerrungsreduktions-Erfassungspfad 122 zum HF-Schalter 108. Der HF-Schalter 108 kann das Signal auf dem Verzerrungsreduktions-Erfassungspfad 122 der Blockwandlerstufe 110 bereitstellen, um zum Beispiel die Bandbreite auf dem Verzerrungsreduktions-Erfas-

sungspfad 122 des Betriebsfrequenzbandes für die Digitalumwandlung der Betriebsbandbreite durch den A/D-Wandler 88 der Bearbeitungsschaltung 82 auf einen niedrigeren Frequenzbereich herunter zu wandeln. Der A/D-Wandler 88 erzeugt digitale Abtastwerte der Betriebsbandbreite auf dem Verzerrungsreduktions-Erfassungspfad 122 zum Digitalempfänger 90, der einen FFT-Prozess an den digitalen Abtastwerten vom A/D-Wandler 88 ausführt. Der FFT-Prozess erzeugt eine digitale Darstellung der Betriebsbandbreite, in welcher der Digitalempfänger 90 die kanalisierten Daten überwachen kann, in denen die zu den Trägersignalen und/oder IMD-Komponenten gehörenden Daten an denselben Relativlagen in der digitalen Bandbreitendarstellung liegen wie in der Betriebsbandbreite aus dem Koppler 120. In dieser Ausführungsform können die Verzerrungslagen bereits durch Überwachen der Trägerlöschschleife 84 für die Trägerauslöschung bestimmt werden sein, Frequenzintervalle, welche der Verzerrung zugeordnet werden können, weisen die Amplitudeninformationen auf, welche durch den Digitalempfänger 90 überwacht werden. Alternativ kann der Digitalempfänger 90 die Amplituden über die Betriebsbandbreite hinweg überwachen und an diesem Punkt eine Entscheidung treffen, welche Amplituden zu den Verzerrungskomponenten gehören.

**[0046]** Der Digitalempfänger 90 kann die Digitalbanddarstellung der Betriebsbandbreite am Ausgang der Verzerrungsreduktionsschleife 86 überwachen und Verstärkungs-, Phasen- und/oder Entzerrernanpassungen bereitstellen, um einen gewünschten Spektralgang zu erreichen, der in der Digitalbereichsdarstellung angezeigt ist. Zum Beispiel kann in dieser Ausführungsform der Digitalempfänger 90 die Frequenzintervalle, die mit der Verzerrung verknüpft sind, als die Messparameter für das Anpassen der Verzerrungslöschschleife 86 überwachen. In Reaktion auf die Amplitude(n) der IMD oder Verzerrungskomponente(n) in den Frequenzintervallen kann die Steuerschaltung 94 des Digitalempfängers 90 dem Verstärkungs- und/oder Phasensteller 102 Verstärkungs- und/oder Phasen-Steuersignale bereitstellen, um die Amplitude(n) der Verzerrungskomponente(n) in der Frequenzspektrumdarstellung zu reduzieren. Die Steuersignale werden bereitgestellt, um die relative Verstärkung und/oder Phase zwischen den Verzerrungskomponenten im Betriebsfrequenzband anzupassen, die am Koppler 46 verknüpft werden, um die Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad 16 zu reduzieren. Wenn die Amplitude der Verzerrung minimiert ist, wie es in der Frequenzspektrumdarstellung angezeigt ist, dann löschen die Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad 18 und dem Hauptsignalpfad 16 einander weitgehend am Ausgang des Koppplers 46 aus. Der Digitalempfänger 90 als solcher kann auf Basis eines sich verändernden Frequenzspektrums Anpassungen vornehmen, um sich während des Betriebes an sich verändernde Be-

triebsbedingungen anzupassen, indem er die relative Phase und/oder Verstärkung zwischen den Verzerrungskomponenten im Betriebsfrequenzband aus dem Hauptsignalpfad **16** und dem Vorwärtseingabepfad **18** anpasst. Die relativen Phasen- und/oder Verstärkungsanpassungen werden so ausgeführt, dass sich die Verstärkungskomponenten am Ausgang zum Koppler **46** mit einer Phasendifferenz von etwa 180 Grad und gleichen Amplituden verbinden.

