



(11)

EP 4 005 024 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.12.2024 Patentblatt 2024/49

(21) Anmeldenummer: **20745179.0**

(22) Anmeldetag: **22.07.2020**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01Q 7/00 ^(2006.01) **H01Q 23/00** ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01Q 7/005; H01Q 23/00

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2020/070698

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2021/013895 (28.01.2021 Gazette 2021/04)

(54) **KOMMUNIKATIONSVORRICHTUNG MIT EINER MAGNETISCHEN ANTENNE**

COMMUNICATION DEVICE WITH A MAGNETIC ANTENNA

DISPOSITIF DE COMMUNICATION AVEC UNE ANTENNE MAGNÉTIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **23.07.2019 DE 102019210920**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.06.2022 Patentblatt 2022/22

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72) Erfinder:
• **ULBRICHT, Gerald**
91058 Erlangen (DE)
• **BERNHARD, Josef**
91058 Erlangen (DE)
• **JARRESCH, Alexej**
91058 Erlangen (DE)

- **ROHMER, Günter**
91058 Erlangen (DE)
- **OPPELT, Ralph**
91058 Erlangen (DE)
- **KILIAN, Gerd**
91058 Erlangen (DE)
- **KEPPELER, Martin**
91058 Erlangen (DE)
- **SCHLICHT, Michael**
91058 Erlangen (DE)

(74) Vertreter: **Schlenker, Julian et al**
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler
Zinkler, Schenk & Partner mbB
Patentanwälte
Radtkoferstraße 2
81373 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 236 087 **US-A- 5 483 688**
US-A1- 2007 091 006 **US-A1- 2014 197 832**
US-A1- 2016 028 375 **US-B1- 7 058 372**

EP 4 005 024 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf eine Kommunikationsvorrichtung mit einer magnetischen Antenne, und im speziellen, auf einen Teilnehmer oder eine Basisstation eines Kommunikationssystems mit einer magnetischen Antenne. Manche Ausführungsbeispiele beziehen sich auf einen Empfänger mit einer magnetischen Antenne.

[0002] Herkömmlicherweise werden, vor allem im Bereich der Sensorknoten, elektrische Antennen bzw. elektrisch kurze Antennen eingesetzt. Wird z.B. bei 868 MHz eine heute übliche elektrische Antenne verwendet, wird als $\frac{1}{2}$ Lambda Strahler eine Länge von etwa 15 cm benötigt. Werden kürzere Antennen eingesetzt, sinkt der Gewinn der Antenne. Weiterhin wird die Handhabbarkeit der Geräte mit Antennen eingeschränkt, da die verwendeten Antennen sich bei Annäherung an elektrisch leitende oder dielektrisch wirkende Gegenstände verstimmen und somit ihr Gewinn weiter sinkt. Damit gibt es Anforderungen an die Umgebung von z.B. Sensorknoten. Mit elektrischen Antennen ist es weiterhin nicht möglich, aus elektrisch abgeschirmten Umgebungen (Faraday'scher Käfig) heraus zu senden.

[0003] Ferner sind magnetische Antennen bekannt. Durch die hohe Güte sind magnetische Antennen aber sehr schmalbandig. Deshalb müssen magnetische Antennen z.B. bei Annäherung an metallische oder dielektrische Gegenstände auf die gewünschte Frequenz abgestimmt werden.

[0004] Wird eine magnetische Antenne in unmittelbarer Nähe zu Materialien betrieben, so können diese, je nach Materialeigenschaft (z.B. leitfähig, dielektrisch, isolierend), die Eigenschaften der Antenne positiv oder negativ beeinflussen. In der Regel werden die magnetischen Antennen durch die umgebenden Materialien verstimmt. D.h. die Resonanzabstimmung ist nicht mehr optimal auf der Betriebsfrequenz oder aber die Anpassung an den Speisewiderstand ist nicht mehr optimal. In der Regel wird beides beeinträchtigt, kann aber durch ein Nachstimmen der Antenne (z.B. durch Änderung des Resonanzkondensators oder Änderung der Ankopplung) korrigiert werden. Dazu ist jedoch ein Nutzereingriff notwendig sowie eine Messgröße mit der eine optimale Einstellung ermittelt werden kann.

