



(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2017 004 355.7  
 (86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US2017/049324  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2018/045002  
 (86) PCT-Anmeldetag: 30.08.2017  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: 08.03.2018  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: 09.05.2019  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: 10.07.2025

(51) Int Cl.: **H03G 3/30 (2006.01)**  
**H03G 1/00 (2006.01)**  
**H03F 1/22 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

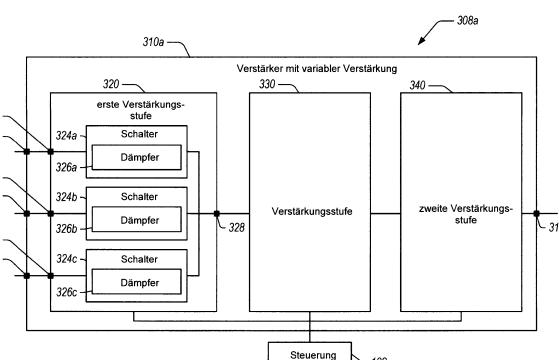
(30) Unionspriorität: <b>62/381,262</b>	<b>30.08.2016</b>	<b>US</b>
(73) Patentinhaber: <b>Skyworks Solutions, Inc., Woburn, Mass., US</b>		
(74) Vertreter: <b>isarpatent - Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80801 München, DE</b>		

(72) Erfinder: <b>Junhyung, Lee, Irvine, CA, US; Singh, Rimal Deep, Irvine, CA, US; Hageraats, Johannes Jacobus Emile Maria, Irvine, CA, US; Cho, Joshua Haeseok, Irvine, CA, US; Agarwal, Bipul, Irvine, Calif., US; Padyana, Aravind Kumar, Irvine, CA, US</b>
(56) Ermittelter Stand der Technik: <b>US 2012 / 0 206 205 A1</b> <b>US 2016 / 0 077 158 A1</b>

(54) Bezeichnung: **SIGNALVERSTÄRKER MIT VARIABLER VERSTÄRKUNG MIT PROGRAMMIERBAREN EINGEBETTETEN DÄMPFUNGSGLIEDERN SOWIE FRONTEND-ARCHITEKTUR UND DRAHTLOSE VORRICHTUNG MIT EINEM SOLCHEN SIGNALVERSTÄRKER**

(57) Hauptanspruch: Signalverstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) mit variabler Verstärkung, umfassend:  
 eine erste Dämpfungsstufe (320; 420; 620) mit einer Vielzahl von Zweigen, von denen jeder eine Schalteranordnung (324a-c; S1-S3; Q1-Q6) und ein variables Dämpfungselement (326a-c; R1) beinhaltet, und mit einem gemeinsamen Ausgang (328; 628) und einem Eingang (322a-c; 622) für jeden Zweig, wobei die Schalteranordnung (324a-c; S1-S3; Q1-Q6) so ausgelegt ist, dass sie in einem ersten Schaltzustand einen Bypass-Pfad bereitstellt, der das jeweilige variable Dämpfungselement (326a-c; R1) umgeht, in einem zweiten Schaltzustand einen Pfad bereitstellt, der durch das jeweilige variable Dämpfungselement (326a-c; R1) führt, und in einem dritten Schaltzustand jedweden Signalpfad durch den jeweiligen Zweig verhindert;  
 eine Verstärkungsstufe (330; 930a; 930b), die mit dem gemeinsamen Ausgang (328; 628) der ersten Dämpfungsstufe (320; 420; 620) gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen; und  
 eine zweite Dämpfungsstufe (340; 540; 740), die dazu konfiguriert ist, den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe (330; 930a; 930b) zu empfangen, um ein verstärktes Ausgangssignal bereitzustellen, um verschiedene

gewünschte Eigenschaften über einem Bereich von Verstärkungsgraden aufrecht zu erhalten.



**Beschreibung****HINTERGRUND****Gebiet**

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich im Allgemeinen auf Verstärker für drahtlose Kommunikationsgeräte. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf einen Signalverstärker mit variabler Verstärkung sowie eine Frontend-Architektur und eine drahtlose Vorrichtung mit einem solchen Signalverstärker.

**Beschreibung verwandter Technologie**

**[0002]** In elektronischen Anwendungen, wie beispielsweise Hochfrequenzanwendungen (HF), ist es manchmal wünschenswert, ein Signal zu verstärken oder zu dämpfen. So kann beispielsweise ein zu übertragendes Signal durch einen Leistungsverstärker und ein empfangenes Signal durch einen rauscharmen Verstärker verstärkt werden. In einem weiteren Beispiel können ein oder mehrere Dämpfungsglieder entlang eines oder beider der vorgenannten Sende- und Empfangspfade implementiert werden, je nach Bedarf oder Wunsch, um die jeweiligen Signale zu dämpfen.

**[0003]** Die Druckschrift US 2016 / 0 077 158 A1 offenbart ein Sende-Frontend-Modul mit variablen Dämpfungsgliedern und entsprechenden Umschaltern. Die Druckschrift US 2012 / 0 206 205 A1 offenbart einen Verstärker mit variabler Verstärkung, welcher mehrere sequentiell angeordnete Dämpfungsglieder und Verstärkerstufen aufweist.

**ZUSAMMENFASSUNG**

**[0004]** Gemäß einer Anzahl von Implementierungen bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf einen Signalverstärker mit variabler Verstärkung, der eine erste Dämpfungsstufe mit einer Vielzahl von Zweigen beinhaltet, wobei jeder Zweig einen Schalter und ein variables Dämpfungselement beinhaltet, wobei die erste Dämpfungsstufe einen gemeinsamen Ausgang und einen Eingang für jeden Zweig aufweist. Der Verstärker beinhaltet auch eine Verstärkungsstufe, die mit dem gemeinsamen Ausgang der ersten Dämpfungsstufe gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen. Der Verstärker beinhaltet auch eine zweite Dämpfungsstufe, die konfiguriert ist, um den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe zu empfangen, um ein verstärktes Ausgangssignal bereitzustellen, um verschiedene gewünschte Eigenschaften über einen Bereich von Verstärkungspegeln beizubehalten.

**[0005]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet das Signal ein Hochfrequenzsignal. In einigen Ausführungsformen ist die erste Dämpfungsstufe konfiguriert, um einen Bypassweg bereitzustellen, so dass ein an einem Eingang empfangenes Signal auf den gemeinsamen Ausgang gerichtet wird, ohne durch das variable Dämpfungselement gedämpft zu werden. In weiteren Ausführungsformen ist die erste Dämpfungsstufe konfiguriert, um den Bypassweg in einem High-Gain-Modus (Modus mit hoher Verstärkung) bereitzustellen. In noch weiteren Ausführungsformen, im High-Gain-Modus, wird ein Rauschfaktor eines Signals nicht erhöht, da zumindest teilweise das variable Dämpfungselement umgangen wird. In weiteren Ausführungsformen, in anderen Verstärkungsmoden, wird IIP3 des Signals zumindest teilweise durch eine angepasste Dämpfung durch das variable Dämpfungselement erhöht.

**[0006]** In einigen Ausführungsformen ist der Verstärker konfiguriert, um Signale an entsprechenden Eingängen zu empfangen, die eine Vielzahl von Mobilfunkbändern (zellularen Frequenzbändern) abdecken. In einigen Ausführungsformen ist der Verstärker konfiguriert, um ein an einem bestimmten Eingang empfangenes Signal unabhängig von der Dämpfung oder Verstärkung anderer an anderen Eingängen empfangener Signale zu dämpfen oder zu verstärken.

**[0007]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet der Verstärker ferner eine Steuerschaltung, die konfiguriert ist, um Steuersignale an die erste Dämpfungsstufe, die Verstärkungsstufe oder die zweite Dämpfungsstufe zu senden. In weiteren Ausführungsformen beinhaltet die Steuerschaltung eine Steuerung, die konfiguriert ist, um ein Verstärkungssteuersignal in einem High-Gain-Modus bereitzustellen, der bewirkt, dass die erste Dämpfungsstufe einen Pfad bereitstellt, der das variable Dämpfungselement umgeht.

**[0008]** Gemäß einer Anzahl von Implementierungen bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf einen Verstärker mit variabler Verstärkung, der eine Schaltstufe mit einer Vielzahl von Zweigen beinhaltet, wobei jeder

Zweig einen Schalter und ein eingebettetes programmierbares Dämpfungselement beinhaltet, wobei die erste Schaltstufe einen gemeinsamen Ausgang und einen Eingang für jeden Zweig aufweist. Der Verstärker beinhaltet auch eine Verstärkungsstufe, die mit dem gemeinsamen Ausgang der Schaltstufe gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen. Der Verstärker beinhaltet auch eine Nachverstärkungs-dämpfungsstufe, die konfiguriert ist, um den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe zu empfangen, wobei die Nachverstärkungs-dämpfungsstufe konfiguriert ist, um einen Dämpfungspfad durch ein eingebettetes programmierbares Dämpfungsglied und einen Bypasspfad bereitzustellen, wobei die Pfade konfiguriert sind, um verschiedene gewünschte Eigenschaften über einen Bereich von Verstärkungspegeln aufrechtzuerhalten. Der Verstärker beinhaltet auch einen Verteiler (Splitter), der konfiguriert ist, um einen einzelnen Eingang zu empfangen und eine Vielzahl von Ausgängen bereitzustellen.

**[0009]** In einigen Ausführungsformen ist die erste Schaltstufe konfiguriert, um selektiv gezielte Signale an die Verstärkungsstufe zu leiten. In einigen Ausführungsformen ist die Schaltstufe für einzelne Zweige der Vielzahl von Zweigen konfiguriert, um einen Dämpfungspfad, der durch das eingebettete programmierbare Dämpfungselement verläuft, und einen Bypasspfad, der nicht durch das eingebettete programmierbare Dämpfungselement verläuft, bereitzustellen. In weiteren Ausführungsformen ist die Schaltstufe in einem High-Gain-Modus konfiguriert, um Signale entlang des Bypass-Pfades zu leiten. In noch weiteren Ausführungsformen, im High-Gain-Modus, halten die entlang des Bypass-Pfades gerichteten Signale vor und nach der Schaltstufe im Wesentlichen den gleichen Wert eines Rauschfaktors aufrecht. In weiteren Ausführungsformen, in anderen Verstärkungsmoden, verbessern Signale, die entlang von Dämpfungspfaden geleitet werden, die Linearität, zumindest teilweise durch angepasste Dämpfungen, die von den eingebetteten programmierbaren Dämpfungselementen bereitgestellt werden.

**[0010]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet der Verstärker ferner eine Steuerschaltung, die konfiguriert ist, um Steuersignale an die Schaltstufe, die Verstärkungsstufe, die Nachverstärkungs-dämpfungsstufe oder den Verteiler zu senden. In weiteren Ausführungsformen beinhaltet die Steuerschaltung eine Steuerung, die konfiguriert ist, um ein Verstärkungssteuersignal in einem High-Gain-Modus bereitzustellen, der bewirkt, dass die Schaltstufe einen Pfad bereitstellt, der das variable Dämpfungselement umgeht.

**[0011]** Gemäß einer Reihe von Implementierungen bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf eine Frontend-Architektur, die einen Signalverstärker mit variabler Verstärkung beinhaltet, der eine erste Dämpfungsstufe mit einer Vielzahl von Zweigen beinhaltet, wobei jeder Zweig einen Schalter und ein Element mit variabler Dämpfung beinhaltet, wobei die erste Dämpfungsstufe einen gemeinsamen Ausgang und einen Eingang für jeden Zweig aufweist; eine Verstärkungsstufe, die mit dem gemeinsamen Ausgang der ersten Dämpfungsstufe gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen; und eine zweite Dämpfungsstufe, die konfiguriert ist, um den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe zu empfangen, um ein verstärktes Ausgangssignal bereitzustellen, um verschiedene gewünschte Eigenschaften über einen Bereich von Verstärkungspegeln beizubehalten, beinhaltet. Die Frontend-Architektur beinhaltet auch eine Filteranordnung, die mit dem Signalverstärker mit variabler Verstärkung gekoppelt ist, um Frequenzbänder zu steuern und Eingänge des Signalverstärkers mit variabler Verstärkung auszuwählen. Die Frontend-Architektur beinhaltet auch eine Steuerung, die zum Steuern des Signalverstärkers mit variabler Verstärkung implementiert ist, um eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitzustellen, sodass der Signalverstärker mit variabler Verstärkung in einem Modus mit hoher Verstärkung (High-Gain-Modus) Signale entlang eines Pfades leitet, der das Element mit variabler Dämpfung in einem bestimmten Zweig umgeht.

**[0012]** In einigen Ausführungsformen wird im High-Gain-Modus ein Rauschfaktor eines Signals nicht erhöht, da zumindest teilweise das variable Dämpfungselement umgangen wird. In weiteren Ausführungsformen, in anderen Verstärkungsmoden, wird IIP3 des Signals zumindest teilweise durch eine angepasste Dämpfung durch das variable Dämpfungselement erhöht.

**[0013]** Gemäß einer Anzahl von Implementierungen bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf eine drahtlose Vorrichtung, die eine Diversity-Antenne und eine mit der Diversity-Antenne gekoppelte Filteranordnung beinhaltet, um Signale zu empfangen und Frequenzbänder entlang ausgewählter Wege zu leiten. Die drahtlose Vorrichtung beinhaltet auch einen Signalverstärker mit variabler Verstärkung, der mit der Filteranordnung gekoppelt ist, um Signale von ausgewählten Pfaden zu empfangen, wobei der Signalverstärker mit variabler Verstärkung eine erste Dämpfungsstufe mit einer Vielzahl von Zweigen, wobei jeder Zweig einen Schalter und ein Element mit variabler Dämpfung beinhaltet, wobei die erste Dämpfungsstufe einen gemeinsamen Ausgang und einen Eingang für jeden Zweig aufweist; eine Verstärkungsstufe, die mit dem gemeinsamen Ausgang der ersten Dämpfungsstufe gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen; und eine zweite Dämpfungsstufe, die konfiguriert ist, um den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe

zu empfangen, um ein verstärktes Ausgangssignal bereitzustellen, um verschiedene gewünschte Eigenschaften über einen Bereich von Verstärkungspegeln aufrechtzuerhalten, beinhaltet. Die drahtlose Vorrichtung beinhaltet auch eine Steuerung, die zum Steuern des Signals mit variabler Verstärkung implementiert ist, um eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitzustellen, so dass der Signalverstärker mit variabler Verstärkung in einem Modus mit hoher Verstärkung Signale entlang eines Pfades leitet, der das Element mit variabler Dämpfung in einem bestimmten Zweig umgeht.

**[0014]** In einigen Ausführungsformen wird im High-Gain-Modus ein Rauschfaktor eines Signals nicht erhöht, da zumindest teilweise das variable Dämpfungselement umgangen wird. In weiteren Ausführungsformen, in anderen Verstärkungsmoden, wird IIP3 des Signals zumindest teilweise durch eine angepasste Dämpfung durch das variable Dämpfungselement erhöht.

**[0015]** Zur Zusammenfassung der Offenbarung sind hier bestimmte Aspekte, Vorteile und neue Merkmale beschrieben. Es sei darauf hingewiesen, dass nicht unbedingt alle diese Vorteile in Übereinstimmung mit einer bestimmten Ausführungsform erreicht werden können. Somit können die offenbarten Ausführungsformen in einer Weise ausgeführt werden, die einen Vorteil oder eine Gruppe von Vorteilen, wie hier gelehrt, erreicht oder optimiert, ohne notwendigerweise andere Vorteile zu erzielen, wie sie hier gelehrt oder vorgeschlagen werden können.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**Fig. 1** veranschaulicht eine drahtlose Vorrichtung mit einer Primärantenne und einer Diversity-Antenne.

**Fig. 2** veranschaulicht eine Diversity-Empfänger (DRx)-Konfiguration mit einem DRx-Frontend-Modul (FEM).

**Fig. 3A** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung, der in einem Frontend-Modul, wie beispielsweise einem Diversity-Empfangsmodul, implementiert werden kann.

**Fig. 3B** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung, der ähnlich wie der Verstärker mit variabler Verstärkung von **Fig. 3A** konfiguriert ist.

**Fig. 4** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung mit einer ersten Dämpfungsstufe mit einer Vielzahl von Eingängen und einem gemeinsamen Ausgang.

**Fig. 5** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung mit einer Verstärkungsstufe und einer zweiten Dämpfungsstufe.

**Fig. 6** veranschaulicht einen beispielhaften Multiplexer mit einem Eingangsport, einem Bandauswahlschalter, einem Dämpfungsauswahlzweig und einem Ausgangsport.

**Fig. 7** veranschaulicht eine beispielhafte Nachverstärkungsdämpfungsstufe, die konfiguriert ist, um einen Dämpfungspfad und einen Umgehungs-/Bypassweg bereitzustellen.

**Fig. 8A** und **8B** veranschaulichen Beispiele für eine Dämpfungsstufe, die jeweils in einem Bypass-Modus und in einem Dämpfungsmodus arbeitet.

**Fig. 9A** und **9B** veranschaulichen beispielhaft Verstärker mit variabler Verstärkung, die eine Vorverstärkungsdämpfungsstufe, entsprechende Verstärkungsstufen, ein Ausgangsanpassungsnetz und eine Nachverstärkungsdämpfungsstufe beinhalten.

**Fig. 10A** und **10B** veranschaulichen Darstellungen der Leistung der Verstärker mit variabler Verstärkung der **Fig. 9A** und **9B**.

**Fig. 11** zeigt, dass in einigen Ausführungsformen einige oder alle Diversitätsempfängerkonfigurationen ganz oder teilweise in einem Modul implementiert werden können.

**Fig. 12** zeigt, dass in einigen Ausführungsformen einige oder alle Diversitätsempfängerkonfigurationen ganz oder teilweise in einer Architektur implementiert werden können.

**Fig. 13** veranschaulicht ein Beispiel für eine drahtlose Vorrichtung mit einem oder mehreren der hier beschriebenen vorteilhaften Merkmale.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG EINIGER AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0016]** Die hier enthaltenen Überschriften, falls vorhanden, dienen nur der Übersichtlichkeit und berühren nicht notwendigerweise den Umfang oder den Wortsinn der beanspruchten Erfindung.

## Übersicht

**[0017]** **Fig. 1** veranschaulicht eine drahtlose Vorrichtung 100 mit einer Primärantenne 160 und einer Diversitätsantenne (Diversity-Antenne) 170. Die drahtlose Vorrichtung 100 beinhaltet ein RF-Modul 106 und einen Sender-Empfänger (Transceiver) 104, der von einer Steuerung/Steuereinrichtung 102 gesteuert werden kann. Der Sender-Empfänger 104 ist konfiguriert, um zwischen analogen Signalen (z.B. hochfrequenten (RF) Signalen) und digitalen Datensignalen zu konvertieren. Zu diesem Zweck kann der Sender-Empfänger 104 einen Digital-Analog-Wandler, einen Analog-Digital-Wandler, einen lokalen Oszillator zum Modulieren oder Demodulieren eines Basisband-Analogssignals auf oder von einer Trägerfrequenz, einen Basisbandprozessor, der zwischen digitalen Abtastwerten und Datenbits (z.B. Sprache oder andere Arten von Daten) konvertiert, oder andere Komponenten beinhalten.

**[0018]** Das HF-Modul 106 ist zwischen der Primärantenne 160 und dem Sender-Empfänger 104 gekoppelt. Da sich das HF-Modul 106 physikalisch in der Nähe der Primärantenne 160 befinden kann, um die Dämpfung durch Kabelverlust zu reduzieren, kann das HF-Modul 106 als Frontend-Modul (FEM) bezeichnet werden. Das HF-Modul 106 kann die Verarbeitung eines analogen Signals durchführen, das von der Primärantenne 160 für den Sender-Empfänger 104 empfangen oder vom Sender-Empfänger 104 empfangen und über die Primärantenne 160 übertragen wird. Zu diesem Zweck kann das HF-Modul 106 Filter, Leistungsverstärker, rauscharme Verstärker, Bandauswahlschalter, Dämpfungsglieder, Anpassungsschaltungen und andere Komponenten beinhalten.