**[0047]** Der(die) Entzerrer **100** kann(können) sich an veränderliche Betriebsbedingungen anpassen, indem der Verstärkungs- und/oder Phasengang des(r) Entzerrers **100** über das Betriebsfrequenzband angepasst wird, wobei eine Anzahl von Amplituden über das Betriebsfrequenzband verwendet wird, die zeitlich zusammengehören. Zum Beispiel kann(können) der(die) Entzerrer **96** und/oder **100** uneingeschränkt anpassungsfähig zur Signalumgebung sein, und Aktualisierungen an dem(n) Entzerrer(n) **96** und/oder **100** können kontinuierlich oder periodisch oder getriggert ausgeführt werden, wobei die Anzahl von Amplituden im Betriebsfrequenzband verwendet wird, die zeitlich zusammengehören. Der Digitalempfänger **90** kann die Verzerrung über der Frequenz messen. Zum Beispiel kann eine Anzahl von Amplituden über die Betriebsbandbreite hinweg gemessen werden, aus denen eine Angabe über die Phasen- und/oder Amplitudenflachheit der Verstärker **12** oder **44** über die Betriebsbandbreite hinweg bestimmt werden kann. Ist die Leistungsfähigkeit nicht angemessen, dann kann der Verstärkungs-/Phasengang über dem Betriebsfrequenzband der Entzerrer **96** oder **100** angepasst werden, um die gewünschte Spektrumdarstellung zu erreichen. Zum Beispiel sollte die Verzerrung gleichmäßig über das Betriebsfrequenzband hinweg auf einen Pegel reduziert werden, der die Leistungsanforderungen erfüllt.

**[0048]** Zusätzlich zu den Verstärkungs- und/oder Phasen-Entzerreranpassungen über der Frequenz kann der Entzerrer **100** einen programmierbaren Schaltkreis zur Verzögerungsanpassung über der Frequenz enthalten, der geringfügige Verzögerungsvariationen über der Frequenz, zum Beispiel im Verstärker **44**, ausgleichen kann. Diese Verzögerungsvariationen könnten Phasenfehler erzeugen, die eine schlechte Verzerrungsreduktion bei einigen Frequenzen zur Folge hat. Um die verschiedenen absoluten Verzögerungen auszugleichen, programmiert der Digitalempfänger **90** den Verzögerungsentzerrer (der als ein Teil des Entzerrers **100** dargestellt ist, aber in Reihe mit dem Entzerrer **100** dargestellt werden könnte), um eine verbesserte Verzerrungsreduktion zu erreichen. Wie bei den anderen Anpassungen wird die absolute Verzögerung nicht direkt gemessen. Was durch den Digitalempfänger **90** gemessen wird, ist die Anzahl von Amplituden über dem Betriebsfrequenzband, welche die Stärke der Verzerrungsreduktion über die Frequenz hinweg anzeigen.

Auf Basis dieser Messung wird der Verzögerungsentzerrer angepasst. Der Verzögerungsentzerrer kann ähnlich zu anderen Entzerrern sein. In einer Ausführungsform ist der Verzögerungsentzerrer eine variable Verzögerung, in dem Verzögerungselemente mit jeweiligen Verzögerungen in Reihe sind und im Hauptsignalpfad **18** ein- und ausgeschaltet werden können, um die Verzögerung auf dem Hauptsignalpfad **18** zu verändern, zum Beispiel ist er ein Zwei-Bit-Verzögerungsanpasser mit zwei Verzögerungselementen.

**[0049]** Für die Pfadausstattungen und die Bearbeitungsschaltung **82** ist ein ausreichender Aussteuerbereich vorgesehen, um die Spektrumausgabe des Verstärkerverzerrungsreduktionssystems zu messen. Die Verarbeitungsschaltung **82** kann einen ausreichenden verzögerungsfreien Aussteuerbereich aufweisen, um sowohl das Signal als auch die Verzerrung zu messen, und sie kann einen ausreichenden Bereich aufweisen, um genaue Messungen der Verzerrung selbst nach der Reduktion der Verzerrung zu erhalten, zum Beispiel ein Digitalempfänger, der für einen Bereich von 5 dB Verzerrung(IMD)-Rausch-Abstand leistungsfähig ist, wenn 60 dBc Träger-Verzerrung(IMD)-Abstand erreicht werden. Indem die Ausgabe des Verstärkers **12** direkt gemessen wird und eine Analyse des Frequenzspektrums während des Betriebes ausgeführt werden kann, lässt sich der tatsächliche Verzerrungsleistungsumfang aus Trägersignal(en) zur Verzerrung(IMD) zum Rauschen quantifizieren.