[0005] Die US 7,058,372 B1 bezieht sich auf eine automatische Abstimmung einer resonanten Schleifenantenne, die beispielsweise für Telemetriesysteme zum Einsatz kommen kann, die im ISM (ISM = Industrial, Scientific and Medical) Band arbeiten. Die Schleifenantenne ist hierbei einfach unterbrochen und zur Abstimmung mit einer Kondensatorbank einer Abstimmungsschaltung verbunden, wobei die Abstimmungsschaltung eine Regelschleife enthält.

[0006] Die US 2016/028375 A1 bezieht sich auf die automatische Abstimmung einer Antenne eines LTE-Transceivers. Hierbei kommt eine sog. ESA Antenne (ESA= Electrically-Small Antennas) zum Einsatz, die sich dadurch auszeichnet, dass diese relative kleine Abmessungen im Vergleich zur Wellenlänge im freien Raum aufweist.

[0007] Die US 2007/091006 A1 beschreibt eine selbstabstimmende Antenne, die ihre Eingangsimpedanz automatisch anpasst, um extern induzierte Impedanzänderungen zu kompensieren. Eine variable Impedanz wird durch eine Steuerschaltung eingestellt, um die Eingangsimpedanz der Antenne neu zu konfigurieren, um unterschiedliche Umgebungssituationen und unterschiedliche Transponder-Fehlanpassungssituationen zu kompensieren. Ein negatives Rückkopplungssignal wird verwendet, um Impedanzfehlanspassungen zu bestimmen oder abzuleiten und die Antenneneingangsimpedanz neu zu konfigurieren, bis ein gewünschtes Gleichgewicht der Antenneneingangsimpedanz erreicht ist. Eine Referenzmessung wird automatisch von einer Antennenabstimmungsschaltung durchgeführt, die die Impedanzanpassungsschaltung der Antenne anpasst, um Objektinterferenzen zu kompensieren. Die Impedanzanpassungsschaltung der Antenne umfasst eine variable Kondensatorschaltung mit mehreren individuell gesteuerten Parallelplattenkondensatoren, die nach Bedarf zu der variablen Kondensatorschaltung hinzugefügt oder von ihr entfernt werden können.

[0008] Die US 5,483,688 A beschreibt eine automatische Abstimmung einer Antenne. Die Antennenabstimmung basiert hierbei auf einer aktuellen Funkempfangsfrequenz und auf früheren Antennenabstimmungszyklen, um einen Prädiktorwert festzulegen. Der Prädiktorwert legt einen Unterbereich der Antennenabstimmungsspannung fest, der höchstwahrscheinlich die optimale Antennenabstimmungsspannung enthält, aber ein kleinerer Bereich als der gesamte Antennenabstimmungsspannungsbereich ist. Der Unterbereich der Antennenabstimmungsspannung wird dann durchlaufen, während ein Signalstärkeindikator überwacht wird, um eine Antennenabstimmungsspannung zu identifizieren, die optimale Abstimmbedingungen bereitstellt.

[0009] Die US 2014/197832 A1 beschreibt eine Antenne, die für eine Anregung und/oder Erfassung einer Magnetresonanz in einem zu untersuchenden Objekt eingerichtet ist. Die Antenne umfasst eine Leiterschleife mit einem Innenleiter und einem primären Schirmleiter, die mindestens einen Wellenleiter bilden, wobei der primäre Schirmleiter durch mindestens einen Spalt unterbrochen ist, wobei ein sekundärer Schirmleiter, den primären Schirmleiter umgibt, wobei ein Dielektrikum zwischen dem primären Schirmleiter und dem sekundären Schirmleiter angeordnet und mindestens der mindestens eine Spalt durch den sekundären Schirmleiter abgedeckt ist, wobei der sekundären Schirmleiter mindestens zwei Schirmleiterabschnitte umfasst, die miteinander elektrisch leitend verbunden und relativ zueinander verschiebbar sind, so dass die Länge des sekundären Schirmleiters veränderlich ist.