**[0019]** Wenn ein Signal an die drahtlose Vorrichtung 100 übertragen wird, kann das Signal sowohl an der Primärantenne 160 als auch an der Diversity-Antenne 170 empfangen werden. Die Primärantenne 160 und die Diversity-Antenne 170 können physikalisch so beabstandet sein, dass das Signal an der Primärantenne 160 und der Diversity-Antenne 170 mit unterschiedlichen Eigenschaften empfangen wird. So können beispielsweise die Primärantenne 160 und die Diversity-Antenne 170 in einer Ausführungsform das Signal mit unterschiedlicher Dämpfung, Rauschen, Frequenzgang und/oder Phasenverschiebung empfangen. Der Sender-Empfänger 104 kann beide Signale mit unterschiedlichen Eigenschaften verwenden, um Datenbits entsprechend dem Signal zu bestimmen. In einigen Implementierungen wählt der Sender-Empfänger 104 zwischen der Primärantenne 160 und der Diversity-Antenne 170 basierend auf den Eigenschaften aus, wie beispielsweise der Auswahl der Antenne mit dem höchsten Signal-Rausch-Verhältnis. In einigen Implementierungen kombiniert der Sender-Empfänger 104 die Signale der Primärantenne 160 und der Diversity-Antenne 170, um das Signal-Rausch-Verhältnis des kombinierten Signals zu erhöhen. In einigen Implementierungen verarbeitet der Sender-Empfänger 104 die Signale, um eine MIMO-Kommunikation (Multiple-Input/Multiple-Output) durchzuführen.

**[0020]** In einigen Ausführungsformen ist die Diversity-Antenne 170 konfiguriert, um Signale innerhalb von Mobilfunkbändern (zellularen Frequenzbändern) und WLAN-Frequenzbändern (Wireless Local Area Network) zu empfangen. In derartigen Ausführungsformen kann die drahtlose Vorrichtung 100 einen Multiplexer, ein Schaltnetzwerk (auch als Koppelnetz bezeichnet) und/oder eine Filteranordnung beinhalten, die mit der Diversity-Antenne 170 gekoppelt ist, die konfiguriert ist, um das Diversity-Signal in verschiedene Frequenzbereiche zu trennen. So kann beispielsweise der Multiplexer konfiguriert sein, um ein Tiefpassfilter, das einen Frequenzbereich durchläuft, der Tiefbandfrequenzen beinhaltet, ein Bandpassfilter, das einen Frequenzbereich durchläuft, der Tiefband-WLAN-Signale und Mittel- und Hochband-Mobilfunksignale beinhaltet, und ein Hochpassfilter, das einen Frequenzbereich durchläuft, der Hochband-WLAN-Signale beinhaltet, zu beinhalten. Dieses Beispiel dient nur zur Veranschaulichung. Als weiteres Beispiel kann der Multiplexer eine Vielzahl von verschiedenen Konfigurationen aufweisen, wie beispielsweise einen Diplexer/Zwei-Wege-Frequenzweiche, der die Funktionalität eines Hochpassfilters und eines Tiefpassfilters bereitstellt.

**[0021]** Da die Diversity-Antenne 170 physikalisch von der Primärantenne 160 beabstandet ist, kann die Diversity-Antenne 170 über eine Übertragungsleitung, wie beispielsweise ein Kabel oder eine Leiterplattenbahn, mit dem Sender-Empfänger 104 gekoppelt werden. In einigen Implementierungen ist die Übertragungsleitung verlustbehaftet und dämpft das an der Diversity-Antenne 170 empfangene Signal, bevor es den Sender-Empfänger 104 erreicht. So wird in einigen Implementierungen die Verstärkung auf das an der Diversity-Antenne 170 empfangene Signal angewendet. Die Verstärkung (und andere analoge Verarbeitungen, wie z.B. eine Filterung) können durch das Diversity Diversitätsempfängermodul 108 angewendet werden. Da sich ein derartiges Diversitätsempfängermodul 108 physikalisch in der Nähe der Diversity-Antenne 170 befinden kann, kann es als ein Diversitätsempfänger-Frontend-Modul bezeichnet werden, dessen Beispiele hier näher beschrieben werden.

**[0022]** Das HF-Modul 106 und das Diversity-Empfängermodul 108 beinhalten Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b, die konfiguriert sind, um Signale von der Primärantenne 160 bzw. der Diversity-Antenne 170 selektiv zu dämpfen und zu verstärken. Jeder Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b kann eine programmierbare Dämpfungsstufe vor und nach einer Verstärkungsstufe beinhalten. Signale, die an den Verstärkern mit variabler Verstärkung 110a, 110b empfangen werden, können durch die Vorverstärkungsdämpfungsstufe gedämpft werden oder die Signale können die Dämpfung umgehen, wie hier näher beschrieben. Die gewählte Dämpfung oder der vorgesehene Bypass-Pfad (auch als Umgehungs- oder Bypassweg bezeichnet) kann von der Steuerung 102 gesteuert werden. Die variable, programmierbare Dämpfung kann in den Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b eingebettet werden. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b kann mehrere Eingangssignale empfangen und ein einzelnes Signal oder eine Vielzahl von Ausgangssignalen ausgeben. Vorteilhafterweise kann die Architektur des Verstärkers mit variabler Verstärkung 110a, 110b es ermöglichen, einen einzelnen Verstärker, wie beispielsweise einen rauscharmen Verstärker („low-noise amplifier“, LNA), zur Verarbeitung von Signalen zu verwenden, die eine Vielzahl von Mobilfunkbändern abdecken.

**[0023]** Die Steuerung 102 kann konfiguriert sein, um Steuersignale zu erzeugen und/oder an andere Komponenten der drahtlosen Vorrichtung 100 zu senden. In einigen Ausführungsformen stellt die Steuerung 102 Signale bereit, die zumindest teilweise auf Spezifikationen der Mobile Industry Processor Interface Alliance (MIPI® Alliance) basieren. Die Steuerung 102 kann konfiguriert sein, um Signale von anderen Komponenten der drahtlosen Vorrichtung 100 zu empfangen, um eine Verarbeitung vorzunehmen, um Steuersignale zu bestimmen, die an andere Komponenten empfangen werden sollen. In einigen Ausführungsformen kann die Steuerung 102 konfiguriert sein, um Signale oder Daten zu analysieren, um Steuersignale zu bestimmen, die an andere Komponenten der drahtlosen Vorrichtung 100 gesendet werden. Die Steuerung 102 kann konfiguriert werden, um Steuersignale basierend auf Verstärkungsmoden zu erzeugen, die von der drahtlosen Vorrichtung 100 bereitgestellt werden. So kann beispielsweise die Steuerung 102 Steuersignale an die Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b senden, um die von den Verstärkern bereitgestellte Dämpfung und Verstärkung zu steuern. In ähnlicher Weise kann die Steuerung 102 konfiguriert sein, um Steuersignale basierend auf programmierten Dämpfungen zu erzeugen. So kann beispielsweise die Steuerung 102 Steuersignale an die Vor- und Nachverstärkungsstufen senden, um den Dämpfungsgrad, der an diesen Stufen bereitgestellt wird, zu steuern.

**[0024]** In einigen Implementierungen erzeugt die Steuerung 102 Verstärkersteuersignale basierend auf einer Quality-of-Service Metrik eines am Eingang empfangenen Eingangssignals. In einigen Implementierungen erzeugt die Steuerung 102 die Verstärkersteuersignale basierend auf einem von einer Kommunikationssteuerung empfangenen Signal, das wiederum auf einer Dienstgütemetrik („quality of service“, QoS) des empfangenen Signals basieren kann. Die QoS-Metrik des empfangenen Signals kann zumindest teilweise auf dem von der Diversity-Antenne 170 empfangenen Diversity-Signal basieren (z.B. einem am Eingang empfangenen Eingangssignal). Die QoS-Metrik des empfangenen Signals kann ferner auf einem Signal basieren, das auf einer Primärantenne 160 empfangen wird. In einigen Implementierungen erzeugt die Steuerung 102 die Verstärkersteuersignale basierend auf einer QoS-Metrik des Diversity-Signals, ohne ein Signal von der Kommunikationssteuerung zu empfangen. In einigen Implementierungen beinhaltet die QoS-Metrik eine Signalstärke. Als weiteres Beispiel kann die QoS-Metrik eine Bitfehlerrate, einen Datendurchsatz, eine Übertragungsverzögerung oder eine andere QoS-Metrik beinhalten. In einigen Implementierungen steuert die Steuerung 102 die Verstärkung (und/oder den Strom) der Verstärker in den Verstärkern mit variabler Verstärkung 110a, 110b. In einigen Implementierungen steuert die Steuerung 102 die Verstärkung anderer Komponenten der drahtlosen Vorrichtung basierend auf einem Verstärkersteuersignal.

**[0025]** In einigen Implementierungen können die Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b einen Verstärker mit stufenvariabler Verstärkung beinhalten, der konfiguriert ist, um empfangene Signale mit einer Verstärkung von einer aus einer Vielzahl von konfigurierten Beträgen/Graden zu verstärken, die durch ein Verstärkersteuersignal angezeigt werden. In einigen Implementierungen können die Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b einen Verstärker mit kontinuierlich variabler Verstärkung beinhalten, der konfiguriert ist, um empfangene Signale mit einer Verstärkung zu verstärken, die proportional zum Verstärkersteuersignal ist oder durch dieses vorgegeben wird. In einigen Implementierungen können die Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b einen stufenvariablen Stromverstärker beinhalten, der konfiguriert ist, um empfangene Signale zu verstärken, indem er einen Strom aus einer der Vielzahl von konfigurierten Mengen/Beträgen entnimmt, die durch das Verstärkersteuersignal angezeigt werden. In einigen Implementierungen können die Verstärker mit variabler Verstärkung 110a, 110b einen kontinuierlich variablen Stromverstärker beinhalten, der konfiguriert ist, um empfangene Signale zu verstärken, indem er einen Strom proportional zum Steuersignal des Verstärkers zieht.

**[0026]** Fig. 2 zeigt eine Diversitätsempfänger-(DRx)-Konfiguration 200 mit einem DRx-Frontend-Modul (FEM) 208. Die DRx-Konfiguration 200 beinhaltet eine Diversity-Antenne 170, die konfiguriert ist, um ein Diversity-Signal zu empfangen und das Diversity-Signal über eine Filteranordnung 272 an das DRx FEM 208 zu führen. Die Filteranordnung 272 kann beispielsweise einen Multiplexer beinhalten, der konfiguriert ist, um Signale innerhalb gezielter Frequenzbereiche entlang der jeweiligen Wege selektiv an einen Multiplexer mit programmierbarer Dämpfung 210 zu führen. Die Signale können Mobilfunksignale (z.B. zellulare Frequenzen in einem niedrigen, mittleren, hohen und/oder ultrahohen Band) beinhalten, die mit WLAN-Signalen gemischt sind. In einigen Ausführungsformen beinhalten Signale, die auf einem ersten Weg gerichtet sind, Mobilfunksignale (z.B. Mittel- und/oder Hochbandfrequenzen) mit WLAN-Signalen und Signale, die auf einem zweiten Weg gerichtet sind, Mobilfunksignale (z.B. Tiefbandfrequenzen) ohne WLAN-Signale.

**[0027]** Das DRx FEM 208 ist konfiguriert, um die Verarbeitung der von der Filteranordnung 272 empfangenen Diversitätssignale durchzuführen. So kann beispielsweise das DRx FEM 208 konfiguriert sein, um die Diversitätssignale auf ein oder mehrere aktive Frequenzbänder zu filtern, die zellulare und/oder WLAN-Frequenzbänder beinhalten können. Die Steuerung 102 kann konfiguriert sein, um das DRx FEM 208 zu steuern, um selektiv Signale an gezielte Filter weiterzuleiten, um die Filterung durchzuführen. Als weiteres Beispiel kann das DRx FEM 208 konfiguriert sein, um eines oder mehrere der gefilterten Signale unter Verwendung des Multiplexers mit programmierbarer Dämpfung 210 zu verstärken. Zu diesem Zweck kann das DRx FEM 208 Filter, rauscharme Verstärker, Bandauswahlschalter, Anpassungsschaltungen und andere Komponenten beinhalten. Die Steuerung 102 kann konfiguriert sein, um mit Komponenten im DRx FEM 208 zu interagieren, um intelligente Pfade für die Diversitätssignale über das DRx FEM 208 auszuwählen. In bestimmten Implementierungen befindet sich die Filteranordnung 272 auf einem vom DRx FEM 208 getrennten Chip.

**[0028]** Das DRx FEM 208 überträgt mindestens einen Teil der verarbeiteten Diversitätssignale an den Sender-Empfänger 104. Der Sender-Empfänger 104 kann von der Steuerung 102 gesteuert werden. In einigen Implementierungen kann die Steuerung 102 innerhalb des Sender-Empfängers (Transceivers) 104 implementiert sein.

**[0029]** Das DRx FEM 208 kann konfiguriert sein, um eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitzustellen. Für die Vielzahl der Verstärkungsmoden können im Multiplexer 210 unterschiedliche Dämpfungen angewendet werden. In einem oder mehreren Verstärkungsmoden kann der Multiplexer 210 konfiguriert sein, um Signale durch einen Dämpfungspfad zu leiten, der das Signal selektiv dämpft, wie beispielsweise mit einem variablen und/oder programmierbaren Dämpfungsglied. Diese programmierbaren Dämpfungsglieder können in eine Multi-Input-Verstärkerarchitektur eingebettet werden. In einem High-Gain-Modus (Modus mit hoher Verstärkung) kann der Multiplexer 210 konfiguriert sein, um einen Bypass-Pfad bereitzustellen, so dass das Signal nicht durch den Dämpfungspfad geht. Die programmierbaren Dämpfungsglieder können vor und/oder nach einer Verstärkungsstufe eingesetzt werden.

**[0030]** In einigen Ausführungsformen kann die Verwendung der programmierbaren Dämpfung in einem Multiplexer vor einer Verstärkungsstufe, z.B. einem LNA, für eine verbesserte Linearität und/oder IIP3 sorgen. Die programmierbare Dämpfung kann es vorteilhaft ermöglichen, das Signal an einen gewünschten oder gezielten Bereich des Verstärkers anzupassen. In bestimmten Implementierungen kann die Dämpfung eines Signals vor der Verstärkungsstufe das Rauschen im Signal erhöhen. Die DRx-Konfiguration 200 kann jedoch konfiguriert sein, um Signale mit einem relativ großen Signal-Rausch-Verhältnis zu dämpfen und die Dämpfung für Signale mit einem relativ niedrigen Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu umgehen. In einigen Ausführungsformen ist die DRx-Konfiguration 200 konfiguriert, um die Dämpfung bei Betrieb in einem High-Gain-Modus zu umgehen und Signale bei Betrieb in anderen Verstärkungsmoden zu dämpfen. Dies kann es der DRx-Konfiguration 200 vorteilhaft ermöglichen, bestimmte Signale zu dämpfen, um die Linearität zu verbessern, während andere Signale die Dämpfung umgehen können, um das Rauschen im Signal nicht zu erhöhen. Ein weiterer Vorteil dieser Konfiguration besteht darin, dass große Signale, die in das DRx FEM 208 eindringen, selektiv gedämpft werden können, so dass der Verstärker nicht durch Signale beschädigt wird, die größer sind, als der Verstärker dafür ausgelegt ist. Die eingebetteten Dämpfungsglieder können es dem DRx FEM 208 ermöglichen, die Dämpfung basierend auf Signalen, Verstärkungsmodus und Verstärkerbetriebseigenschaften anzupassen, um die Signalqualität aufrechtzuerhalten und/oder zu verbessern (z.B. durch Erhöhung oder Beibehaltung der Linearität durch den Verstärkungsprozess).

**[0031]** In einigen Ausführungsformen ist der Multiplexer 210 mit programmierbarer Dämpfung konfiguriert, um eine Vielzahl von Eingangssignalen zu empfangen und ein einziges Ausgangssignal bereitzustellen. In bestimmten Ausführungsformen kann der Multiplexer 210 konfiguriert sein, um eine Vielzahl von Eingangs-

signalen zu empfangen und eine entsprechende Vielzahl von Ausgangssignalen bereitzustellen. Der Multiplexer 210 kann konfiguriert sein, um ein einzelnes Ausgangssignal bereitzustellen, das an einen einzelnen Verstärker übertragen wird, so dass der DRx FEM 208 einen Verstärker oder eine Verstärkerstufe für eine Vielzahl von Frequenzbändern verwenden kann. Dies kann die Anzahl der im DRx FEM 208 verwendeten Komponenten vorteilhaft reduzieren und damit die Kosten für die Herstellung des DRx FEM 208 senken.

**[0032]** Der Multiplexer 210 kann Schalter beinhalten, die eine Vielzahl von schaltbaren Wegen/Pfaden durch den Multiplexer 210 bereitstellen. Die Vielzahl der schaltbaren Pfade kann einer Vielzahl von Frequenzbändern entsprechen, wobei jeder schaltbare Pfad einem bestimmten Frequenzband oder bestimmten Frequenzbändern (z.B. überlappenden Frequenzbändern) entspricht. Die Filteranordnung 272 kann konfiguriert sein, um Signale, die bestimmten Frequenzbändern entsprechen, über bestimmte Wege an den Multiplexer 210 zu leiten. In bestimmten Implementierungen können die schaltbaren Pfade durch den Multiplexer 210 auch konfiguriert werden, um Signale selektiv auf einen bestimmten Pfad entlang eines Dämpfungspfads zu leiten oder den Dämpfungspfad zu umgehen. So können beispielsweise ein oder mehrere Schalter parallel zu einem variablen Dämpfungsglied betrieben werden, so dass in einer Bypass-Konfiguration das Signal den Schalter und nicht das variable Dämpfungsglied durchläuft (z.B. der Schalter geschlossen ist) und in einer Dämpfungskonfiguration das Signal das variable Dämpfungsglied durchläuft (z.B. der Schalter offen ist). In der Bypass-Konfiguration erleidet das Signal keine Rauschbelastung, die mit der Dämpfungskonfiguration verbunden ist. Dies kann es dem DRx FEM 208 vorteilhaft ermöglichen, eine variable Verstärkung und/oder eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitzustellen und gleichzeitig die Auswirkungen auf die Rauschzahl (NF) in Bezug auf Konfigurationen, die Signale nicht selektiv dämpfen, oder Konfigurationen, die die Dämpfung von Signalen nicht anpassen, zu reduzieren.

**[0033]** Die Schalter des Multiplexers 210 können auf derselben Matrize wie der Multiplexer 210 eingebettet sein. Diese eingebetteten Schalter können konfiguriert sein, um selektiv Pfade durch den Multiplexer 210 bereitzustellen, und können konfiguriert sein, um Signale selektiv entlang von Dämpfungspfaden oder Bypass-Pfaden zu leiten. Die Dämpfungspfade können zum Dämpfen von Signalen konfiguriert sein, wobei die Dämpfung auf die Verstärkungsstufe zugeschnitten d.h. angepasst ist, die den schaltbaren Pfaden im Multiplexer 210 folgt. Das DRx FEM 208 mit dem Multiplexer 210 kann eine Architektur sein, die eine Vielzahl von schaltbaren Pfaden mit programmierbarer Dämpfung bereitstellt, wobei jeder schaltbare Pfad mit einem Verstärker mit variabler Verstärkung verstärkt werden kann.

**[0034]** Die Steuerung 102 kann konfiguriert sein, um das DRx FEM 208 zu steuern, um Signale selektiv auf geeignete Signalpfade zu leiten. So können beispielsweise die Steuerung 102 und das DRx FEM 208 den Multiplexer 210 steuern, um Signale entlang eines Dämpfungspfades oder eines Bypasspfades zu leiten. Als weiteres Beispiel können die Steuerung 102 und das DRx FEM 208 den Multiplexer 210 steuern, um schaltbare Wege durch den Multiplexer 210 basierend auf gewünschten oder gezielten Zellulärsignalen oder WLAN-Signalen bereitzustellen. Als weiteres Beispiel können die Steuerung 102 und die DRx FEM 208 den Multiplexer 210 steuern, um die Dämpfung für Signale, die entlang des Dämpfungspfades gerichtet sind, anzupassen. Als weiteres Beispiel können die Steuerung 102 und das DRx FEM 208 eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitzustellen.

#### Beispielarchitekturen von Verstärkern mit variabler Verstärkung

**[0035]** Frontend-Module beinhalten in der Regel Verstärker wie rauscharme Verstärker („low-noise amplifiers“, LNAs) zur Verstärkung der empfangenen Signale. In drahtlosen Vorrichtungen, die eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bieten, kann es vorteilhaft sein, Signale vor der Verstärkung zu dämpfen. Dies kann jedoch kleine Signale negativ beeinflussen, das Rauschen erhöhen und das Signal-Rausch-Verhältnis verschlechtern.