**[0050]** Ist eine Feinabstimmung der Verzerrungsreduktionsschleife **86** nötig, dann kann die Empfindlichkeit der Bearbeitungsschaltung **82** durch Inbetriebnahme einer Detektorträgerlöscheschleife **130** verbessert werden. Ein Koppler **132** auf dem Vorwärtseingabepfad **18** vor dem Koppler **28** koppelt eine Probe eines „sauberen“ oder nichtverzerrten Signals ab oder stellt sie bereit, wie z.B. das(die) Trägersignal(e) auf einen Detektorträgerlöscheschleife **134**. Das Signal wird durch eine Verzögerung **136** um den passenden Wert verzögert, der zur Signalverzögerung am Ausgang des Verzerrungsreduktionssystems passt. Das geschaltete HF-Eingangsteil ist konfiguriert, dass es eine Verknüpfung sowohl des Ausgangssignals der Verzerrungslöscheschleife **86** als auch der Ausgabe der Detektorträgerlöscheschleife **130** an einem Koppler **138** ermöglicht, um die Amplitude des(r) Trägersignals(e) zu reduzieren, wenn der Digitalempfänger **90** die Verzerrungslöscheschleife **86** überwacht. Die Amplitude und Phase des(r) Trägersignals(e) auf dem Detektorträgerlöscheschleife **134** wird angepasst, bis die Träger hinter dem Ausgang des Koppplers **138** minimiert sind. Sobald sie minimiert sind, kann eine (nicht dargestellte) hochverstärkende Vorverstärkerstufe in den HF-Pfad am Eingangsteil des Blockwandlers **110** geschaltet werden, wodurch die Verzerrungserfassung und die Empfindlichkeit des Digi-

talempfängers **90** verbessert werden. Das Ergebnis ist ein verbesserter Verzerrung-Rausch-Abstand, wie z.B. etwa 20 dB, bei einer Messung der Verstärkerverzerrung, wenn zum Beispiel die IMD-Löschschleife **86** nahe dem Pegel 60 dBc des Träger-Verzerrung-Abstandes abgestimmt ist.

**[0051]** Stellt der Digitalempfänger **90** fest, dass die Abstimmung der IMD-Löschschleife **86** durch unmittelbares Messen der IMD-Komponenten ein Problem darstellt, dann kann eine pilotgestützte Abstimmung aktiviert werden. Zum Beispiel kann ein Schalter **140** verwendet werden, um das(die) Pilotenignal(e) einem Koppler **142** zuzuleiten, welcher das Pilotenignal vor dem Verstärker **12** in den Hauptsignalpfad **16** eingibt. Das Abstimmen der IMD-Löschschleife **86** kann weniger robust werden, wenn für die Basisstation eine Stromab-Leistungssteuerung aktiviert wird. Das würde zu größeren Veränderungen der HF-Trägerleistung und somit größeren Schwankungen bei den Verzerrungsmessungen führen. Der Digitalempfänger **90** bestimmt, ob die Leistungssteuerung aktiviert ist und ob die Standardabweichung der IMD-Messungen zu groß ist. Ist dies der Fall, dann wird die pilotgestützte Abstimmung aktiviert. In dieser Ausführungsform wird ein Dauerstrich-(CW)-Pilot in den Koppler **142** auf dem Hauptsignalpfad **16** bei einer Frequenz eingespeist, die nicht durch Träger besetzt ist. Der Pegel des Pilotenignals ist derart, dass er mit einem absoluten IMD-Pegel vergleichbar ist. Die IMD-Löschschleife **86** würde dann mit Hinblick auf das Frequenzintervall, das dem(n) Pilotenignal(en) zugeordnet ist, abgestimmt werden. Die Schleife würde durch die IMD-Löschschleife **86** wie zuvor abgestimmt sein, um die Amplitude des Pilotenignals zu reduzieren.

**[0052]** Dementsprechend kann der Digitalempfänger **90** unter Verwendung der Amplituden der IMD-Komponente(n) und/oder des(r) Pilotenignals(e) Entzerrungen bereitstellen, welche den Amplituden- und/oder Phasengang des Entzerrers **100** über das Betriebsfrequenzband hinweg verändern. Der Digitalempfänger **90** kann den Amplituden- und/oder Phasengang des Entzerrers **100** anpassen, bis ein gewünschter Amplituden- und/oder Phasengang für die Verzerrungslöschschleife **86** erreicht ist, wie es wiedergespiegelt wird in der(n) Amplitude(n) der IMD-Komponente(n) und/oder des(r) Pilotenignals(e) über das Betriebsfrequenzband hinweg in der Digitalbereich-Bandbreitendarstellung der Ausgabe aus der Verzerrungsreduktionsschleife **86**. Zum Beispiel kann der Digitalempfänger **90** den Amplituden- und/oder Phasengang des Entzerrers **100** anpassen, um die IMD, Pilotenignal(e) oder Verzerrung gleichmäßig über die Frequenz zu reduzieren, wie es in der Digitalbereich-Bandbreitendarstellung wiedergespiegelt wird. Zusätzlich kann der Digitalempfänger **90** die Verzerrungsreduktionsschleife **86** bei unterschiedlichen HF-Träger- und Verstärkerzuständen anpas-