[0010] Die DE 42 36 087 A1 beschreibt eine Rahmenantenne, die mit einem steuerbaren reaktiven Element gekoppelt ist, das eine variable Reaktanz hat, um die Antenne in einem Resonanzkreis auf die Frequenz eines gewünschten Signals im Frequenzbereich abzustimmen. Eine Antennen-Abstimmungsschaltung, die auf die Frequenz anspricht, auf welche

die Antenne abgestimmt wird, liefert ein Antennenabstimmungssignal an das steuerbare reaktive Element, um die Reaktanz dieses Elementes so zu steuern, dass die Antenne auf die Frequenz des gewünschten Signals abgestimmt bleibt. Das Antennenabstimmungssignal enthält drei Komponenten: Eine Frequenzannäherungskomponente, um die Antenne grob auf die Frequenz des gewünschten Signals abzustimmen, eine Fehlerkomponente zur Feinabstimmung der Antenne auf die Frequenz des gewünschten Signals und eine Zitterkomponente, um die Abstimmung der Antenne um die Frequenz des gewünschten Signals herum zu ändern. Die Spannung am Ausgang der Kompensatorschaltung beschreibt die prozentuale Änderung der empfangsseitigen Trägersignalstärke, wobei über den Multiplikator eine Kombination der Spannung V_{log} und dem Abstimmungszittersignal erfolgt, und daraus anschließend über den Integrator und den Signalsummierer und den Signalsummierer das Abstimmungssignal erzeugt wird.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die automatische Abstimmung einer magnetischen Antenne zu verbessern.

[0012] Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den abhängigen Patentansprüchen.

[0014] Ausführungsbeispiele schaffen eine Vorrichtung mit einer magnetischen Antenne und einer Abstimmungseinrichtung. Die magnetische Antenne weist eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement [z.B. Stellglied] zur Abstimmung der magnetischen Antenne auf. Die Abstimmungseinrichtung weist eine Regelschleife auf, die konfiguriert ist, um ein Abstimmungssignal [z.B. Stellgröße] zur Abstimmung der magnetischen Antenne bereitzustellen, und um das Abstimmelement mit dem Abstimmungssignal anzusteuern, um die magnetische Antenne abzustimmen. Die Vorrichtung ist hierbei konfiguriert, um die Regelschleife [z.B. Messglied und Regler] oder eine Komponente der Regelschleife [z.B. Messglied oder Regler] nur bei Bedarf [z.B. beim Senden eines Signals; z.B. kurz vor dem Senden des Signals bis kurz nach dem Senden des Signals oder bis erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne] von einem Ruhemodus [z.B. Energiesparmodus oder Power-Down-Modus] in einen normalen Betriebsmodus zu versetzen.

[0015] Bei Ausführungsbeispielen kann ein Schleifenumfang der einfach oder mehrfach unterbrochenen Schleife $1/2$ bis $1/10$ einer Wellenlänge des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals bzw. eines mit der magnetischen Antenne auszusendenden Sendesignals oder zu empfangenden Empfangssignals betragen. Beispielsweise kann die Wellenlänge kleiner gleich als $1,999$ m (z.B. bei Frequenzen größer gleich 149 MHz), oder kleiner gleich $0,749$ m (z.B. bei Frequenzen größer gleich 400 MHz), oder kleiner gleich $0,375$ m (z.B. bei Frequenzen größer gleich 800 MHz) sein.

[0016] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Frequenz des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals bzw. eines mit der magnetischen Antenne auszusendenden Sendesignals oder zu empfangenden Empfangssignals größer gleich 149 MHz, 400 MHz oder 800 MHz sein oder im Bereich von 149 MHz bis 930 MHz liegen.

[0017] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Frequenz des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals bzw. eines mit der magnetischen Antenne auszusendenden Sendesignals oder zu empfangenden Empfangssignals innerhalb eines ISM Bands (ISM = Industrial, Scientific and Medical Band) liegen, wie z.B. im Bereich von $149,995$ bis $150,005$ MHz, oder im Bereich von $433,05$ MHz bis $434,79$ MHz, oder im Bereich von 902 bis 928 MHz.

[0018] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne schmalbandig sein. So kann bei Ausführungsbeispielen die magnetische Antenne eine Güte von 20 bis 500 aufweisen. (Hinweis: Bei magnetischen Antennen wird die Bandbreite über die Güte definiert).