**[0036]** Dementsprechend werden hier Verstärker mit variabler Verstärkung und Multiplexer vorgesehen, die programmierbare Dämpfungsglieder in schaltbare Pfade einbetten, die es Signalen in einem Modus mit hoher Verstärkung ermöglichen, die Dämpfung zu umgehen. Dies reduziert oder beseitigt vorteilhaft Leistungseinbußen im High-Gain-Modus. Darüber hinaus können die programmierbaren Dämpfungsglieder konfiguriert werden, um die Linearität des Verstärkungsprozesses durch Vor-LNA-Dämpfung in gezielten Verstärkungsmoden zu verbessern. Obwohl das Rauschen in diesen Verstärkungsmoden, die vor der Verstärkung abgeschwächt werden, zunehmen kann, kann dieser Anstieg des Rauschens vernachlässigbar oder ausreichend klein sein, so dass die Vorteile einer verbesserten Linearität den Kompromiss wünschenswert oder vorteilhaft machen.

**[0037]** Die programmierbaren Dämpfungsglieder können in Schaltern eingebettet werden, die vor und nach einer Verstärkungsstufe liegen. Diese programmierbaren Eingangs- und Ausgangsdämpfungen können angepasst werden, um eine gezielte Verstärkung, einen Rauschfaktor (NF) und eine Linearität (IIP3) zu erreichen. Darüber hinaus können diese Dämpfungen konfiguriert werden, um den Verstärker weniger störanfällig zu machen, wenn große Signale empfangen werden, da die Dämpfungsglieder die Amplitude dieser Signale reduzieren können, so dass sie in einen für den Verstärker gezielten oder geeigneten Bereich fallen.

**[0038]** Dementsprechend sind hier beschriebene Verstärker mit variabler Verstärkung und integrierten Dämpfungsgliedern in einem Schaltnetz. Die Dämpfungsglieder können in Schaltern eingebettet sein und können so konfiguriert werden, dass sie in einem High-Gain-Modus wenig oder gar keinen Einfluss auf einen Rauschfaktor haben, da das Schaltnetzwerk einen Dämpfungs bypass in einem High-Gain-Modus und eine Dämpfung in anderen Verstärkungsmoden bereitstellen kann. Die programmierbaren Dämpfungsglieder können in eine Multi-Input-LNA-Architektur (Multi-Eingangs-LNA-Architektur) eingebettet werden. So kann beispielsweise ein Dämpfungsblock in einen Multieingangsschalter eingebettet werden und ein Dämpfungsblock kann in einen Ausgangsschalter eingebettet werden.

**[0039]** **Fig. 3A** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung 310a, der in einem Frontend-Modul 308a, wie beispielsweise einem Diversitätsempfangsmodul, implementiert werden kann. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310a beinhaltet eine erste Dämpfungsstufe 320, eine Verstärkungsstufe 330 und eine zweite Dämpfungsstufe 340. Die erste Dämpfungsstufe 320 stellt eine Vorverstärkungsdämpfung bereit und die zweite Dämpfungsstufe 340 stellt eine Nachverstärkungsdämpfung bereit. Eine Steuerung 102 kann konfiguriert sein, um den Betrieb der ersten Dämpfungsstufe 320, der Verstärkungsstufe 330 und der zweiten Dämpfungsstufe 340 zu steuern. Die Steuerung 102 ist ähnlich wie die hier mit Bezug auf die **Fig. 1** und **2** beschriebene Steuerung 102 konfiguriert.

**[0040]** Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310a beinhaltet eine Vielzahl von Eingangssports 312a-312c, die zum Empfangen von Eingangssignalen (z.B. HF-Signalen) konfiguriert sind, und einen Ausgangsport 318, der zum Bereitstellen eines verarbeiteten (z.B. verstärkten und/oder gedämpften) Signals konfiguriert ist. Die erste Dämpfungsstufe 320 beinhaltet eine Vielzahl von Eingängen 322a-322c entsprechend den Eingangssports 312a-312c und einen gemeinsamen Ausgang 328. Die erste Dämpfungsstufe 320 stellt eine Vielzahl von Zweigen mit einzelnen Zweigen bereit, die einen Schalter (z.B. Schalter 324a, 324b oder 324c) und ein variables Dämpfungselement (z.B. Dämpfungsglied 326a, 326b oder 326c) aufweisen, die konfiguriert sind, um selektiv einen Weg/Pfad durch die erste Dämpfungsstufe 320 bereitzustellen. Die Schalter 324a-324c sind konfiguriert, um einen Weg durch die erste Dämpfungsstufe 320 bereitzustellen und Signale selektiv durch ein entsprechendes Dämpfungsglied 326a-326c zu leiten oder das Dämpfungsglied 326a-326c zu umgehen. Ein Signal, das entlang eines einzelnen Pfades durch die erste Dämpfungsstufe 320 geleitet wird, kann selektiv mit einer angepassten bzw. maßgeschneiderten Dämpfung an einem entsprechenden Dämpfungsglied 326a-326c gedämpft werden oder um eine Dämpfung zu umgehen. Die Schalter 324a-324c können auch konfiguriert werden, um selektiv einen Weg durch die erste Dämpfungsstufe 320 zur Verstärkungsstufe 330 für gezielte oder ausgewählte Signale bereitzustellen. So können beispielsweise die Schalter 324a-324c konfiguriert werden, um Signale durch die erste Dämpfungsstufe 320 zu leiten, die an bestimmten Eingangssports ankommen, während sie Signale von anderen Eingangssports abblocken, so dass sie nicht am Ausgangsport 328 ankommen.

**[0041]** Die Verstärkungsstufe 330 ist konfiguriert, um von der ersten Dämpfungsstufe 320 empfangene Signale zu verstärken und die verstärkten Signale an die zweite Dämpfungsstufe 340 weiterzugeben. Auf diese Weise kann der Verstärker mit variabler Verstärkung 310a konfiguriert werden, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen, da die erste Dämpfungsstufe 320 Signale an einer Vielzahl von Eingangssports 322a-322c empfängt und die Verstärkungsstufe 330 ein Eingangssignal an einem einzigen Eingangsport empfängt und ein verarbeitetes Signal an einem einzigen Ausgangsport bereitstellt. Die Verstärkungsstufe 330 kann irgendeine geeignete Verstärkerschaltung beinhalten, die konfiguriert ist, um eine gewünschte oder gezielte Verstärkung bereitzustellen. In einigen Ausführungsformen beinhaltet die Verstärkungsstufe 330 eine einzelne rauscharme Verstärkerschaltung (LNA), die konfiguriert ist, um Signale aus einer Vielzahl von Frequenzbändern (z.B. Mobilfunkbändern und/oder WLAN-Frequenzbändern) zu verstärken. Somit kann, wie hier verwendet, die erste Dämpfungsstufe 320 als Vor-LNA-Dämpfung und die zweite Dämpfungsstufe 340 als Nach-LNA-Dämpfung bezeichnet werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die hier beschriebenen Ausführungsformen nicht auf Implementierungen beschränkt sind, die rauscharme Verstärker verwenden, sondern Implementierungen beinhalten, die eine Vielzahl von Verstärkern im Verstärker 310a mit variabler Verstärkung verwenden.

**[0042]** Die Verstärkungsstufe 330 kann konfiguriert sein, um Signale zu verstärken, die zumindest teilweise auf einer Vielzahl von Verstärkungsmoden basieren. So kann beispielsweise die Verstärkungsstufe 330 konfiguriert sein, um eine erste Verstärkung oder Gain für einen ersten Verstärkungsmodus, eine zweite Verstärkung oder Gain für einen zweiten Verstärkungsmodus und so weiter bereitzustellen. Die Verstärkungsstufe 330 kann von der Steuerung 102 gesteuert werden, um das in der Verstärkungsstufe bereitgestellte Gain (Verstärkung) zu steuern. So kann beispielsweise die Steuerung 102 der Verstärkungsstufe 330 ein Signal bereitstellen, das eine gewünschte oder angestrebte Verstärkung anzeigt, und die Verstärkungsstufe 330 kann die angestrebte Verstärkung bereitstellen. Die Steuerung 102 kann beispielsweise eine Anzeige der angestrebten Verstärkung von einer anderen Komponente in einer drahtlosen Vorrichtung empfangen und die Verstärkungsstufe 330 zumindest teilweise basierend auf dieser Anzeige steuern. In ähnlicher Weise können die ersten und zweiten Dämpfungsstufen 320, 340 zumindest teilweise basierend auf einem Verstärkungsmodus und/oder einer gezielten Verstärkung des Verstärkers 310a gesteuert werden.

**[0043]** Die zweite Dämpfungsstufe 340 kann ähnlich wie die erste Dämpfungsstufe 320 konfiguriert sein. Insbesondere kann die zweite Dämpfungsstufe 340 ähnlich der ersten Dämpfungsstufe 320 sein, die konfiguriert ist, um ein Signal an einem einzelnen Eingang zu empfangen und ein Signal an einem einzelnen Ausgang bereitzustellen. Die zweite Dämpfungsstufe 340 ist konfiguriert, um einen gemultiplexten Ausgang von der Verstärkungsstufe 330 zu empfangen und das Signal über schaltbare Pfade zu leiten, um das Signal selektiv mit programmierbarer Dämpfung zu dämpfen oder die Dämpfung zu umgehen. In bestimmten Ausführungsformen stellt die zweite Dämpfungsstufe 340 mindestens zwei schaltbare Wege durch die Stufe zur Verfügung, wobei ein erster Weg durch ein Dämpfungsglied führt und ein zweiter Weg das Dämpfungsglied umgeht. In verschiedenen Ausführungsformen stellt die zweite Dämpfungsstufe 340 einen einzelnen Weg durch die Stufe dar, wobei das Signal mit einer festen oder programmierbaren Dämpfung gedämpft wird. Der Signalausgang von der zweiten Dämpfungsstufe 340 wird an den Ausgangsport 318 des Verstärkers 310a geleitet.

**[0044]** Dementsprechend veranschaulicht **Fig. 3A** einen Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung, der eine erste Dämpfungsstufe 320 mit einer Vielzahl von Zweigen beinhaltet, wobei jeder Zweig einen Schalter 324a-324c und ein variables Dämpfungselement 326a-326c beinhaltet. Die erste Dämpfungsstufe 320 beinhaltet einen Eingang 322a-322c für jeden Zweig und einen gemeinsamen Ausgang 328. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310a beinhaltet eine Verstärkungsstufe 330, die mit dem gemeinsamen Ausgang 328 der ersten Dämpfungsstufe 320 gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310a beinhaltet eine zweite Dämpfungsstufe 340, die konfiguriert ist, um den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe 330 zu empfangen, um ein verstärktes Ausgangssignal bereitzustellen, um verschiedene gewünschte Eigenschaften über einen Bereich von Verstärkungsgraden (bzw. -pegeln) aufrecht zu erhalten. Jeder Zweig durch die erste Dämpfungsstufe 320 kann einen Bypassweg und einen durch einen Schalter gesteuerten Dämpfungsweg beinhalten. Der Dämpfungspfad beinhaltet eine variable oder feste Dämpfung für jeden Zweig.

**[0045]** Der Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung kann konfiguriert sein, um relativ geringes Rauschen und hohe Linearität (z.B. höhere IIP3) im Vergleich zu Verstärkern ohne integriertes Schaltnetzwerk mit programmierbaren Dämpfungsgliedern zu erreichen. Der Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung kann konfiguriert sein, um Hochfrequenzsignale (RF) wie z.B. Mobilfunksignale bzw. zelluläre Signale, WLAN-Signale, BLUETOOTH-Signale, GPS-Signale und dergleichen zu verstärken. Der Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung kann konfiguriert sein, um Breitbandfähigkeiten bereitzustellen, indem er Signale über eine Vielzahl von Frequenzbändern an den mehreren Eingängen 312a-312c empfängt und diese Signale verarbeitet. Der Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung kann konfiguriert sein, um Signale an den jeweiligen Eingängen 312a-312c unabhängig voneinander zu verarbeiten. Der Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung kann konfiguriert sein, um von einer Steuerschaltungsanordnung, wie beispielsweise der Steuerung 102, gesteuert zu werden. Die Steuerschaltungsanordnung kann in der ersten Dämpfungsstufe 320 intelligent und selektiv Pfade schalten und Dämpfungen der Dämpfungsglieder 326a-326c selektiv programmieren.

**[0046]** Wie hier beschrieben, stellt der Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung einen Modus mit hoher Verstärkung bereit, der nicht unter einer Leistungseinbuße leidet, die von anderen Verstärkungsmoden erfahren wird, wenn vor der Verstärkung durch ein Dämpfungsglied geleitet wird. Durch die Einbettung von Dämpfungsgliedern in bestehende Schalt-Architekturen können Moden mit hoher Verstärkung oder anderen Verstärkungen konfiguriert werden, um die Dämpfung zu umgehen und so eine Rauschquelle in der Verarbeitungskette zu eliminieren. In einigen Implementierungen ist der Signalverstärker 310a mit variabler Verstärkung ein Multi-Input-LNA (Multi-Eingang-LNA) mit abstimmbaren Vor- und/oder Nach-LNA-Dämpfungen. Die

Vor-LNA-Dämpfung kann verwendet werden, um die angestrebte Linearität zu erreichen, z.B. bei großen Signalen. Bei bestimmten Implementierungen kann ein einzelner Verstärker oder LNA für mehrere zellulare Bänder verwendet werden.

**[0047]** **Fig. 3B** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung 310b, der ähnlich wie der hier beschriebene Verstärker mit variabler Verstärkung 310a mit Bezug auf **Fig. 3A** konfiguriert ist. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310b beinhaltet einen Verteiler (Splitter) 350, der konfiguriert ist, um ein Signal an einem einzelnen Eingangsport zu empfangen und Signale an einer Vielzahl von Ausgangsports bereitzustellen. Der Splitter 350 wird von der Steuerung 102 gesteuert, um Eingangssignale an einen bestimmten Ausgang zu leiten. Dementsprechend kann der Verstärker 310b mit variabler Verstärkung konfiguriert sein, um Signale an einer Vielzahl von Eingängen 312a-312c zu empfangen und verarbeitete Signale an einer entsprechenden Vielzahl von Ausgängen 318a-318c bereitzustellen. Diese Signale können selektiv gedämpft und verstärkt werden, wie hier unter Bezugnahme auf **Fig. 3A** beschrieben.

**[0048]** **Fig. 3B** veranschaulicht somit einen Verstärker mit variabler Verstärkung 310b, der eine erste Dämpfungsstufe 320 mit einer Vielzahl von Abzweigungen beinhaltet, wobei jeder Zweig einen Schalter 324a-324c und ein Dämpfungselement 326a-326c beinhaltet. Die erste Dämpfungsstufe 320 beinhaltet einen gemeinsamen Ausgang 328 und einen Eingang 322a-322c für jeden Zweig. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310b beinhaltet eine Verstärkungsstufe 330, die mit dem gemeinsamen Ausgang 328 der ersten Dämpfungsstufe 320 gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310b beinhaltet eine zweite Dämpfungsstufe 340, die konfiguriert ist, um den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe 330 zu empfangen, um ein verstärktes Ausgangssignal bereitzustellen, um verschiedene gewünschte Eigenschaften über einen Bereich von Verstärkungsgraden beizubehalten. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 310b beinhaltet einen Verteiler bzw. Splitter 350. Jeder Zweig durch die erste Dämpfungsstufe 320 kann einen Bypassweg und einen Dämpfungsweg gesteuert durch einen Schalter beinhalten. Der Dämpfungspfad beinhaltet eine variable oder feste Dämpfung für jeden Zweig.

**[0049]** **Fig. 4** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung 410 mit einer ersten Dämpfungsstufe 420 mit einer Vielzahl von Eingängen 322a-322c und einem gemeinsamen Ausgang 328. Die am gemeinsamen Ausgang 328 ausgegebenen Signale werden auf eine Verstärkungsstufe 330 geleitet, wie hier unter Bezugnahme auf die **Fig. 3A** und **3B** beschrieben. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 410 beinhaltet eine Steuerung 102, die konfiguriert ist, um Steuersignale für die erste Dämpfungsstufe 420 und die Verstärkungsstufe 330 bereitzustellen. Diese Steuersignale können konfiguriert sein, um die Dämpfung und/oder Verstärkung des Verstärkers 410 mit variabler Verstärkung zu steuern.

**[0050]** Zwischen der Vielzahl von Eingängen 322a-322c und dem gemeinsamen Ausgang 328 der ersten Dämpfungsstufe 420 sind mehrere Zweige 425a-425c vorgesehen, um schaltbare Pfade durch die Stufe bereitzustellen. Signale, die an einzelnen Eingängen 322a-322c empfangen werden, werden an einen entsprechenden Zweig 425a-425c geleitet, wobei der entsprechende Zweig 425a-425c konfiguriert ist, um selektiv einen Pfad durch den Zweig 425a-425c zum gemeinsamen Ausgang 328 bereitzustellen. Wenn ein Weg durch den Zweig 425a-425c vorgesehen ist, kann die erste Dämpfungsstufe 420 ferner konfiguriert sein, um den Signalweg selektiv durch ein variables Dämpfungsglied R1 zu leiten oder das Dämpfungsglied R1 zu umgehen. Es sei darauf hingewiesen, dass, obwohl drei Eingänge 322a-322c und Zweige 425a-425c dargestellt sind, der Verstärker 410 mit variabler Verstärkung eine beliebige Anzahl von Eingängen und entsprechenden Zweigen beinhalten kann. So kann der Verstärker 410 mit variabler Verstärkung beispielsweise und ohne Einschränkung mindestens 2 Eingänge und entsprechende Zweige, mindestens 4 Eingänge und entsprechende Zweige, mindestens 8 Eingänge und entsprechende Zweige, mindestens 16 Eingänge und entsprechende Zweige, mindestens 32 Eingänge und entsprechende Zweige, mindestens 64 Eingänge und entsprechende Zweige oder mindestens beliebig viele Eingänge und entsprechende Zweige in den beschriebenen Bereichen beinhalten. Als weiteres Beispiel und ohne Einschränkung kann der Verstärker mit variabler Verstärkung 410 weniger als oder gleich 64 Eingänge und entsprechende Zweige, weniger als oder gleich 32 Eingänge und entsprechende Zweige, weniger als oder gleich 16 Eingänge und entsprechende Zweige, weniger als oder gleich 8 Eingänge und entsprechende Zweige, weniger als oder gleich 4 Eingänge und entsprechende Zweige oder weniger als oder gleich einer beliebigen Anzahl von Eingängen und entsprechenden Zweigen in den beschriebenen Bereichen beinhalten.

**[0051]** Als Beispiel kann ein einzelner Zweig 425a-425c konfiguriert sein, um geeignete Schalter zu öffnen, so dass es keinen Signalweg durch den Zweig gibt. Die erste Dämpfungsstufe 420 kann somit konfiguriert werden, um Signale oder Frequenzbänder zur Verarbeitung auszuwählen, indem selektiv Pfade von den Eingängen 322a-322c zum Ausgang 328 bereitgestellt werden.

**[0052]** Wenn beispielsweise die erste Dämpfungsstufe 420 einen Weg von einem Eingang 322a-322c durch einen entsprechenden Zweig 425a-425c zum Ausgang 328 vorsieht, können einzelne Zweige 425a-425c weiter konfiguriert werden, um selektiv Pfade bereitzustellen, die Signale dämpfen oder die Dämpfung umgehen. Um die Dämpfung zu umgehen, z.B. in einem High-Gain-Modus, schließt ein Zweig 425a-425c den Schalter S1 und öffnet die Schalter S2 und S3. Um das Signal zu dämpfen, wie beispielsweise in anderen Verstärkungsmoden, öffnet ein Zweig 425a-425c den Schalter S1 und schließt die Schalter S2 und S3, so dass das Signal das variable Dämpfungsglied R1 passiert. Die Schalter S1-S3 können jede geeignete Komponente oder Kombination von Komponenten sein, die Schaltmöglichkeiten bieten. Das variable Dämpfungsglied R1 kann jede geeignete Komponente oder Kombination von Komponenten sein, die eine programmierbare Dämpfung ermöglichen. Das variable Dämpfungsglied R1 kann konfiguriert sein, um unterschiedliche Dämpfungsgrade bereitzustellen, die zumindest teilweise auf von der Steuerung 102 empfangenen Signalen, dem vom variablen Verstärkungsverstärker 410 bereitgestellten Verstärkungsmodus oder einer Kombination aus beidem basieren. Die variablen Dämpfungsglieder R1 können programmierbare Dämpfungsglieder sein, die in Eingangsschalter eingebettet sind. Dadurch können negative Auswirkungen auf den Rauschfaktor (NF) in bestimmten Verstärkungsmoden, die die Dämpfungsglieder umgehen, reduziert oder eliminiert werden, wie beispielsweise bei Moden mit hoher Verstärkung.