sungsfähig abstimmen, um ein einheitlicheres Leistungsvermögen über das Betriebsfrequenzband hinweg zu erhalten.

**[0053]** Zusätzlich zur oben beschriebenen Ausführungsform sind alternative Konfigurationen des Verstärkerverzerrungsreduktionssystems möglich, in denen Komponenten weggelassen oder hinzugefügt werden und/oder Abänderungen oder Teile des beschriebenen Systems verwendet werden. Zum Beispiel sind die obigen Ausführungsformen in einer Vorwärtingabeausführung beschrieben, es sind jedoch andere Ausführungsformen möglich, welche Relativverstärkungs- und/oder Phasen- und/oder Entzerrungen bereitstellen, wobei ein Breitbandempfänger verwendet wird, welcher Amplitudenmessungen bei unterschiedlichen Frequenzen über ein Betriebsfrequenzband hinweg liefert. Zum Beispiel könnten Ausführungsformen zum Anpassen an sich verändernde Bedingungen während des Betriebes einer Vorverzerrungsarchitektur verwendet werden, wo die Verstärkungs- und/oder Phasenanpassungen zum Betriebsfrequenzband vor der Verstärkung auf Basis mindestens einer Amplitude aus der Anzahl von Amplituden im Betriebsfrequenzband nach der Verstärkung und vor der Übertragung ausgeführt werden. In einem Band eines persönlichen Kommunikationssystems (PCS) im Bereich von 1930–1990 MHz kann der Digitalempfänger **90** Messungen bei unterschiedlichen Frequenzen über ein 20 MHz-Teilband liefern, das als der momentane Frequenzbereich, wo HF-Träger platziert werden können, oder als der maximale Frequenzabstand zwischen HF-Trägern festgelegt werden kann. In Abhängigkeit von der Anwendung erreicht die Trägerlöschschleife **84** gewöhnlich etwa 12–32 dB Trägerauslösung (vorzugsweise mehr als 20 dB), und die IMD-Löschschleife **86** erreicht gewöhnlich etwa 12–32 dB Verzerrungsauslösung über dem Betriebsfrequenzband (vorzugsweise mehr als 20 dB).

**[0054]** In Abhängigkeit von der Anwendung kann die Relativverstärkungs- und/oder Phasenschaltung und/oder Entzerrerschaltung in unterschiedlichen Lagen und/oder Pfaden im Vorwärtingabeverstärker und anderen Verzerrungsreduktionsanordnungen positioniert werden. Zum Beispiel könnte der Verstärkungs- und/oder Phasenanpassungsschaltkreis **98** auf dem Pfad **18** vor dem Koppler **28** angeordnet werden, der Verstärkungs- und/oder Phasenanpasser **102** könnte auf dem Pfad **16** nach dem Koppler **26** angeordnet werden, oder die Verstärkungs- und Phasenanpassungsschaltung **96** und **98** könnte an beiden Orten angebracht werden. Die Amplitude der Signale kann auf verschiedenen Wegen gemessen oder dargestellt werden, so z.B. als Spannung, Strom, Energie, Leistung oder Intensität; die Amplitude der Signale bezieht sich in dieser Beschreibung jedoch allgemein auf den Leistungspegel, obwohl sich die Amplitude im analogen Zeitbereich auf den

Spannungspegel beziehen kann.