[0019] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um die Regelschleife oder die Komponente der Regelschleife nur

- während einer Aussendung eines Signals,
- von Beginn einer Aussendung eines Signals oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals bis zu einem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals, oder
- von Beginn einer Aussendung eines Signals oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne
- während einer Aussendung eines Signals [d.h. nach dem Beginn der Aussendung des Signals] bis zu dem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals

von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen.

[0020] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmungseinrichtung konfiguriert, um das Abstimmungssignal ansprechend auf einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne [z.B. ab oder kurz vor einem Wechsel der Regelschleife oder der Komponente der Regelschleife von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus] mittels eines Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0021] Bei Ausführungsbeispielen weist die Vorrichtung eine Sendeeinrichtung auf, die mit der magnetischen Antenne verbunden ist, wobei die Sendeeinrichtung konfiguriert ist, um ein Signal [z.B. Sendesignal und/oder Testsignal] mit der magnetischen Antenne auszusenden.

[0022] Bei Ausführungsbeispielen ist die Sendeeinrichtung konfiguriert, um zeitlich synchronisiert zu der Aussendung des Signals ein Aktivierungssignal bereitzustellen, wobei die Abstimmeinrichtung konfiguriert ist, um die Regelschleife oder eine Komponente der Regelschleife [z.B. einen Teil der Regelschleife; z.B. den Regler der Regelschleife] auf das Aktivierungssignal ansprechend von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen.

[0023] Bei Ausführungsbeispielen ist die Sendeeinrichtung konfiguriert, um das Aktivierungssignal nur

- während der Aussendung des Signals,
- von Beginn der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals bis zu einem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals,
- von Beginn der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne, oder
- während einer Aussendung des Signals [d.h. nach dem Beginn der Aussendung des Signals] bis zu dem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals

bereitzustellen.

[0024] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um das Abstimmssignal nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne [z.B. ab oder kurz vor einem Wechsel der Regelschleife oder der Komponente der Regelschleife von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus] mittels eines Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0025] Bei Ausführungsbeispielen ist das Halteglied ein Abtast-Halte-Glied oder ein Regelverstärker eines Reglers [z.B. I-, PI- oder PID-Reglers] der Regelschleife zusammen mit mindestens einer Kapazität dieses Reglers ist.

[0026] Bei Ausführungsbeispielen ist die Sendeeinrichtung konfiguriert, um ein Haltesignal bereit zu stellen, wobei die Abstimmeinrichtung konfiguriert ist, um das Abstimmssignal ansprechend auf das Haltesignal mittels des Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0027] Bei Ausführungsbeispielen weist die Abstimmeinrichtung eine Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] auf, wobei der Regler der Regelschleife in der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] implementiert ist.

[0028] Bei Ausführungsbeispielen ist die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert, um das Abstimmssignal [z.B. einen Wert des Abstimmssignals] nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0029] Beispielsweise kann die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert sein, um einen analogen Spannungswert [z.B. zur Ansteuerung einer variablen Kapazität [z.B. Kapazitätsdiode]] oder einen digitalen Wert [z.B. zur Ansteuerung einer schaltbaren Kapazität [z.B. einer Kondensatorbank oder digital steuerbarer Kondensatoren]] des Abstimmssignals zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0030] Bei Ausführungsbeispielen ist die Sendeeinrichtung konfiguriert, um ein Haltesignal bereit zu stellen, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um das Abstimmssignal [z.B. einen Wert des Abstimmssignals] ansprechend auf das Haltesignal zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0031] Bei Ausführungsbeispielen ist die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert, um ansprechend auf das Aktivierungssignal eine Regelung eines Wertes [z.B. eines (analogen) Spannungswerts oder eines digitalen Wertes] des Abstimmssignals ausgehend von einem Startwert zu beginnen.

[0032] Bei Ausführungsbeispielen ist die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert, um den Startwert in Abhängigkeit von einem in einem Speicher [z.B. Speicher der Steuereinheit oder externer Speicher [z.B. EEPROM]] hinterlegten Referenzwert zu ermitteln.