**[0053]** **Fig. 5** veranschaulicht ein Beispiel für einen Verstärker mit variabler Verstärkung 510 mit einer Verstärkungsstufe 330, wie hier in Bezug auf die **Fig. 3A** und **3B** beschrieben, und einer zweiten Dämpfungsstufe 540. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 510 beinhaltet eine Steuerung 102, die konfiguriert ist, um Steuersignale für die Verstärkungsstufe 330 und die zweite Dämpfungsstufe 540 bereitzustellen. Diese Steuersignale können konfiguriert werden, um die Dämpfung und/oder Verstärkung zu steuern, die vom Verstärker mit variabler Verstärkung 510 bereitgestellt wird.

**[0054]** Die zweite Dämpfungsstufe 540 kann konfiguriert sein, um von der Verstärkungsstufe 330 empfangene Signale selektiv durch ein variables Dämpfungsglied R1 zu leiten oder das Dämpfungsglied R1 zu umgehen. Um die Dämpfung zu umgehen, z.B. in einem High-Gain-Modus, schließt die zweite Dämpfungsstufe 540 den Schalter S1 und öffnet die Schalter S2 und S3. Um das Signal zu dämpfen, wie beispielsweise in anderen Verstärkungsmoden, öffnet die zweite Dämpfungsstufe 540 den Schalter S1 und schließt die Schalter S2 und S3, so dass das Signal durch das variable Dämpfungsglied R1 läuft. Das variable Dämpfungsglied R1 kann in den Ausgangsschalter integriert sein. Das variable Dämpfungsglied R1 kann in bestimmten Verstärkungsmoden umgangen werden, wodurch die negativen Auswirkungen von Dämpfungssignalen für diese Verstärkungsmoden, wie beispielsweise einen Modus mit hoher Verstärkung, reduziert oder beseitigt werden.

**[0055]** **Fig. 6** veranschaulicht einen beispielhaften Multiplexer 620 mit einem Eingangsport 622, einem Bandauswahlschalter 623, einem Dämpfungsauswahlzweig 625 und einem Ausgangsport 628. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird ein einzelner Zweig durch den Multiplexer 620 dargestellt, aber es sei darauf hingewiesen, dass mehrere Schalter und Zweige durch den Multiplexer bereitgestellt werden können, wie hier unter Bezugnahme auf **Fig. 4** näher beschrieben, und diese Signale können am gemeinsamen Ausgangsport 628 ausgegeben werden. Signale, die vom Eingangsport 622 zum Ausgangsport 628 geleitet werden, werden an eine Verstärkungsstufe 330 übertragen, die hier in Bezug auf die **Fig. 3A** und **3B** näher beschrieben wird. Es ist auch zu verstehen, dass der Multiplexer 620 und die Verstärkungsstufe 330 von einer Steuerung (nicht dargestellt) gesteuert werden können, wie hier in Bezug auf die **Fig. 3A-5** näher beschrieben. Weil der Multiplexer 620 einen Dämpfungsauswahlzweig 625 beinhaltet, kann der Multiplexer 620 auch als Dämpfungsstufe bezeichnet werden, wie beispielsweise die hier in Bezug auf die **Fig. 3A**, **3B** und **4** näher beschriebenen Dämpfungsstufen 320, 420.

**[0056]** Mit Bezug auf **Fig. 6** ermöglicht der Bandauswahlschalter 623 dem Multiplexer 620 die Auswahl, welche Signale an die Verstärkungsstufe 330 weitergeleitet werden. Dies kann verwendet werden, um Signale aus gezielten, ausgewählten oder gewünschten Frequenzbändern auszuwählen. Bei mehreren Zweigen im Multiplexer 620 können entsprechende Bandauswahlschalter 623 verwendet werden, um gezielte Frequenzbänder für die Verarbeitung auszuwählen. Diese Bandauswahlschalter 623 können in irgendeinem geeigneten Muster (z.B. zeitabhängig) oder basierend auf Signalen einer Steuerung geöffnet und geschlossen werden. Auf diese Weise sind der Multiplexer 620 und die Verstärkungsstufe 330 konfiguriert, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen. Der Bandauswahlschalter 623 beinhaltet die Transistoren Q1, Q2, die konfiguriert sind, um Signale selektiv auf ein Massepotential oder eine andere Referenzspannung zu leiten. Der Bandauswahlschalter 623 kann andere Komponenten beinhalten, um geeignete Vorspannungen zum Betreiben der Transistoren Q1, Q2 und/oder zur Impedanzanpassung oder anderer Signalkonditionierungselemente bereitzustellen.

**[0057]** Der Dämpfungsauswahlzweig 625 ist konfiguriert, um selektiv einen Dämpfungspfad durch das variable Dämpfungsglied R1 und einen Bypassweg durch die Transistoren Q3 und Q4 bereitzustellen. Der Dämpfungspfad wird durch die Transistoren Q5 und Q6 gesteuert und beinhaltet das variable Dämpfungsglied R1 und die Widerstände R2-R4. Die Widerstände R2-R4 können feste Widerstandswerte aufweisen und können so ausgewählt werden, dass sie gewünschte Signaleigenschaften über einem Bereich von Verstärkungsmoden, Signalamplituden und/oder programmierten Dämpfungen liefern. Das variable Dämpfungsglied R1 kann konfiguriert sein, um eine Vielzahl von Werten aufzuweisen, die zumindest teilweise von einem Betriebsverstärkungsmodus, Frequenzband, einer Signalamplitude oder dergleichen abhängen. Der Bypass-Pfad wird durch die Transistoren Q3 und Q4 gesteuert und kann zusätzliche elektrische Komponenten beinhalten (nicht dargestellt), um gewünschte Signaleigenschaften über eine Bereich von Verstärkungsmoden, Signalamplituden und/oder programmierten Dämpfungen bereitzustellen. In einigen Ausführungsformen wird der Bypass-Pfad bei Betrieb in einem High-Gain-Modus ausgewählt und der Dämpfungspfad wird bei Betrieb in anderen Verstärkungsmoden ausgewählt.

**[0058]** Der Multiplexer 620 kann als Multiplexer mit variabler Verstärkung in jedem Zweig konfiguriert sein. Die programmierbare Dämpfung kann in einer Schaltstufe oder einem Schaltnetzwerk (auch als Koppelnetz bezeichnet) vor der Verstärkungsstufe 330 bereitgestellt werden. Diese Schaltstufe kann eine Vielzahl von Dämpfungsauswahlzweigen 625 beinhalten.

**[0059]** **Fig. 7** veranschaulicht ein Beispiel für eine Dämpfungsstufe 740 nach der Verstärkung, die konfiguriert ist, um einen Dämpfungspfad und einen Bypassweg bereitzustellen. Signale, die von einer Verstärkungsstufe 330 empfangen werden, die hier in Bezug auf die **Fig. 3A** und **3B** näher beschrieben wird, können mit einem programmierbaren Dämpfungsglied R1 selektiv gedämpft werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Nachverstärkungs-Dämpfungsstufe 740 und die Verstärkungsstufe 330 von einer Steuerung gesteuert werden können (nicht dargestellt), wie hier unter Bezugnahme auf die **Fig. 3A-5** näher beschrieben. Die Nachverstärkungs-Dämpfungsstufe 740 kann als zweite Dämpfungsstufe 340, 540 ausgeführt werden, die hier in Bezug auf die **Fig. 3A**, **3B** und **5** näher beschrieben wird.

**[0060]** Ähnlich wie der mit Bezug auf **Fig. 6** beschriebene Dämpfungsauswahlzweig 625 ist die Nachverstärkungs-Dämpfungsstufe 740 konfiguriert, um selektiv einen Dämpfungspfad durch das variable Dämpfungsglied R1 und einen Bypassweg durch die Transistoren Q3 und Q4 bereitzustellen. Der Dämpfungspfad wird durch die Transistoren Q5 und Q6 gesteuert und beinhaltet das variable Dämpfungsglied R1 und die Widerstände R2-R4. Die Widerstände R2-R4 können feste Widerstandswerte aufweisen und können so ausgewählt werden, dass sie gewünschte Signaleigenschaften über eine Reihe von Verstärkungsmoden, Signalamplituden und/oder programmierten Dämpfungen liefern. Das variable Dämpfungsglied R1 kann konfiguriert sein, um eine Vielzahl von Werten zu haben, die zumindest teilweise von einem Betriebsverstärkungsmodus, Frequenzband, einer Signalamplitude oder dergleichen abhängen. Der Bypass-Pfad wird durch die Transistoren Q3 und Q4 gesteuert und kann zusätzliche elektrische Komponenten beinhalten (nicht dargestellt), um gewünschte Signaleigenschaften über einen Bereich von Verstärkungsmoden, Signalamplituden und/oder programmierten Dämpfungen bereitzustellen. In einigen Ausführungsformen werden der Bypass-Pfad bei Betrieb in einem High-Gain-Modus und der Dämpfungspfad bei Betrieb in anderen Verstärkungsmoden ausgewählt.

**[0061]** Die **Fig. 8A** und **8B** veranschaulichen Beispiele für eine Dämpfungsstufe 740, die in einem Umgebungs-/Bypass-Modus (**Fig. 8A**) und in einem Dämpfungsmodus (**Fig. 8B**) arbeitet. Die Dämpfungsstufe 740 kann eine Nachverstärkungsstufe (Post-Verstärkungs-Stufe) sein, wie hier unter Bezugnahme auf **Fig. 7** beschrieben, oder ein Zweig in einer Vorverstärkungsstufe (Pre-Verstärkungs-Stufe) oder einem Multiplexer, wie hier unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beschrieben. Im in **Fig. 8A** dargestellten Bypass-Modus werden die Transistoren Q3, Q4 aktiviert, während die Transistoren Q5, Q6 deaktiviert werden. In dieser Konfiguration durchlaufen die Signale die zwischen den Transistoren Q3, Q4 vorgesehenen elektrischen Komponenten, falls vorhanden, bevor sie die Dämpfungsstufe 740 verlassen. Im in **Fig. 8B** dargestellten Dämpfungsmodus werden die Transistoren Q3, Q4 deaktiviert, während die Transistoren Q5, Q6 aktiviert werden. In dieser Konfiguration durchlaufen die Signale die Widerstände R2-R4 und das variable Dämpfungsglied R1, bevor sie die Dämpfungsstufe 740 verlassen. Die Aktivierung und Deaktivierung der Transistoren kann über eine Steuerung gesteuert werden (nicht dargestellt). Der Wert des variablen Dämpfungsglieds R1 kann von einer Steuerung gesteuert werden (nicht dargestellt). Obwohl aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt, kann die Dämpfungsstufe 740 andere elektrische Komponenten beinhalten, die konfiguriert sind, um den Transistoren Q3-Q6 und dem variablen Dämpfungsglied R1 geeignete Steuersignale und Vorspannungen bereitzustellen.

**[0062]** Die **Fig. 9A** und **9B** veranschaulichen beispielhaft die Verstärker mit variabler Verstärkung 910a, 910b, die eine Vorverstärkungsdämpfungsstufe 620, die jeweiligen Verstärkungsstufen 930a, 930b, ein Eingangsanpassungsnetz 913, ein Ausgangsanpassungsnetz 914 und eine Nachverstärkungsdämpfungsstufe 740 beinhalten. Die Verstärker mit variabler Verstärkung 910a, 910b beinhalten eine Vielzahl von Eingangssports 912 und einen gemeinsamen Ausgangsport 918. Die Vorverstärkungsdämpfungsstufe 620 kann ähnlich der hier näher beschriebenen Dämpfungsstufe oder dem Multiplexer 620 unter Bezugnahme auf **Fig. 6** konfiguriert sein. Die Nachverstärkungsdämpfungsstufe 740 kann ähnlich der hier näher beschriebenen Dämpfungsstufe 740 mit Bezug auf **Fig. 7** konfiguriert sein.

**[0063]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 9A** kann die Verstärkungsstufe 930a einen Kaskodenverstärker beinhalten, der Transistoren Q1, Q2, eine Spannungsquelle VDD, eine Last ZL und das Induktivitätselement ZS beinhaltet, die zusammen die über das Eingangsanpassungsnetzwerk 913 empfangenen Signale verstärken. Das Ausgangsanpassungsnetzwerk 914 beinhaltet Komponenten, die konfiguriert sind, um die Impedanzen der Verstärkungsstufe 930a anzupassen, um gewünschte Signaleigenschaften aufrecht zu erhalten. So kann beispielsweise das Ausgangsanpassungsnetzwerk 914 einen oder mehrere Kondensatoren, einen oder mehrere Widerstände, eine Kombination von Kondensatoren oder Widerständen in Reihe oder parallel oder dergleichen beinhalten. Das Eingangsanpassungsnetzwerk 913 beinhaltet Komponenten, die konfiguriert sind, um die Impedanzen der ersten Dämpfungsstufe 920 anzupassen, um gewünschte Signaleigenschaften zu erhalten. So kann beispielsweise das Eingangsanpassungsnetzwerk 914 einen oder mehrere Kondensatoren, einen oder mehrere Widerstände, eine Kombination von Kondensatoren oder Widerständen in Reihe oder parallel oder dergleichen beinhalten. In einigen Ausführungsformen kann das Eingangsanpassungsnetzwerk 913 in die Verstärkungsstufe 930a enthalten sein.

**[0064]** Mit Bezug auf **Fig. 9B** ist die Verstärkungsstufe 930b ähnlich der Verstärkungsstufe 930a und beinhaltet zusätzlich einen Degenerations-Schaltblock 932. Der Degenerations-Schaltblock 932 beinhaltet eine zweite Induktivität ZS1 und den Transistor Q3. Der Degenerations-Schaltblock 932 ist konfiguriert, um ein zusätzliches Induktivitätselement ZS1 in einem oder mehreren Verstärkungsmoden hinzuzufügen. So kann beispielsweise der Degenerations-Schaltblock 932 in einem ausgewählten Verstärkungsmodus den Transistor Q3 deaktivieren, so dass der Weg zur Masse oder einer anderen Referenzspannung sowohl das Induktivitätselement ZS als auch das Induktivitätselement ZS1 durchläuft. In anderen Verstärkungsmoden kann der Degenerations-Schaltblock 932 den Transistor so aktivieren, dass der Weg zur Masse oder einer anderen Referenzspannung durch das Induktivitätselement ZS und nicht durch das Induktivitätselement ZS1 verläuft. Dies kann die Rauschzahl (NF) und/oder die Linearität (IIP3) der Verstärkungsstufe 930b beeinflussen, wie hier unter Bezugnahme auf **Fig. 10B** näher beschrieben.

**[0065]** Die **Fig. 10A** und **10B** zeigen Verläufe der Leistung d.h. des Betriebsverhaltens von Verstärkern mit variabler Verstärkung 910a, 910b, die jeweils mit Bezug auf die **Fig. 9A** und **9B** beschrieben sind. **Fig. 10A** veranschaulicht Verläufe der Rauschzahl (NF) und Linearität (IIP3) des Verstärkers 910a (beschrieben mit Bezug auf **Fig. 9A**) und die Auswirkungen der Einbeziehung der beschriebenen Vorverstärkungsdämpfungsstufe 620. Ebenso veranschaulicht **Fig. 10B** Verläufe der Rauschzahl (NF) und Linearität (IIP3) des Verstärkers 910b (beschrieben mit Bezug auf **Fig. 9B**) und die Auswirkungen der Einbeziehung der beschriebenen Vorverstärkungsdämpfungsstufe 620.

**[0066]** In Bezug auf **Fig. 10A** zeigen die oberen Diagramme die Rauschzahl (NF) als Funktion des Verstärkungsmodus, wobei G4 ein Modus mit niedriger Verstärkung ist und die Verstärkung auf G0, einen Modus mit hoher Verstärkung, ansteigt. Auf dem linken oberen Diagramm 1000a ist die NF von der Verstärkungsstufe 930a (oder LNA) als durchgezogene Linie 1002a dargestellt, wobei die NF ohne eine Vor-LNA-Dämpfungsstufe 620 ist. Die Ziel-NF ist als strichpunktierter Linie 1004a dargestellt. Die Differenz zwischen der Ziel-NF 1004a und der NF vom LNA 1002a ist die zulässige Pre-LNA-Dämpfung, die als gestrichelte Linie 1006a (z.B. der NF-Rand) dargestellt wird. Durch Programmierung der variablen Dämpfung der Pre-LNA-Dämpfungsstufe kann die Ziel-NF erreicht werden, wie im rechten oberen Diagramm 1010a dargestellt. Die NF von dem LNA mit Pre-LNA-Dämpfung ist als die durchgezogene Linie 1012a dargestellt, die im Wesentlichen mit dem Ziel-LNA ausgerichtet ist, wiederum als strichpunktierter Linie 1004a.

**[0067]** Mit weiterem Bezug auf **Fig. 10A** zeigen die unteren Diagramme die Linearität (IIP3) als Funktion des Verstärkungsmodus, wobei G4 ein Modus mit niedriger Verstärkung ist und die Verstärkung auf G0, einen Modus mit hoher Verstärkung, ansteigt. Auf dem linken unteren Diagramm 1020a ist das IIP3 aus der Verstärkungsstufe 930a (oder LNA) als durchgezogene Linie 1022a dargestellt, wobei das IIP3 ohne eine Vor-LNA-Dämpfungsstufe 620 ist. Die Ziel-IIP3 wird als gestrichelte gepunktete Linie 1024a dargestellt. Die zulässige Pre-LNA-Dämpfung wird wieder als gestrichelte Linie 1006a angezeigt. Durch die Programmierung

der variablen Dämpfung der Pre-LNA-Dämpfungsstufe kann eine Linearität erreicht werden, die die Ziel-IIP3 überschreitet, wie im Diagramm 1030a dargestellt. Die IIP3 von dem LNA mit Pre-LNA-Dämpfung wird als die durchgezogene Linie 1032a dargestellt, die die Ziel-IIP3 überschreitet, wiederum als gestrichelte Linie 1024a.

**[0068]** Die Diagramme in **Fig. 10A** veranschaulichen, dass die offbarten Verstärker mit variabler Verstärkung konfiguriert werden können, um eine gezielte oder höhere IIP3 in Nicht-High-Gain-Moden zu erreichen. Darüber hinaus kann die Pre-LNA-Dämpfung mit dem zulässigen NF-Rand (NF-Spielraum) so angepasst werden, dass ein gezielter Frontend-Verlust erreicht wird, um das Verhalten der Linearität (IIP3) in Low-Gain-Moden (Moden mit niedriger Verstärkung) zu erhöhen.

**[0069]** Weiter in **Fig. 10B** veranschaulichen die Diagramme 1000, 1010b, 1020b, 1030b, 1030b die gleichen Parameter wie in **Fig. 10A** beschrieben, wobei die Verstärkungsstufe 930a durch die Verstärkungsstufe 930b ersetzt ist, die einen Degenerations-Schaltblock 932 beinhaltet. Mit anderen Worten, ein Unterschied zwischen den Verstärkern mit variabler Verstärkung 910a, 910b beinhaltet das Vorhandensein des Degenerations-Schaltblocks 932 im Verstärker mit variabler Verstärkung 910b. In den Plots/Diagrammen von **Fig. 10B** ist der Effekt des Einschaltens des Degenerationsblocks für den Verstärkungsmodus G3 in den NF- und IIP3-Plots zu sehen.

**[0070]** Die oberen Diagramme zeigen die Rauschzahl (NF) als Funktion des Verstärkungsmodus, wobei G4 ein Low-Gain-Modus ist und die Verstärkung auf G0, einen High-Gain-Modus, ansteigt. Auf dem linken oberen Diagramm 1000b ist die NF von der Verstärkungsstufe 930b (oder LNA) als durchgezogene Linie 1002b dargestellt, wobei die NF ohne eine Vor-LNA-Dämpfungsstufe 620 ist. Die Ziel-NF wird als strichpunktierter Linie 1004b dargestellt. Der Unterschied zwischen der Ziel-NF 1004b und der NF vom LNA 1002b ist die zulässige Pre-LNA-Dämpfung, die als gestrichelte Linie 1006b (z.B. der NF-Rand) dargestellt ist. Durch Programmierung der variablen Dämpfung der Pre-LNA-Dämpfungsstufe kann die Ziel-NF erreicht werden, wie im rechten oberen Diagramm 1010b dargestellt. Die NF aus der LNA mit Pre-LNA-Dämpfung ist als die durchgezogene Linie 1012b dargestellt, die im Wesentlichen mit der Ziel-LNA ausgerichtet ist, die wiederum als strichpunktierter Linie 1004b dargestellt ist.