**[0055]** Ferner wurde das Verzerrungsreduktionssystem so beschrieben, dass die Bearbeitungsschaltung speziell unter Einsatz einer A/D-Wandlers betrieben wird, es sollte jedoch selbstverständlich sein, dass das Verstärkerverzerrungsreduktionssystem und Teile davon mit einem Einsatz von spezifischen integrierten Schaltkreisen, softwaregesteuerten Prozessschaltungen, Firmware, programmierbaren Logikbausteinen, Hardware und anderen Anordnungen von diskreten Komponenten verwirklicht werden kann, wie es für einen Durchschnittsfachmann verständlich ist, der aus dieser Offenlegung Nutzen zieht. Was beschrieben wurde, ist lediglich eine Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung. Fachleute werden schnell erkennen, dass diese und verschiedene andere Modifikationen, Anordnungen und Verfahren zur vorliegenden Erfindung ausgeführt werden können, ohne den hier veranschaulichten und beschriebenen beispielhaften Anwendungen strikt zu folgen und ohne den Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines verstärkten Signals mit reduzierter Verzerrung unter sich verändernden Betriebsbedingungen, wobei das Verfahren einschließt:

Anpassen mindestens einer Komponente in einem Betriebsfrequenzband in Reaktion auf mindestens eine erfasste Amplitude aus einer Anzahl von erfassten Amplituden von einem Frequenzspektrum des Betriebsfrequenzbandes in einer bestimmten Zeit oder Zeitperiode,

**dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplituden erfasst werden durch:

Beschaffen einer Nachbildung des Betriebsfrequenzbandes an einem Erfassungspunkt auf einem Erfassungspfad;

Umwandeln von Abtastungen des Betriebsfrequenzbandes in Digitalwerte und

Ausführen einer Fourier-Transformation unter Verwendung der Digitalwerte, um eine digitale Darstellung des Betriebsfrequenzbandes zu erzeugen, um so die Anzahl von erfassten Amplituden über das Betriebsfrequenzband zu erzeugen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend:

Aufteilen eines zu verstärkenden Signals auf einen Hauptsignalpfad (16) und einen Vorwärtseingabepfad (18);

Verstärken des Signals auf dem Hauptsignalpfad (16), um ein verstärktes Signal mit Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16) zu erzeugen;

Abtasten des verstärkten Signals mit der Verzerrung, um eine Nachbildung des verstärkten Signals mit der Verzerrung auf einem Kopplungspfad (30) zu erhalten; und

Verknüpfen des Signals auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit der Nachbildung des verstärkten Signals und der Verzerrung auf dem Kopplungspfad (30), um die Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) zu erzeugen, wobei das Anpassen mindestens einer Komponente im Frequenzband des Signals durch Steuersignale ausgeführt wird, die als Reaktion auf mindestens eine Amplitude der Frequenzspektrum-Darstellung an einem Erfassungspunkt erzeugt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend: Aufteilen eines zu verstärkenden Signals auf einen Hauptsignalpfad (16) und einen Vorwärtseingabepfad (18);

Verstärken des Signals auf dem Hauptsignalpfad (16), um ein verstärktes Signal mit Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16) zu erzeugen;

Abtasten des verstärkten Signals mit der Verzerrung, um eine Nachbildung des verstärkten Signals mit der Verzerrung auf einem Kopplungspfad (30) zu erhalten; und

Verknüpfen des Signals auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit der Nachbildung des verstärkten Signals und der Verzerrung auf dem Kopplungspfad (30), um die Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) zu erzeugen,

Anwenden der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) auf einen Verstärkungs- und/oder Phasenschaltkreis (102), um die Amplitude und/oder Phase der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) anzupassen; und

Verknüpfen der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit dem verstärkten Signal und der Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16), um das verstärkte Signal mit reduzierter Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16) auszugeben,

wobei das Anpassen mindestens einer Komponente im Frequenzband des Signals durch Steuersignale ausgeführt wird, die als Reaktion auf mindestens eine Amplitude der Frequenzspektrum-Darstellung an einem Erfassungspunkt erzeugt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend:

Aufteilen eines zu verstärkenden Signals auf einen Hauptsignalpfad (16) und einen Vorwärtseingabepfad (18);

Verstärken des Signals auf dem Hauptsignalpfad (16), um ein verstärktes Signal mit Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16) zu erzeugen;

Abtasten des verstärkten Signals mit der Verzerrung, um eine Nachbildung des verstärkten Signals mit der Verzerrung auf einem Kopplungspfad (30) zu erhalten; und

Verknüpfen des Signals auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit der Nachbildung des verstärkten Signals und der Verzerrung auf dem Kopplungspfad (30), um die Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) zu erzeugen,

Anwenden der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabe-

pfad (18) auf einen Verstärkungs- und/oder Phasenschaltkreis (102), um die Amplitude und/oder Phase der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) anzupassen;

Verknüpfen der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit dem verstärkten Signal und der Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16), um das verstärkte Signal mit reduzierter Verzerrung auszugeben,