**[0071]** Unter fortgesetzter Bezugnahme auf **Fig. 10B** zeigen die unteren Diagramme die Linearität (IIP3) als Funktion des Verstärkungsmodus, wobei G4 ein Modus mit niedriger Verstärkung ist und die Verstärkung auf G0, einen Modus mit hoher Verstärkung, ansteigt. Auf dem linken unteren Diagramm 1020b ist die IIP3 von der Verstärkungsstufe 930b (oder LNA) als durchgezogene Linie 1022b dargestellt, wobei die IIP3 ohne eine Vor-LNA-Dämpfungsstufe 620 ist. Die Ziel-IIP3 ist als strichpunktierter Linie 1024b dargestellt. Die zulässige Pre-LNA-Dämpfung ist wieder als gestrichelte Linie 1006b gezeigt. Durch die Programmierung der variablen Dämpfung der Pre-LNA-Dämpfungsstufe kann eine Linearität erreicht werden, die die Ziel-IIP3 überschreitet, wie im Diagramm 1030b dargestellt. Die IIP3 von dem LNA mit Pre-LNA-Dämpfung ist als die durchgezogene Linie 1032b dargestellt, die die Ziel-IIP3 überschreitet, die wiederum als strichpunktierter Linie 1024b dargestellt ist.

**[0072]** Die Diagramme in **Fig. 10B** veranschaulichen, dass die offbarten Verstärker mit variabler Verstärkung konfiguriert werden können, um eine gezielte oder höhere IIP3 in Nicht-High-Gain-Moden zu erreichen. Darüber hinaus kann die Pre-LNA-Dämpfung mit dem zulässigen NF-Rand so angepasst werden, dass ein gezielter Frontend-Verlust erreicht wird, um die Linearität (IIP3) in Low-Gain-Moden zu erhöhen.

#### Beispiele für Produkte und Architekturen

**[0073]** **Fig. 11** zeigt, dass in einigen Ausführungsformen einige oder alle Diversitätsempfängerkonfigurationen, einschließlich einiger oder aller Diversitätsempfängerkonfigurationen mit Kombination von Merkmalen (z.B. **Fig. 1-9B**), ganz oder teilweise in einem Modul implementiert werden können. Ein solches Modul kann z.B. ein Frontend-Modul (FEM) sein. Ein solches Modul kann z.B. ein Diversity-Empfänger (DRx) FEM sein. Ein solches Modul kann beispielsweise ein MIMO-Modul (Multiple-Input/Multiple-Output) sein.

**[0074]** Im Beispiel von **Fig. 11** kann ein Modul 1108 ein Packungssubstrat 1101 beinhalten, und eine Anzahl von Komponenten können auf einem solchen Packungssubstrat 1101 montiert sein. So können beispielsweise eine Steuerung 1102 (die eine integrierte Frontend-Power-Management-Schaltung [FE-PIMC] beinhalten kann), eine Kombinationsanordnung 1106, eine Verstärkeranordnung 1110 mit variabler Verstärkung, die eingebettete programmierbare Dämpfungsglieder 1116 mit einem oder mehreren der hier beschriebenen Merkmale beinhaltet, und eine Filterbank 1109 (die ein oder mehrere Bandpassfilter beinhalten kann) auf

und/oder innerhalb des Packungssubstrats 1101 montiert und/oder implementiert werden. Andere Komponenten, wie beispielsweise eine Anzahl von SMT-Bauelementen 1105, können ebenfalls auf dem Packungssubstrat 1101 montiert werden. Obwohl alle verschiedenen Komponenten auf dem Packungssubstrat 1101 dargestellt sind, sei darauf hingewiesen, dass einige Komponenten über andere Komponenten implementiert sein können.

**[0075]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet das Diversity-Empfangsmodul 1108 zwei oder mehr Verstärkeranordnungen mit variabler Verstärkung 1110. In verschiedenen Implementierungen können die zwei oder mehr Verstärkereinheiten mit variabler Verstärkung 1110 auf einem einzigen Chip implementiert sein. Jede Baugruppe 1110 kann eine erste Dämpfungsstufe, eine Verstärkungsstufe und eine zweite Dämpfungsstufe beinhalten. Die Ausgänge jeder Baugruppe 1110 können miteinander verbunden werden. Dies kann von Vorteil sein, um ein Leistungstuning über einem größeren Frequenzbereich zu ermöglichen. So kann beispielsweise eine erste Anordnung (Baugruppe) für einen ersten Frequenzbereich und eine zweite Anordnung (Baugruppe) für einen zweiten Frequenzbereich abgestimmt werden. Signale können an die entsprechenden Baugruppen 1110 gerichtet und an einem gemeinsamen Ausgang verbunden werden. Somit kann das Diversity-Empfangsmodul 1108 konfiguriert sein, um einen größeren Frequenzbereich mit verbesserter Leistung bzw. verbessertem Betriebsverhalten abzudecken, im Vergleich zu einer Konfiguration, die eine einzelne Verstärkeranordnung beinhaltet.

**[0076]** **Fig. 12** zeigt, dass in einigen Ausführungsformen einige oder alle Diversitätsempfängerkonfigurationen, einschließlich einiger oder aller Diversitätsempfängerkonfigurationen mit Kombinationen von Merkmalen (z.B. **Fig. 1-9b**), ganz oder teilweise in einer Architektur implementiert sein können. Eine solche Architektur kann ein oder mehrere Module beinhalten und kann konfiguriert sein, um eine Frontend-Funktionalität wie eine Diversitätsempfänger-(DRx)-Frontend-Funktionalität bereitzustellen.

**[0077]** Im Beispiel von **Fig. 12** kann eine Architektur 1208 eine Steuerung 1202 (die eine integrierte Frontend-Power-Management-Schaltung [FE-PIMC] beinhalten kann), eine Kombinationsanordnung 1206, eine Verstärkeranordnung 1210 mit variabler Verstärkung, die eingebettete programmierbare Dämpfungsglieder 1216 mit einem oder mehreren der hier beschriebenen Merkmale beinhaltet, enthalten und eine Filterbank 1209 (die ein oder mehrere Bandpassfilter beinhaltet kann) kann auf und/oder innerhalb des Packungssubstrats 1201 montiert und/oder implementiert sein. Andere Komponenten, wie z.B. eine Anzahl von SMT-Bauelementen 1205, können ebenfalls in der Architektur 1208 implementiert sein.

**[0078]** In einigen Implementierungen kann eine Vorrichtung und/oder eine Schaltung mit einem oder mehreren der hier beschriebenen Merkmale in eine elektronische RF-Vorrichtung, wie beispielsweise eine drahtlose Vorrichtung, integriert werden. Eine solche Vorrichtung und/oder eine Schaltung kann direkt in der drahtlosen Vorrichtung, in modularer Form, wie hier beschrieben, oder in einer Kombination davon implementiert werden. In einigen Ausführungsformen kann eine solche drahtlose Vorrichtung beispielsweise ein Mobiltelefon, ein Smartphone, eine tragbare drahtlose Vorrichtung mit oder ohne Telefonfunktionalität, ein drahtloses Tablet usw. beinhalten.

**[0079]** **Fig. 13** stellt eine beispielhafte drahtlose Vorrichtung 1300 mit einem oder mehreren hier beschriebenen vorteilhaften Merkmalen dar. Im Rahmen eines oder mehrerer Module mit einem oder mehreren Merkmalen, wie hier beschrieben, können solche Module im Allgemeinen durch eine gestrichelte Box 1306 (die z.B. als Frontend-Modul implementiert werden kann) und ein Diversitätsempfänger-(DRx)-Modul 1308 (das z.B. als Frontend-Modul implementiert werden kann) dargestellt werden.

**[0080]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 13** können Leistungsverstärker („power amplifier“, PAs) 1382 ihre jeweiligen HF-Signale von einem Sender-Empfänger 1304 empfangen, der konfiguriert und betrieben werden kann, um HF-Signale zu erzeugen, die verstärkt und übertragen werden sollen, und um Empfangssignale zu verarbeiten. Es ist gezeigt, dass der Sender-Empfänger 1304 mit einem Basisband-Subsystem 1305 interagiert, das konfiguriert ist, um eine Umwandlung zwischen für einen Benutzer geeigneten Daten- und/oder Sprachsignalen und für den Sender-Empfänger 1304 geeigneten HF-Signalen bereitzustellen. Der Sender-Empfänger 1304 kann auch in Verbindung mit einer Power-Management-Komponente 1307 stehen, die konfiguriert ist, um die Leistung für den Betrieb der drahtlosen Vorrichtung 1300 zu verwalten. Ein solches Power-Management kann auch den Betrieb des Basisband-Subsystems 1305 und der Module 1306 und 1308 steuern.

**[0081]** Es ist dargestellt, dass das Basisband-Subsystem 1305 mit einer Benutzerschnittstelle 1301 verbunden ist, um verschiedene Eingaben und Ausgaben von Sprache und/oder Daten zu erleichtern, die dem

Benutzer zur Verfügung gestellt und von ihm empfangen werden. Das Basisbandsubsystem 1305 kann auch mit einem Speicher 1303 verbunden werden, der konfiguriert ist, um Daten und/oder Anweisungen zu speichern, um den Betrieb der drahtlosen Vorrichtung zu erleichtern und/oder dem Benutzer die Speicherung von Informationen zu ermöglichen.

**[0082]** Im Beispiel der drahtlosen Vorrichtung 1300 ist gezeigt, dass die Ausgänge der PAs 1382 angepasst sind (über entsprechende Anpassungsschaltungen 1384) und zu ihren jeweiligen Duplexern 1386 geleitet werden. Solche verstärkten und gefilterten Signale können zur Übertragung über ein Koppelnetzwerk 1309 zu einer Primärantenne 1360 geleitet werden. In einigen Ausführungsformen können die Duplexer 1386 ermöglichen, dass Sende- und Empfangsvorgänge gleichzeitig mit einer gemeinsamen Antenne (z.B. Primärantenne 1360) durchgeführt werden können. In **Fig. 13** ist dargestellt, dass empfangene Signale zu einer Verstärkeranordnung 1310a mit variabler Verstärkung geleitet werden, die die Merkmale und Vorteile der hier beschriebenen Verstärker mit variabler Verstärkung bietet. Das DRx-Modul 1308 beinhaltet auch eine ähnliche Verstärkeranordnung mit variabler Verstärkung 1310b.

**[0083]** Im Beispiel der drahtlosen Vorrichtung 1300 können die an der Primärantenne 1330 empfangenen Signale angepasst (über entsprechende Anpassungsschaltungen 1385) werden und an einen Verstärker 1310a mit variabler Verstärkung im Frontend-Modul 1306 gesendet werden. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 1310a kann eine programmierbare Vorverstärkungs-Dämpfungsanordnung 1320, einen Verstärker 1330, eine programmierbare Nachverstärkungs-Dämpfungsanordnung 1340 und einen Verteiler (Splitter) 1350 beinhalten. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 1310a ist konfiguriert, um eine Vielzahl von Signalen an den Eingängen 1312 zu empfangen und eine Vielzahl von verarbeiteten Signalen an den Ausgängen 1318 auszugeben. Der Verstärker mit variabler Verstärkung 1310a ist konfiguriert, um eine Vielzahl von schaltbaren Pfaden für den Verstärker 1310a bereitzustellen, wobei die Vielzahl von schaltbaren Pfaden eingebettete, programmierbare Dämpfungsglieder beinhaltet, die eine gezielte Verstärkung über eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitstellen und die Linearität für Signale in Bezug auf Verstärker mit variabler Verstärkung verbessern, die keine eingebetteten programmierbaren Dämpfungsglieder beinhalten. In mindestens einem Modus mit hoher Verstärkung (High-Gain-Modus) können programmierbare Dämpfungsglieder umgangen werden, um die Auswirkungen auf die Rauschzahl zu reduzieren oder zu eliminieren. In mindestens einem Nicht-High-Gain-Modus können programmierbare Dämpfungsglieder angepasst werden, um die Linearität für Signale zu verbessern, die in dem mindestens einen Nicht-High-Gain-Modus verstärkt werden.

**[0084]** Die drahtlose Vorrichtung beinhaltet auch eine Diversitätsantenne (Diversity-Antenne) 1370 und ein Diversitätsempfängermodul 1308, das Signale von der Diversity-Antenne 1370 empfängt. Das Diversitätsempfängermodul 1308 beinhaltet einen Verstärker mit variabler Verstärkung 1310b, ähnlich dem Verstärker mit variabler Verstärkung 1310a im Frontend-Modul 1306. Das Diversity-Empfängermodul 1308 und der Verstärker mit variabler Verstärkung 1310b verarbeiten die empfangenen Signale und senden die verarbeiteten Signale an den Sender-Empfänger 1304. In einigen Ausführungsformen kann, wie hier beschrieben, ein Diplexer/Zwei-Wege-Frequenzweiche, Triplexer/Drei-Wege-Frequenzweiche oder eine andere Multiplexer- oder Filteranordnung zwischen der Diversity-Antenne 1370 und dem Diversity-Empfängermodul 1308 eingebaut werden.

**[0085]** Ein oder mehrere Merkmale der vorliegenden Offenbarung können mit verschiedenen zellularen Frequenzbändern implementiert werden, wie hier beschrieben. Beispiele für solche Bänder sind in Tabelle 1 aufgeführt. Es sei darauf hingewiesen, dass zumindest einige der Bänder in Teilbänder unterteilt werden können. Es sei auch darauf hingewiesen, dass ein oder mehrere Merkmale der vorliegenden Offenbarung mit Frequenzbereichen implementiert werden können, die keine Bezeichnungen wie die Beispiele in Tabelle 1 enthalten. Es sei auch darauf hingewiesen, dass sich der Begriff Hochfrequenz- (RF) und Hochfrequenzsignale auf Signale bezieht, die mindestens die in Tabelle 1 aufgeführten Frequenzen beinhalten.

Tabelle 1

Band	Modus	Tx Frequenzbereich (MHz)	Rx Frequenzbereich (MHz)
B1	FDD	1.920 - 1.980	2.110 - 2.170
B2	FDD	1.850 - 1.910	1.930 - 1.990
B3	FDD	1.710 - 1.785	1.805 - 1.880
B4	FDD	1.710 - 1.755	2.110 - 2.155
B5	FDD	824 - 849	869 - 894

Band	Modus	Tx Frequenzbereich (MHz)	Rx Frequenzbereich (MHz)
B6	FDD	830 - 840	875 - 885
B7	FDD	2.500 - 2.570	2.620 - 2.690
B8	FDD	880 - 915	925 - 960
B9	FDD	1.749,9 - 1.784,9	1.844,9 - 1.879,9
B10	FDD	1.710 - 1.770	2.110 - 2.170
B11	FDD	1.427,9 - 1.447,9	1.475,9 - 1.495,9
B12	FDD	699 - 716	729 - 746
B13	FDD	777 - 787	746 - 756
B14	FDD	788 - 798	758 - 768
B15	FDD	1.900 - 1.920	2.600 - 2.620
B16	FDD	2.010 - 2.025	2.585 - 2.600
B17	FDD	704 - 716	734 - 746
B18	FDD	815 - 830	860 - 875
B19	FDD	830 - 845	875 - 890
B20	FDD	832 - 862	791 - 821
B21	FDD	1.447,9 - 1.462,9	1.495,9 - 1.510,9
B22	FDD	3.410 - 3.490	3.510 - 3.590
B23	FDD	2.000 - 2.020	2.180 - 2.200
B24	FDD	1.626,5 - 1.660,5	1.525 - 1.559
B25	FDD	1.850 - 1.915	1.930 - 1.995
B26	FDD	814 - 849	859 - 894
B27	FDD	807 - 824	852 - 869
B28	FDD	703 - 748	758 - 803
B29	FDD	N/A	716 - 728
B30	FDD	2.305 - 2.315	2.350 - 2.360
B31	FDD	452,5 - 457,5	462,5 - 467,5
B32	FDD	N/A	1.452 - 1.496
B33	TDD	1.900 - 1.920	1.900 - 1.920
B34	TDD	2.010 - 2.025	2.010 - 2.025
B35	TDD	1.850 - 1.910	1.850 - 1.910
B36	TDD	1.930 - 1.990	1.930 - 1.990
B37	TDD	1.910 - 1.930	1.910 - 1.930
B38	TDD	2.570 - 2.620	2.570 - 2.620
B39	TDD	1.880 - 1.920	1.880 - 1.920
B40	TDD	2.300 - 2.400	2.300 - 2.400
B41	TDD	2.496 - 2.690	2.496 - 2.690
B42	TDD	3.400 - 3.600	3.400 - 3.600
B43	TDD	3.600 - 3.800	3.600 - 3.800
B44	TDD	703 - 803	703 - 803
B45	TDD	1.447 - 1.467	1.447 - 1.467

Band	Modus	Tx Frequenzbereich (MHz)	Rx Frequenzbereich (MHz)
B46	TDD	5.150 - 5.925	5.150 - 5.925
B65	FDD	1.920 - 2.010	2.110 - 2.200
B66	FDD	1.710 - 1.780	2.110 - 2.200
B67	FDD	N/A	738 - 758
B68	FDD	698 - 728	753 - 783

**[0086]** Die vorliegende Offenbarung beschreibt verschiedene Merkmale, von denen keines allein für die hier beschriebenen Vorteile verantwortlich ist. Es sei darauf hingewiesen, dass verschiedene hier beschriebene Merkmale kombiniert, geändert oder weggelassen werden können, wie es für einen Durchschnittsfachmann in dem technischen Gebiet offensichtlich ist. Andere Kombinationen und Unterkombinationen als die hier spezifisch beschriebenen sind für Durchschnittsfachleute in dem technischen Gebiet offensichtlich und sollen einen Teil dieser Offenbarung bilden. Verschiedene Verfahren werden hier in Verbindung mit verschiedenen Flussdiagrammschritten und/oder -phasen beschrieben. Es sei darauf hingewiesen, dass in vielen Fällen bestimmte Schritte und/oder Phasen miteinander kombiniert werden können, so dass mehrere in den Flussdiagrammen dargestellte Schritte und/oder Phasen als ein einziger Schritt und/oder eine einzige Phase durchgeführt werden können. Außerdem können bestimmte Schritte und/oder Phasen in weitere Unterkomponenten unterteilt werden, die separat ausgeführt werden sollen. In einigen Fällen kann die Reihenfolge der Schritte und/oder Phasen neu geordnet werden und bestimmte Schritte und/oder Phasen können ganz weggelassen werden. Ferner sollen die hier beschriebenen Verfahren als offen verstanden werden, so dass neben den hier dargestellten und beschriebenen auch weitere Schritte und/oder Phasen durchgeführt werden können.

**[0087]** Einige Aspekte der hier beschriebenen Systeme und Verfahren können vorteilhaft umgesetzt werden, z.B. durch Computersoftware, Hardware, Firmware oder eine beliebige Kombination von Computersoftware, Hardware und Firmware. Computersoftware kann computerausführbaren Code umfassen, der auf einem computerlesbaren Medium (z.B. einem nicht-flüchtigen computerlesbaren Medium) gespeichert ist und der, wenn er ausgeführt wird, die hier beschriebenen Funktionen ausführt. In einigen Ausführungsformen wird computerausführbarer Code von einem oder mehreren universellen Computerprozessoren ausgeführt. Ein Durchschnittsfachmann in dem technischen Gebiet wird angesichts dieser Offenbarung verstehen, dass jedes Merkmal und jede Funktion, die mit einer Software implementiert werden kann, die auf einem Universalcomputer ausgeführt wird, auch mit einer anderen Kombination von Hardware, Software oder Firmware implementiert werden kann. So kann beispielsweise ein solches Modul durch eine Kombination von integrierten Schaltungen vollständig in Hardware implementiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann ein solches Merkmal oder eine solche Funktion ganz oder teilweise mit speziellen Computern implementiert werden, die für die Ausführung der hier beschriebenen Funktionen ausgelegt sind, und nicht mit Universalcomputern.

**[0088]** Mehrere verteilte Computervorrichtungen können durch eine der hier beschriebenen Computervorrichtungen ersetzt werden. In solchen verteilten Ausführungsformen sind die Funktionen der einen Rechenvorrichtung so verteilt (z.B. über ein Netzwerk), dass einige Funktionen auf jeder der verteilten Rechenvorrichtungen ausgeführt werden.

**[0089]** Einige Ausführungsformen können mit Bezug auf Gleichungen, Algorithmen und/oder Flussdiagrammdarstellungen beschrieben werden. Diese Verfahren können mit Hilfe von Computerprogrammanweisungen implementiert werden, die auf einem oder mehreren Computern ausführbar sind. Diese Verfahren können auch als Computerprogrammprodukte entweder separat oder als Bestandteil einer Vorrichtung oder eines Systems implementiert werden. In diesem Zusammenhang kann jede Gleichung, jeder Algorithmus, jeder Block oder Schritt eines Flussdiagramms und jede Kombination davon durch Hardware, Firmware und/oder Software implementiert werden, einschließlich einer oder mehrerer Computerprogrammanweisungen, die in einer computerlesbaren Programmcode logik enthalten sind. Wie erkannt werden wird, können solche Computerprogrammanweisungen auf einen oder mehrere Computer geladen werden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf einen Universalcomputer oder einen Spezialcomputer oder eine andere programmierbare Verarbeitungsvorrichtung zur Herstellung einer Maschine, so dass die Computerprogrammanweisungen, die auf dem Computer oder einer anderen programmierbaren Verarbeitungsvorrichtung ausgeführt werden, die in den Gleichungen, Algorithmen und/oder Flussdiagrammen angegebenen Funktionen implementieren. Es sei auch darauf hingewiesen, dass jede Gleichung, jeder Algorithmus und/oder Block in Flussdiagrammdarstellungen und Kombinationen davon durch spezielle hardwarebasierte Computersysteme

implementiert werden kann, die die spezifizierten Funktionen oder Schritte ausführen, oder Kombinationen von spezieller Hardware und computerlesbaren Programmcode logikmitteln.

**[0090]** Darüber hinaus können Computerprogrammanweisungen, wie sie in einer computerlesbaren Programmcode logik verkörpert sind, auch in einem computerlesbaren Speicher (z.B. einem nicht flüchtigen, computerlesbaren Medium) gespeichert werden, der einen oder mehrere Computer oder andere programmierbare Verarbeitungsvorrichtungen anweisen kann, in einer bestimmten Weise zu arbeiten, so dass die im computerlesbaren Speicher gespeicherten Anweisungen die im Block (in den Blöcken) des Flussdiagramms (der Flussdiagramme) angegebene(n) Funktion(en) implementieren. Die Computerprogrammanweisungen können auch auf einen oder mehrere Computer oder andere programmierbare Computervorrichtungen geladen werden, um eine Reihe von Betriebsschritten zu verursachen, die auf einem oder mehreren Computern oder anderen programmierbaren Computervorrichtungen ausgeführt werden, um einen computerimplementierten Prozess zu erzeugen, so dass die Anweisungen, die auf dem Computer oder einer anderen programmierbaren Verarbeitungsvorrichtung ausgeführt werden, Schritte zur Ausführung der in der/den Gleichung (en), dem/den Algorithmus(en) und/oder dem/den Block(Blöcken) des(der) Flussdiagramms(Flussdiagramme) angegebenen Funktionen vorsehen.

**[0091]** Einige oder alle der hier beschriebenen Verfahren und Aufgaben können von einem Computersystem ausgeführt und vollständig automatisiert werden. Das Computersystem kann in einigen Fällen mehrere verschiedene Computer oder Computergeräte (z.B. physische Server, Workstations, Speicher-Arrays usw.) beinhalten, die über ein Netzwerk kommunizieren und interagieren, um die beschriebenen Funktionen auszuführen. Jede dieser Computervorrichtungen beinhaltet typischerweise einen Prozessor (oder mehrere Prozessoren), der (die) Programmanweisungen oder Module ausführt (ausführen), die in einem Speicher oder einem anderen nicht-flüchtigen, computerlesbaren Speichermedium oder einer Vorrichtung gespeichert sind. Die verschiedenen hier offenbarten Funktionen können in solchen Programmanweisungen verkörpert sein, obwohl einige oder alle der offenbarten Funktionen alternativ in anwendungsspezifischen Schaltungen (z.B. ASICs oder FPGAs) des Computersystems implementiert sein können. Wenn das Computersystem mehrere Computergeräte beinhaltet, können diese Geräte, müssen aber nicht, gemeinsam angeordnet sein. Die Ergebnisse der offenbarten Verfahren und Aufgaben können permanent gespeichert werden, indem physikalische Speichervorrichtungen, wie beispielsweise Halbleiterspeicherchips und/oder Magnetplatten, in einen anderen Zustand versetzt werden.

**[0092]** Sofern der Kontext nicht eindeutig etwas anderes bedingt, sollen die Begriffe „umfassen“, „umfassend“, und dergleichen in einem integrativen Sinne ausgelegt werden, im Gegensatz zu einem exklusiven oder erschöpfenden Sinne; das heißt, im Sinne von „einschließend, aber nicht beschränkt auf“. Der Begriff „gekoppelt“, wie hier allgemein verwendet, bezieht sich auf zwei oder mehrere Elemente, die entweder direkt miteinander verbunden sind oder über ein oder mehrere Zwischenelemente verbunden sein können. Darüber hinaus beziehen sich die Begriffe „hier“, „oben“, „unten“ und Worte von ähnlicher Bedeutung, wenn sie in dieser Anmeldung verwendet werden, auf diese Anmeldung als Ganzes und nicht auf einen bestimmten Teil dieser Anmeldung. Wenn der Kontext es zulässt, können Wörter in der obigen Detailbeschreibung mit der Einzahl oder Mehrzahl auch die Mehrzahl oder Einzahl beinhalten. Das Wort „oder“ in Bezug auf eine Liste von zwei oder mehr Elementen deckt alle folgenden Interpretationen des Wortes deckt: eines der Elemente in der Liste, alle Elemente in der Liste und jede Kombination der Elemente in der Liste. Das Wort „beispielhaft“ wird hier ausschließlich verwendet, um „als Beispiel, Instanz oder Illustration dienend“ verstanden zu werden. Eine Implementierung, die hier als „beispielhaft“ beschrieben wird, ist nicht unbedingt als bevorzugt oder vorteilhaft gegenüber anderen Implementierungen zu verstehen.

**[0093]** Die Offenbarung ist nicht dafür gedacht, dass sie sich auf die hier dargestellten Implementierungen beschränkt. Verschiedene Änderungen an den in dieser Offenbarung beschriebenen Implementierungen können für Durchschnittsfachleute in dem technischen Gebiet leicht ersichtlich sein, und die hier definierten allgemeinen Grundsätze können auf andere Implementierungen angewendet werden, ohne von dem Grundgedanken oder dem Umfang dieser Offenbarung abzuweichen. Die Lehren der hier enthaltenen Erfindung können auf andere Verfahren und Systeme angewendet werden und sind nicht auf die oben beschriebenen Verfahren und Systeme beschränkt, und Elemente und Handlungen der verschiedenen oben beschriebenen Ausführungsformen können zu weiteren Ausführungsformen kombiniert werden. Dementsprechend können die hier beschriebenen neuen Verfahren und Systeme in einer Vielzahl anderer Ausbildungen verkörpert werden; ferner können verschiedene Auslassungen, Ersetzungen und Änderungen an der Ausbildung der hier beschriebenen Verfahren und Systeme vorgenommen werden, ohne vom Grundgedanken der Offenbarung abzuweichen.

**Patentansprüche**

1. Signalverstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) mit variabler Verstärkung, umfassend: eine erste Dämpfungsstufe (320; 420; 620) mit einer Vielzahl von Zweigen, von denen jeder eine Schalteranordnung (324a-c; S1-S3; Q1-Q6) und ein variables Dämpfungselement (326a-c; R1) beinhaltet, und mit einem gemeinsamen Ausgang (328; 628) und einem Eingang (322a-c; 622) für jeden Zweig, wobei die Schalteranordnung (324a-c; S1-S3; Q1-Q6) so ausgelegt ist, dass sie in einem ersten Schaltzustand einen Bypass-Pfad bereitstellt, der das jeweilige variable Dämpfungselement (326a-c; R1) umgeht, in einem zweiten Schaltzustand einen Pfad bereitstellt, der durch das jeweilige variable Dämpfungselement (326a-c; R1) führt, und in einem dritten Schaltzustand jedweden Signalpfad durch den jeweiligen Zweig verhindert; eine Verstärkungsstufe (330; 930a; 930b), die mit dem gemeinsamen Ausgang (328; 628) der ersten Dämpfungsstufe (320; 420; 620) gekoppelt ist, um einen gemultiplexten Ausgang bereitzustellen; und eine zweite Dämpfungsstufe (340; 540; 740), die dazu konfiguriert ist, den gemultiplexten Ausgang der Verstärkungsstufe (330; 930a; 930b) zu empfangen, um ein verstärktes Ausgangssignal bereitzustellen, um verschiedene gewünschte Eigenschaften über einem Bereich von Verstärkungsgraden aufrecht zu erhalten.
2. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach Anspruch 1, welcher dazu ausgelegt ist, verstärkte Ausgangssignale im Hochfrequenzbereich bereitzustellen.
3. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Dämpfungsstufe (320; 420; 620) dazu konfiguriert ist, den Bypass-Pfad in einem Modus mit hoher Verstärkung durch Einstellen der Schalteranordnung (324a-c; S1-S3; Q1-Q6) in den ersten Schaltzustand bereitzustellen.
4. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach Anspruch 3, wobei im Modus mit hoher Verstärkung ein Rauschfaktor (NF) des verstärkten Ausgangssignals nicht erhöht wird.
5. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste Dämpfungsstufe (320; 420; 620) dazu konfiguriert ist, den Pfad durch das jeweilige variable Dämpfungselement (326a-c; R1) in einem Modus mit niedriger Verstärkung durch Einstellen der Schalteranordnung (324a-c; S1-S3; Q1-Q6) in den zweiten Schaltzustand bereitzustellen.
6. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach Anspruch 5, wobei im Modus mit niedriger Verstärkung die variable Dämpfung des Dämpfungselementes (326a-c; R1) eine Linearität (IIP3) der Verstärkungsstufe (330; 930a; 930b) erhöht wird.
7. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Verstärker dazu konfiguriert ist, ein an einem bestimmten Eingang (322a-c; 622) empfangenes Signal unabhängig von der Dämpfung oder Verstärkung anderer an anderen Eingängen empfangener Signale zu dämpfen oder zu verstärken.
8. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, weiterhin mit einer Steuerschaltung (102), die dazu konfiguriert ist, Steuersignale an die erste Dämpfungsstufe (320; 420; 620), die Verstärkungsstufe (330; 930a; 930b) oder die zweite Dämpfungsstufe (340; 540; 740) zu senden.
9. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) nach Anspruch 8, wobei die Steuerschaltung (102) eine Steuerung beinhaltet, die dazu konfiguriert ist, ein Verstärkungssteuersignal in einem Modus mit hoher Verstärkung den Bypass-Pfad durch Einstellen der Schalteranordnung (324a-c; S1-S3; Q1-Q6) in den ersten Schaltzustand bereitzustellen.
10. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) mit variabler Verstärkung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die zweite Dämpfungsstufe (340; 540; 740) weiterhin dazu konfiguriert ist, einen Dämpfungspfad durch ein eingebettetes programmierbares Dämpfungsglied und einen Bypasspfad bereitzustellen.
11. Verstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) mit variabler Verstärkung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, weiterhin mit: einem Verteiler (350), der dazu konfiguriert ist, das verstärkte Ausgangssignal an einen einzelnen Eingang zu empfangen und eine Vielzahl von Ausgängen (318a-c) bereitzustellen.
12. Frontend-Architektur (1208), umfassend: einen Signalverstärker mit variabler Verstärkung (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) gemäß einem der

Ansprüche 1 bis 11;

eine Filteranordnung, die mit dem Signalverstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) mit variabler Verstärkung gekoppelt ist, um Frequenzbänder anzuweisen, Eingänge des Signalverstärkers (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) mit variabler Verstärkung auszuwählen; und  
eine Steuerung (102), die dazu eingerichtet ist, den Signalverstärker (310a; 310b; 410; 510; 910a; 910b) mit variabler Verstärkung zu steuern, um eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitzustellen.

13. Drahtlose Vorrichtung (1300), umfassend:

eine Diversitätsantenne (1370);  
eine mit der Diversitätsantenne (1370) gekoppelte Filteranordnung (1308) zum Empfangen von Signalen und zum Richten von Frequenzbändern entlang ausgewählter Pfade;  
einen Signalverstärker (1310b) mit variabler Verstärkung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, der mit der Filteranordnung (1308) gekoppelt ist; und  
eine Steuerung (1307), die dazu eingerichtet ist, den Signalverstärker (1310b) mit variabler Verstärkung zu steuern, um eine Vielzahl von Verstärkungsmoden bereitzustellen.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