Abtasten des Betriebsfrequenzbandes an einem ersten Erfassungspunkt auf dem Vorwärtseingabepfad (18) nach dem Verknüpfen des Signals auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit der Nachbildung des verstärkten Signals und der Verzerrung auf dem Kopplungspfad (30);

Abtasten des Betriebsfrequenzbandes an einem zweiten Erfassungspunkt auf dem Hauptsignalpfad (16) nach dem Verknüpfen der Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit dem verstärkten Signal und der Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16); und

Schalten zwischen dem ersten Erfassungspunkt und dem zweiten Erfassungspunkt, um ein Anpassen in Reaktion auf die mindestens eine Amplitude an dem ersten Erfassungspunkt und dem zweiten Erfassungspunkt herzustellen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Anpassen ein Herstellen von Relativverstärkungs- und/oder Phasenanpassungen von Signalen in dem Betriebsfrequenzband in Reaktion auf mindestens eine aus der Anzahl von Amplituden der Frequenzspektrum-Darstellung umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Anpassen ein Verändern eines Entzerrer-Verstärkungsganges und/oder -Phasenganges über das Betriebsfrequenzband für Signale in dem Betriebsfrequenzband auf einem Pfad in Reaktion auf die Anzahl von Amplituden der Frequenzspektrum-Darstellung umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Anpassen ein Verändern eines Entzerrer-Verzögerungsganges über das Betriebsfrequenzband für Signale in dem Betriebsfrequenzband auf einem Pfad in Reaktion auf die Anzahl von Amplituden der Frequenzspektrum-Darstellung umfasst.

8. Verstärker-Verzerrungsreduktionssystem, umfassend:

einen Erfassungspfad (106, 116, 122), eingerichtet zum Empfang eines Betriebsfrequenzbandes; und Bearbeitungsschaltung (82), eingerichtet zum Empfang des Betriebsfrequenzbandes auf dem Erfassungspfad und zum Erzeugen einer Anzahl von Amplituden eines Frequenzspektrums des Betriebsfrequenzbandes in einer bestimmten Zeit oder Zeitperiode und zum Bereitstellen von Anpassungen für das Betriebsfrequenzband in Reaktion auf mindestens eine aus der Anzahl von Amplituden, wobei die Amp-

lituden erzeugt werden, indem Abtastungen des Betriebsfrequenzbandes in Digitalwerte umgewandelt werden und eine Fourier-Transformation unter Verwendung der Digitalwerte ausgeführt wird, um eine digitale Darstellung des Betriebsfrequenzbandes zu erzeugen, wobei das System außerdem umfasst:

einen ersten Aufteiler (14), der eingerichtet ist, ein zu verstärkendes Signal zu empfangen und eine Nachbildung des Signals im Betriebsfrequenzband auf einem Hauptsignalpfad (16) und einem Vorwärtseingabepfad (18) bereitzustellen;

einen ersten Verstärker (12) auf dem Hauptsignalpfad, der eingerichtet ist, das Signal auf dem Hauptsignalpfad zu verstärken, um ein verstärktes Signal mit Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16) zu erzeugen;

einen ersten Koppler (26), der eingerichtet ist, eine Nachbildung des verstärkten Signals mit der Verzerrung auf einen Kopplungspfad (30) zu koppeln;

einen zweiten Koppler (28), der eingerichtet ist, das Signal auf dem Vorwärtseingabepfad mit der Nachbildung des verstärkten Signals und der Verzerrung auf dem Kopplungspfad (30) zu verknüpfen, um die Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) zu erzeugen;

einen ersten Erfassungspfad (116), der eingerichtet ist, das Betriebsfrequenzband von einem ersten Erfassungspunkt nach dem zweiten Koppler (28) auf dem Vorwärtseingabepfad (18) zu empfangen; wobei die Bearbeitungsschaltung (82) dazu geeignet ist, Verstärkungs- und/oder Phasenanpassungen auszuführen, die auf mindestens einer der Amplituden über das Betriebsfrequenzband an einem ersten Erfassungspunkt beruhen;

einen dritten Koppler (46), der eingerichtet ist, die Verzerrung auf dem Vorwärtseingabepfad (18) mit dem verstärkten Signal und der Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16) zu verknüpfen, um das verstärkte Signal mit reduzierter Verzerrung auf dem Hauptsignalpfad (16) auszugeben;