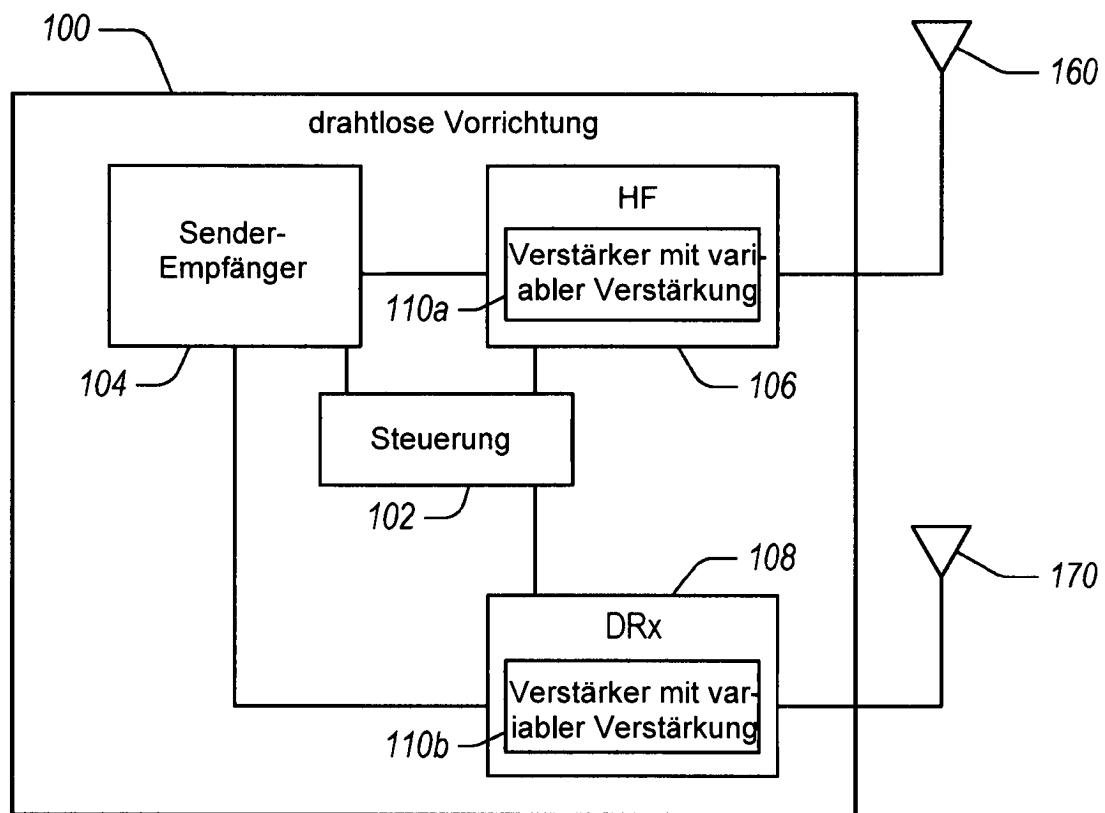


FIG. 1

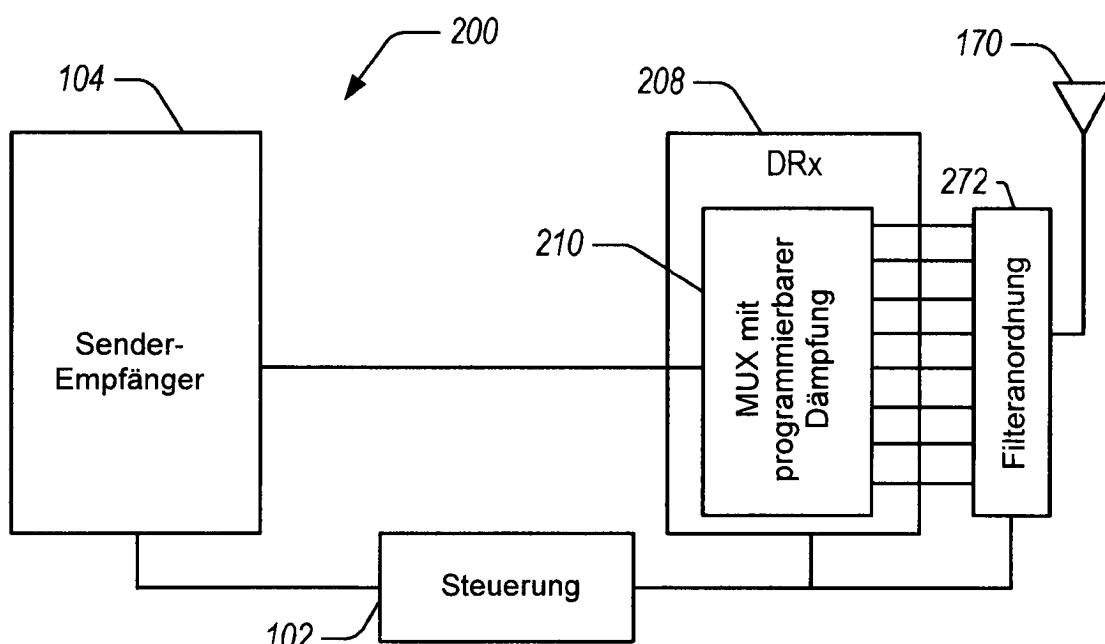


FIG. 2

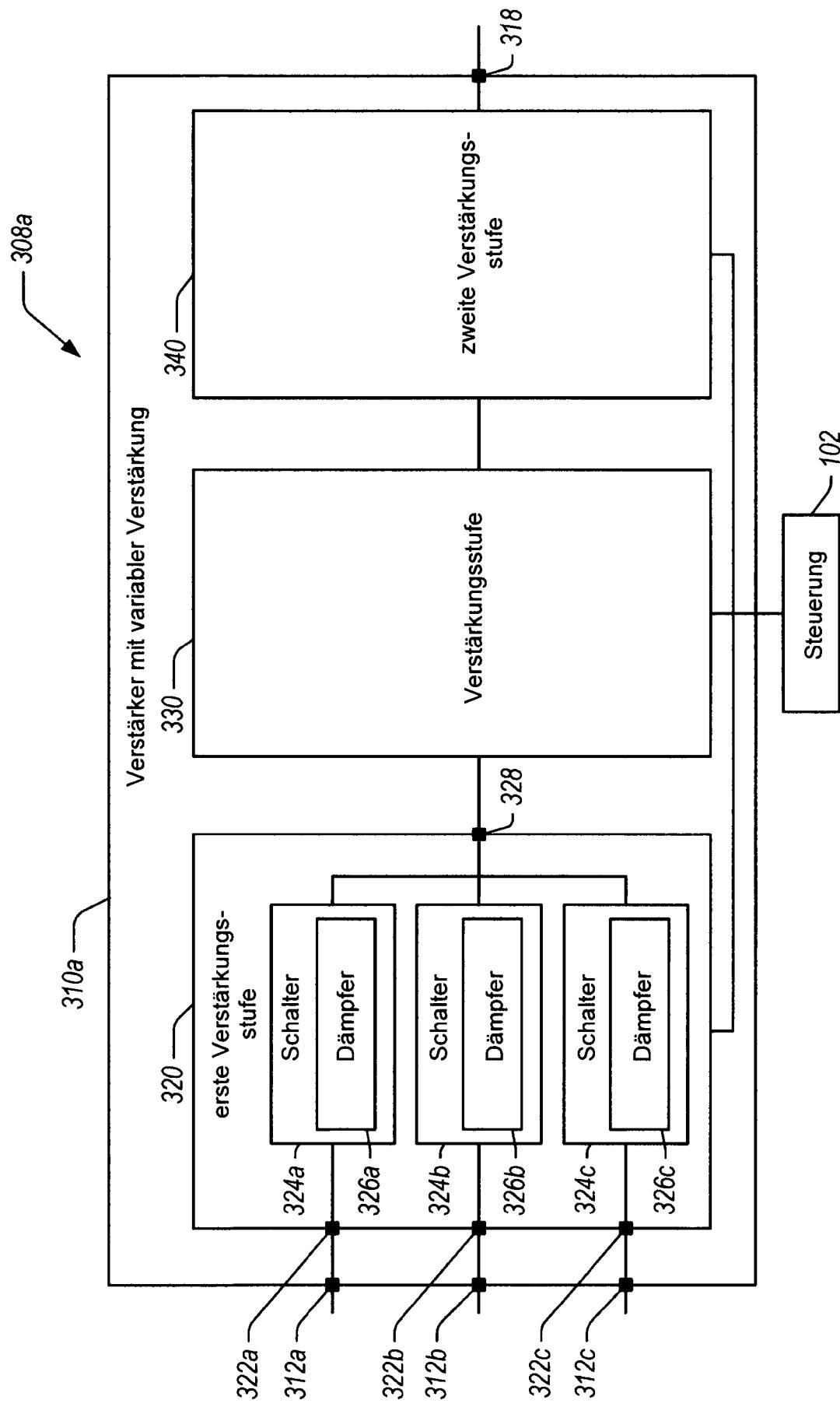


FIG. 3A

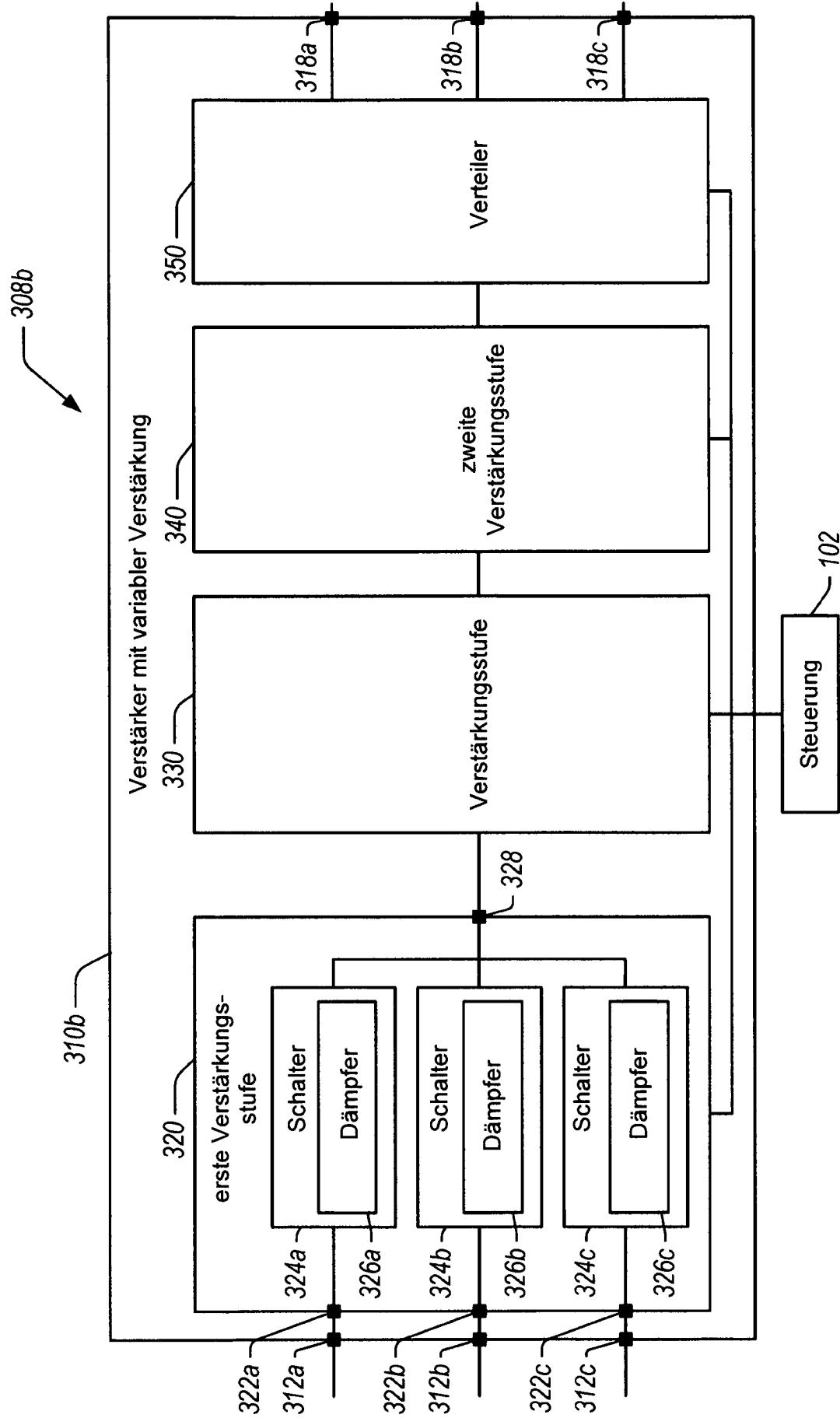
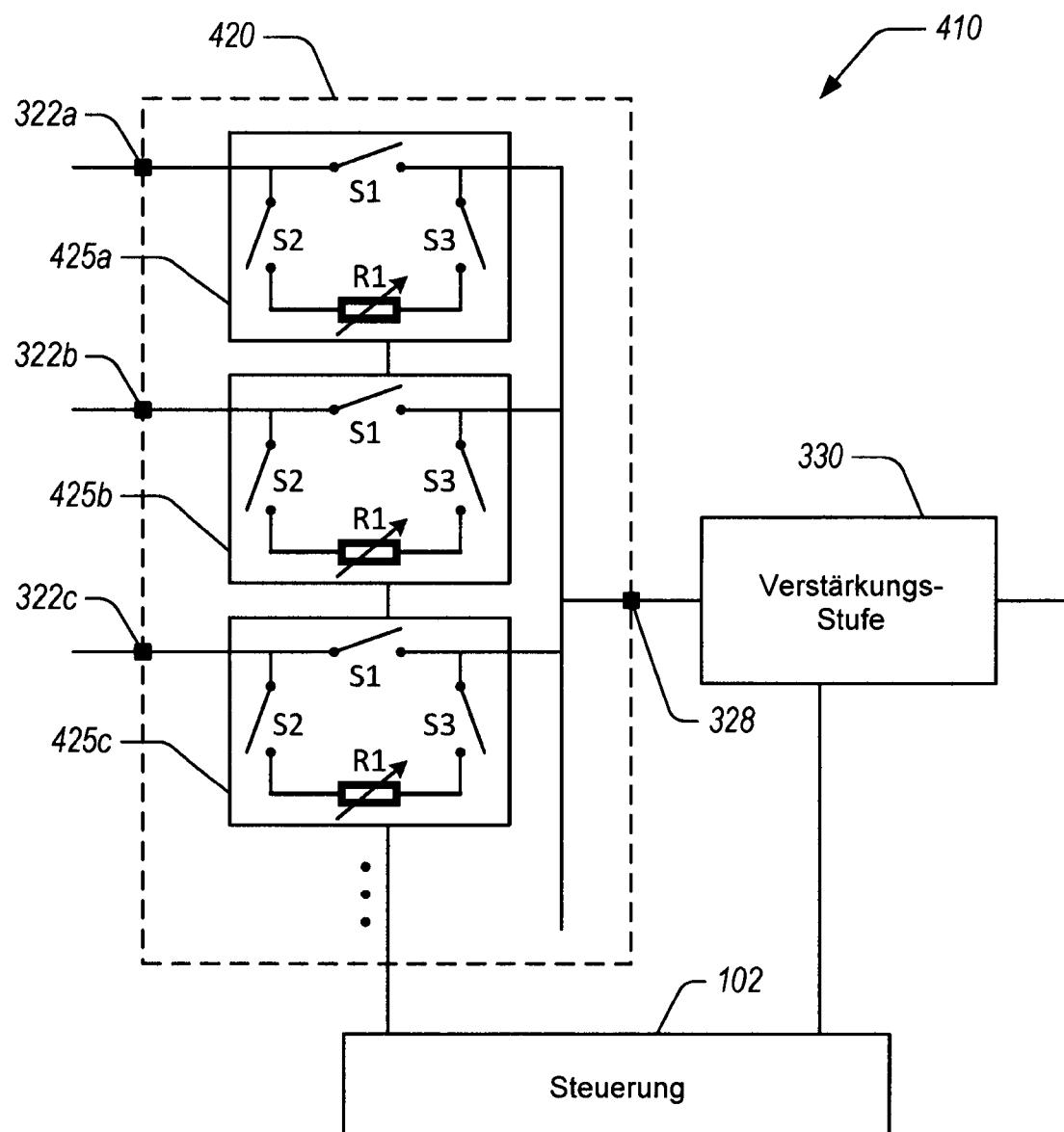


FIG. 3B

**FIG. 4**

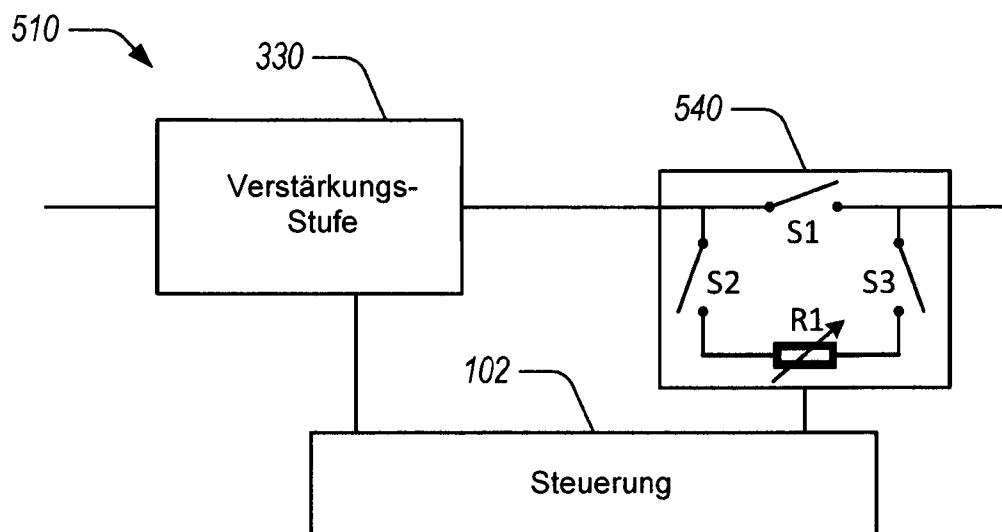


FIG. 5

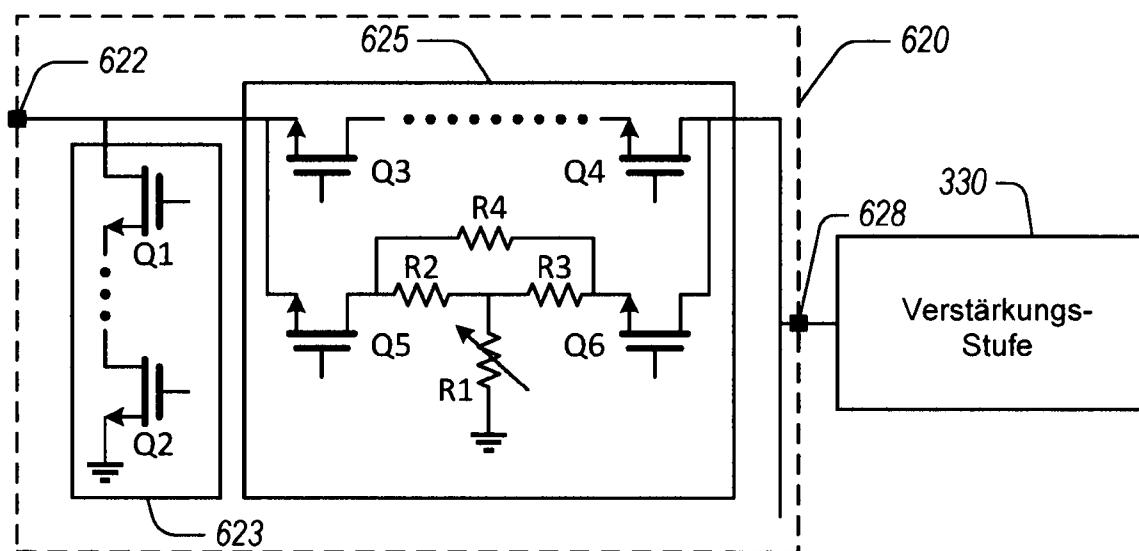


FIG. 6

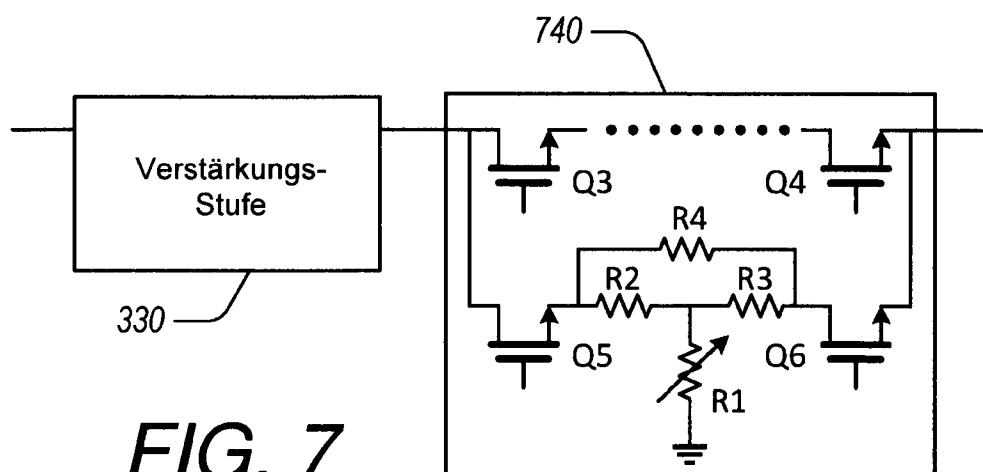


FIG. 7

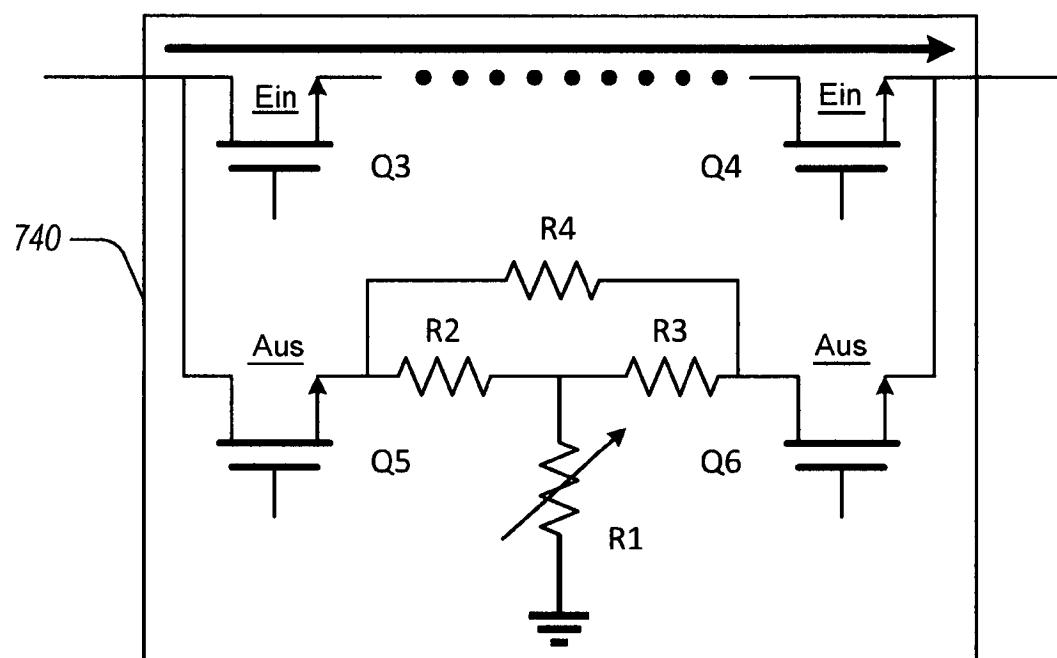


FIG. 8A

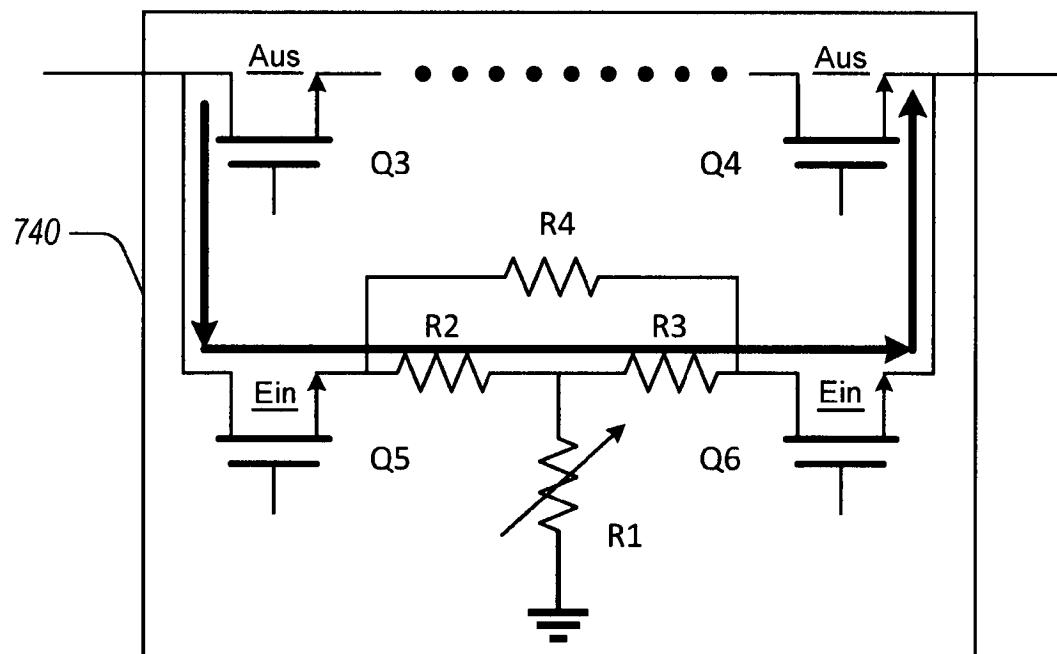


FIG. 8B

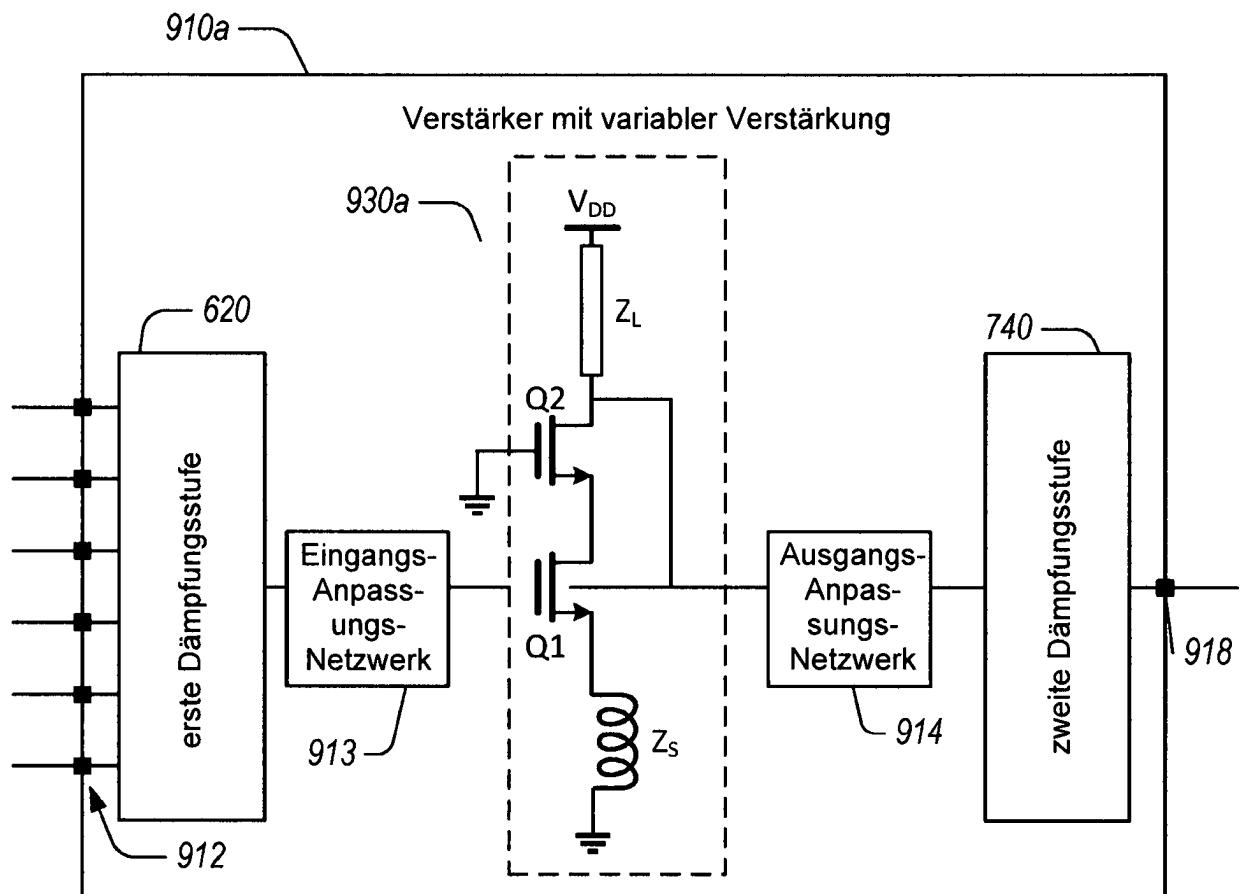


FIG. 9A

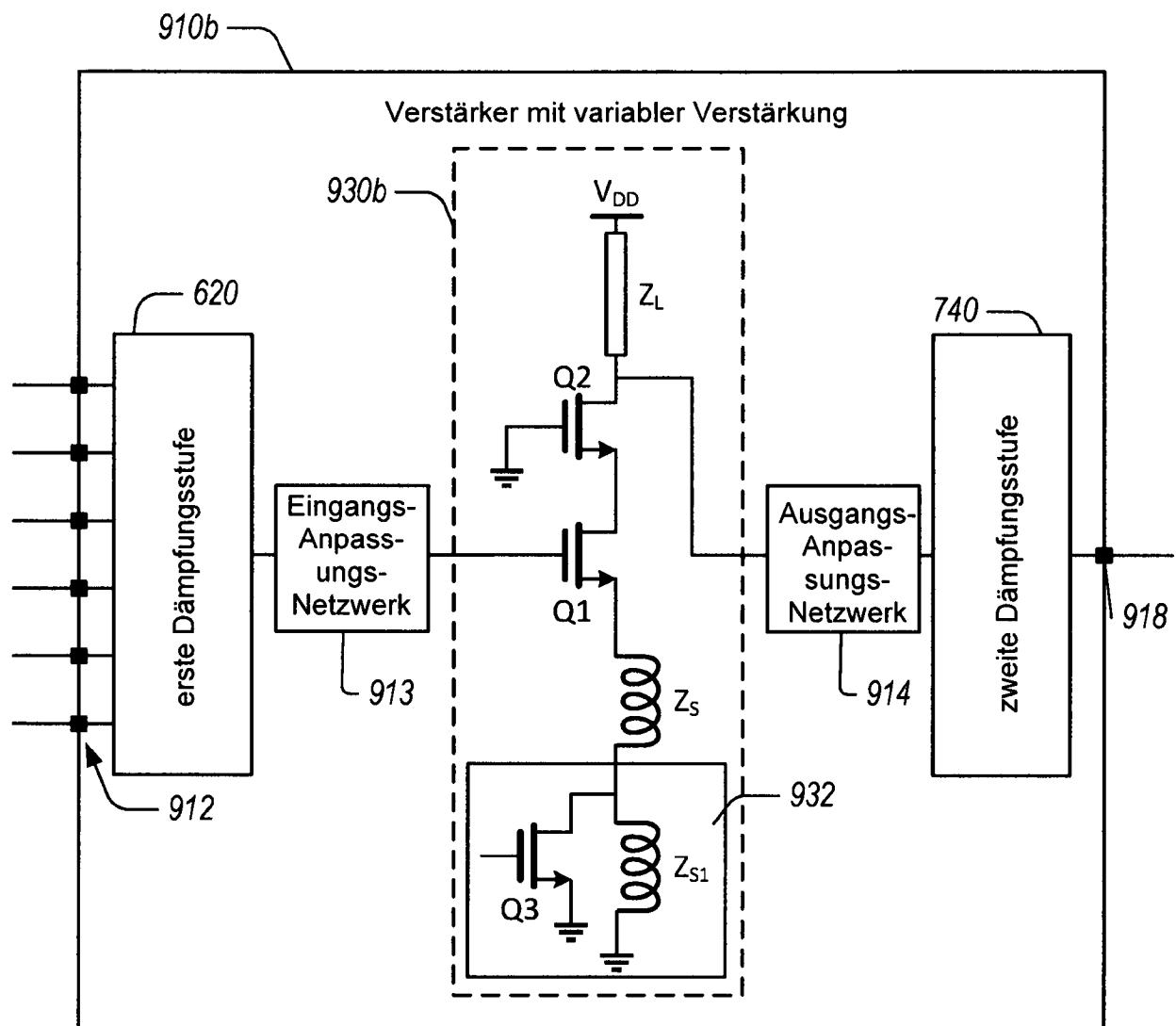


FIG. 9B

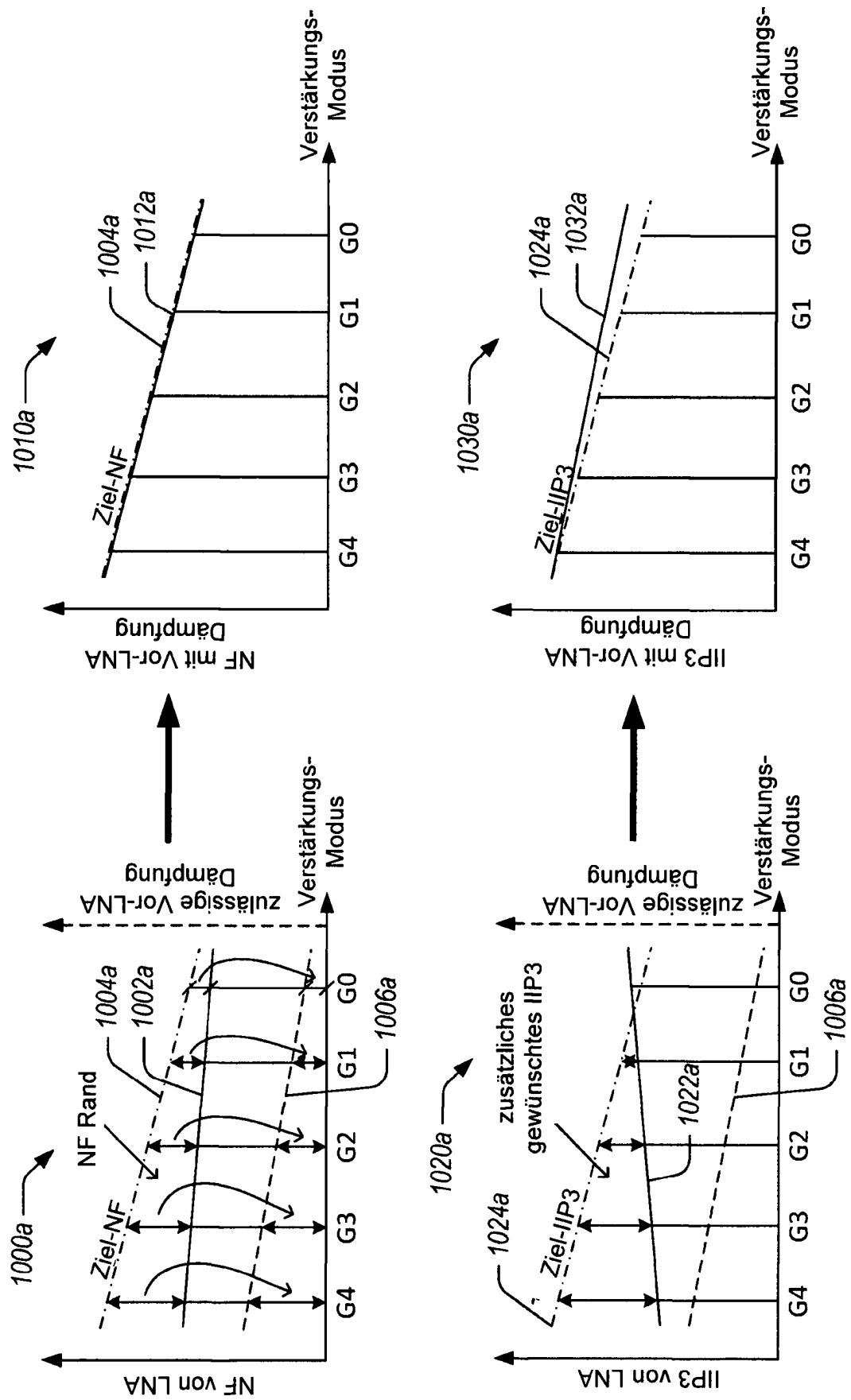


FIG. 10A

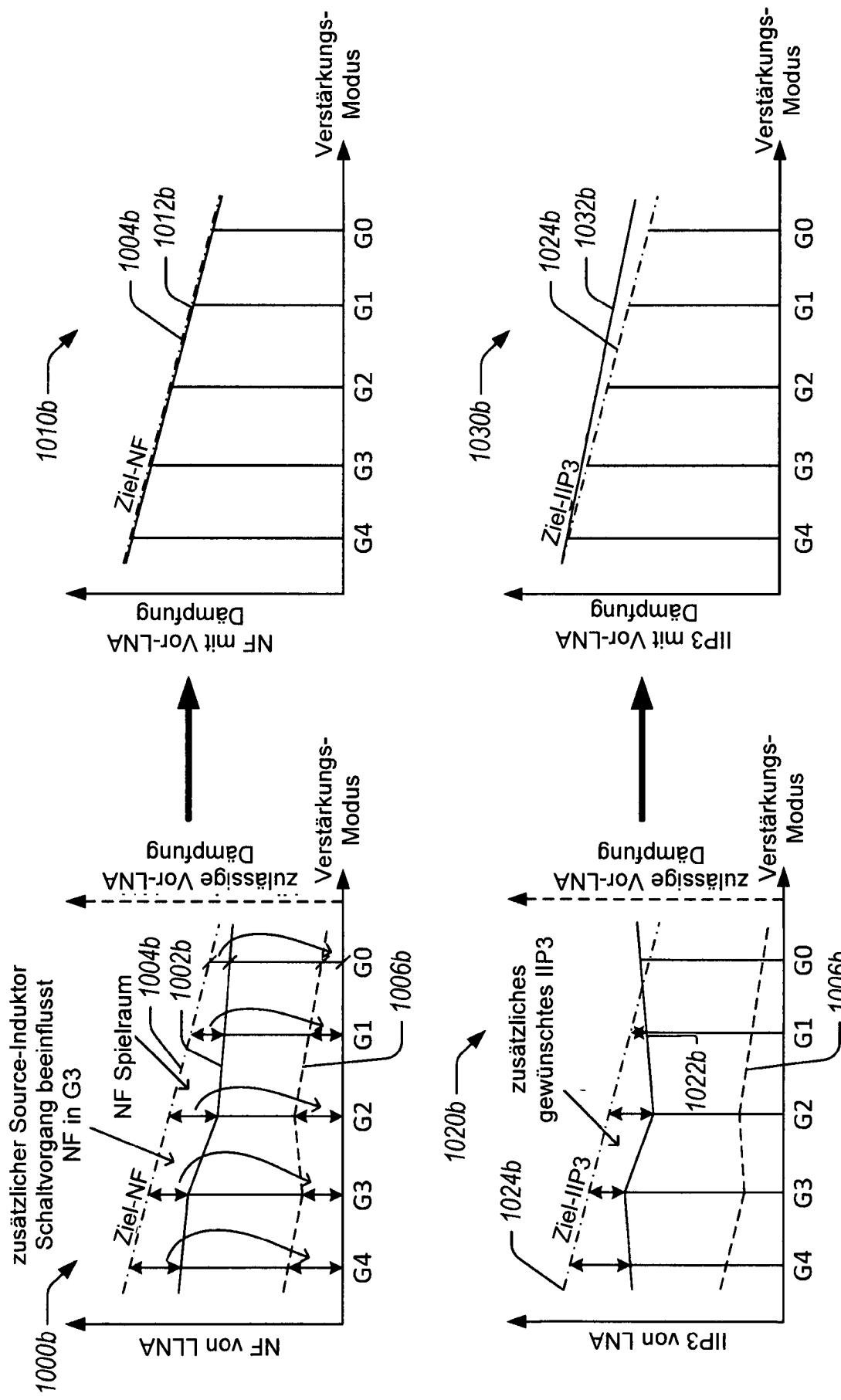


FIG. 10B

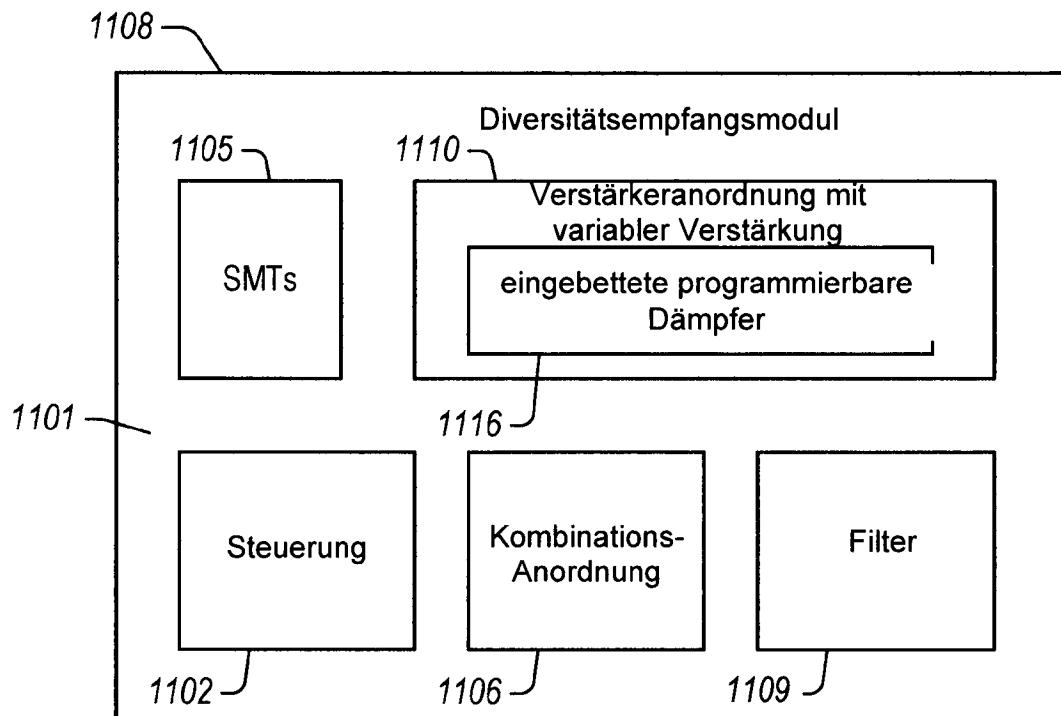


FIG. 11

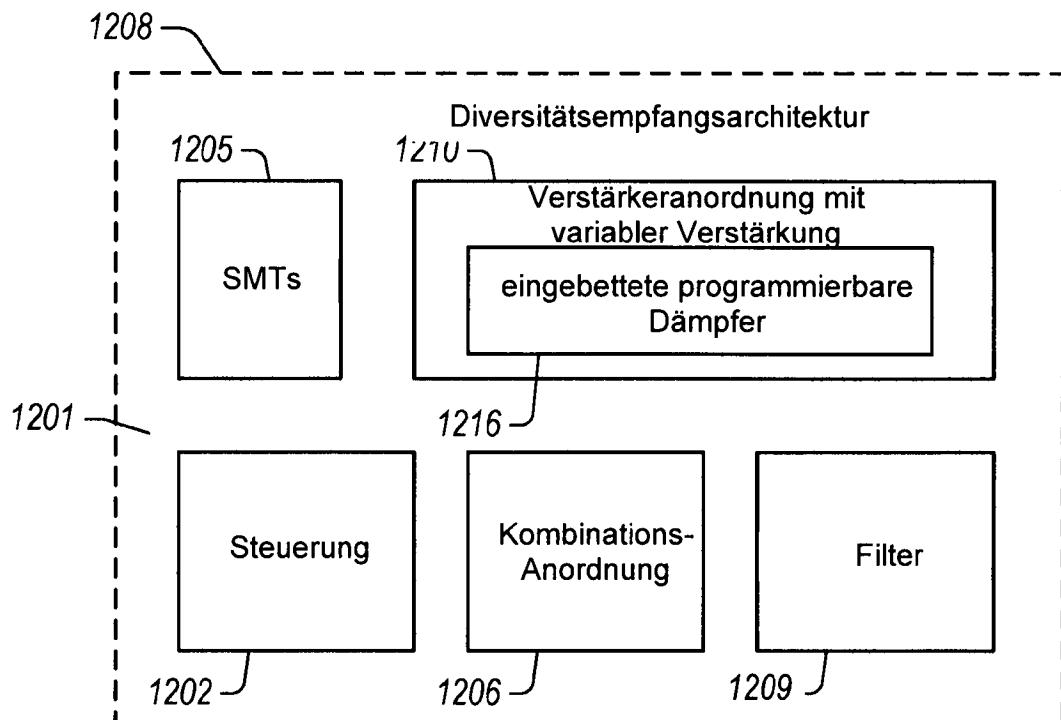


FIG. 12

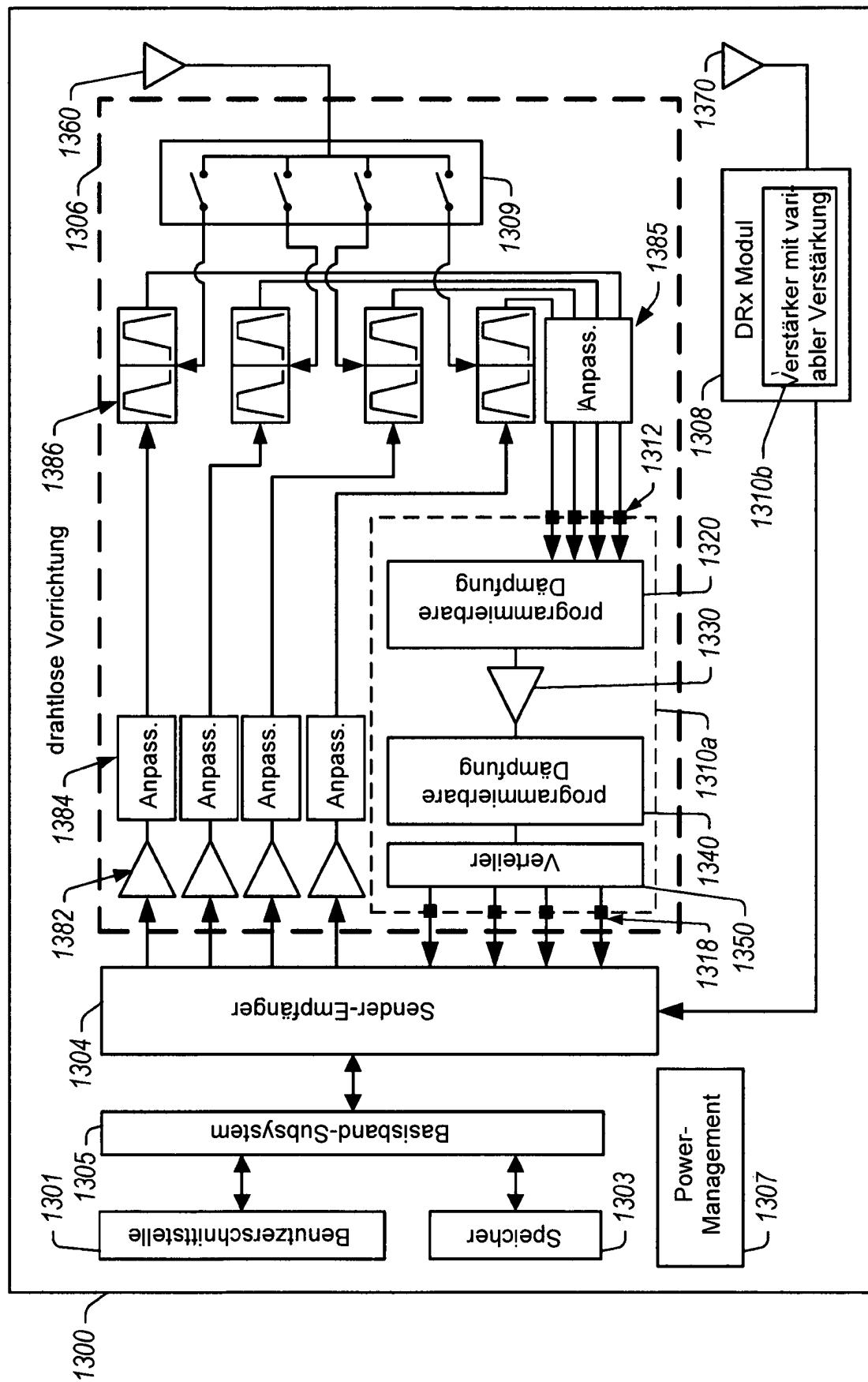


FIG. 13