einen zweiten Erfassungspfad (122), der eingerichtet ist, das Betriebsfrequenzband an einem zweiten Erfassungspunkt nach dem dritten Koppler (46) zu empfangen; wobei die Bearbeitungsschaltung (82) dazu geeignet ist, Verstärkungs- und/oder Phasenanpassungen auszuführen, die auf den Amplituden über das Betriebsfrequenzband an dem zweiten Erfassungspunkt beruhen; und

einen Schalter (108), der eingerichtet ist, das Betriebsfrequenzband aus dem ersten Erfassungspfad (116) und dem zweiten Erfassungspfad (122) zu empfangen und zwischen dem ersten Erfassungspfad (116) und dem zweiten Erfassungspfad (122) zu schalten, um die Betriebsfrequenz von dem ersten Erfassungspunkt und dem zweiten Erfassungspunkt der Bearbeitungsschaltung (82) bereitzustellen, um Amplituden- und/oder Phasenanpassungen in Reaktion auf die Amplituden an dem ersten Erfassungspunkt und dem zweiten Erfassungspunkt auszuführen.

ren.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG. 1  
(STAND DER TECHNIK)

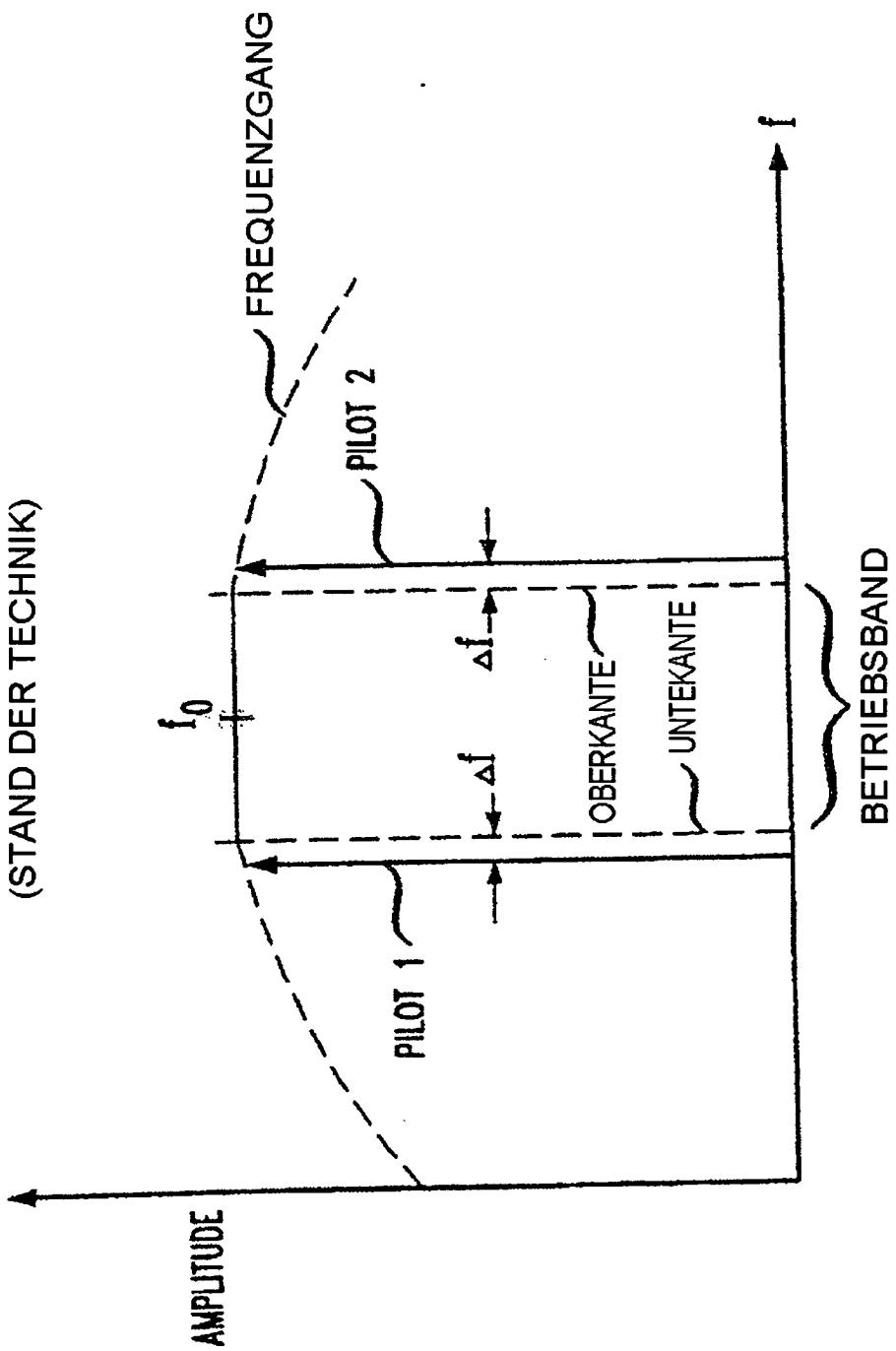


FIG. 2

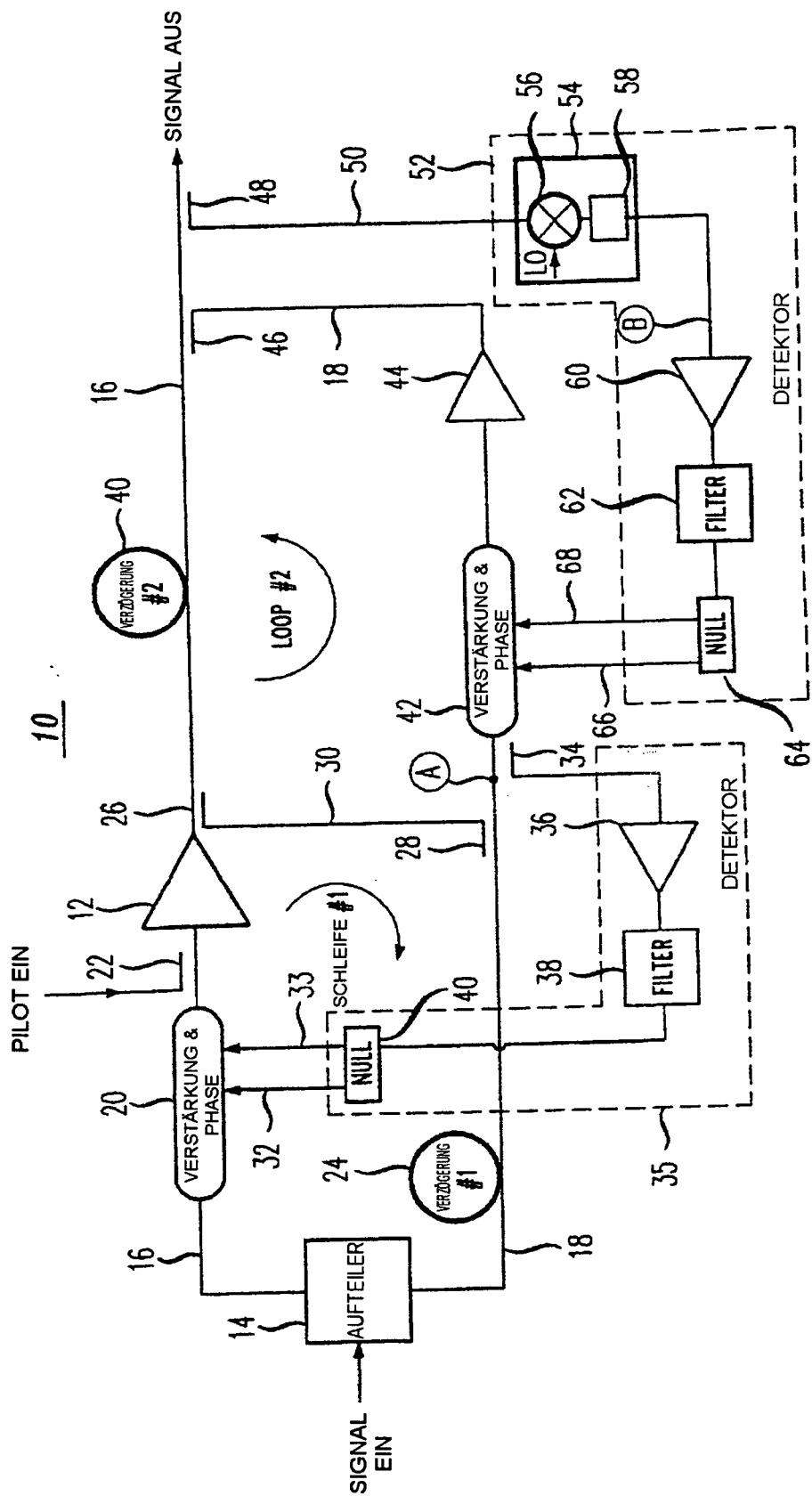


FIG. 3