[0033] Bei Ausführungsbeispielen basiert der Referenzwert auf einem vorherigen Wert des Abstimmssignals, auf den das Abstimmssignal bei einer vorherigen Regelung hin geregelt wurde.

[0034] Bei Ausführungsbeispielen basiert der Referenzwert auf vorherigen Werten des Abstimmssignals, auf die das Abstimmssignal [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen hin geregelt wurde.

[0035] Beispielsweise kann der Startwert [z.B. im einfachsten Fall] gleich dem Wert sein, auf den das Abstimmssignal zuvor geregelt wurde oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] zuvor geregelt wurde.

[0036] Bei Ausführungsbeispielen basiert der Referenzwert auf einer Referenzmessung, mit der Fertigungstoleranzen der Vorrichtung ausgeglichen werden.

[0037] Bei Ausführungsbeispielen weist die Regelschleife mehrere Pfade auf, die unterschiedlich schnell regeln.

[0038] Bei Ausführungsbeispielen ist die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert, um den Startwert [z.B. den basierend auf dem Referenzwert ermittelten Startwert] in Abhängigkeit von zumindest einem aus

- einem Betriebsparameter der Sendeeinrichtung [z.B. Sendefrequenz, Sendeleistung, Frequenzsprungmuster],
- einem Umweltparameter der Vorrichtung oder in einer Umgebung der Vorrichtung [z. B. Temperatur, Druck, Geschwindigkeit], und
- einem Hardwareparameter der Vorrichtung [z.B. Fertigungstoleranzen, Alterung] zu ermitteln [z.B. anzupassen].

[0039] Bei Ausführungsbeispielen ist die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert, um den Startwert [z.B. den basierend auf dem Referenzwert ermittelten Startwert] in Abhängigkeit von einer Frequenz des Signals der Sendeeinrichtung zu ermitteln [z.B. anzupassen].

[0040] Beispielsweise kann die Sendeeinrichtung der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] die Frequenz des Signals (z.B. Sendesignals oder Empfangssignals) signalisieren, z.B. mittels eines Signalisierungssignals.

[0041] Bei Ausführungsbeispielen sind in dem Speicher [z.B. ein Speicher der Steuereinheit oder ein externer Speicher [z.B. EEPROM]] Referenzwerte [z.B. Referenzspannungen oder digitale Referenzwerte des Abstimmsignals oder davon abgeleitete oder in Beziehung stehende Werte] für unterschiedliche Referenzfrequenzen hinterlegt, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um in Abhängigkeit von einer Frequenz des Signals der Sendeeinrichtung den Startwert basierend auf zumindest einem der Referenzwerte zu ermitteln.

[0042] Beispielsweise können in dem Speicher der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz, ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz, ein dritter Referenzwert für eine dritte Frequenz, usw. hinterlegt sein. Der Startwert kann dann in Abhängigkeit von der Frequenz des Signals basierend auf dem Referenzwert der Referenzfrequenz, der der Frequenz des Signals entspricht oder am nächsten kommt, ermittelt werden, beispielsweise kann der Startwert gleich dem jeweiligen Referenzwert sein oder in Abhängigkeit eines Umweltparameters (z.B. Temperatur) und/oder eines Hardwareparameters (z.B. altersbedingter Drift) angepasst werden. Natürlich kann der Startwert auch basierend auf einer Interpolation oder Extrapolation zwischen zwei Referenzwerten ermittelt werden, beispielsweise wenn eine Frequenz des zu empfangenen Signals zwischen den Referenzfrequenzen zweier hinterlegter Referenzwerte liegt.

[0043] Beispielsweise kann die Sendeeinrichtung der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] die Frequenz des Signals (z.B. Sendesignals oder Empfangssignals) signalisieren, z.B. mittels eines Signalisierungssignals.

[0044] Bei Ausführungsbeispielen basieren die Referenzwerte auf jeweiligen Werten des Abstimmsignals, auf die das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals auf der jeweiligen Frequenz hin geregelt wurde.

[0045] Beispielsweise kann ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz auf dem Wert des Abstimmsignals basieren, auf den das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals auf der ersten Frequenz geregelt wurde, während ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz auf dem Wert des Abstimmsignals basieren kann, auf den das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals auf der zweiten Frequenz geregelt wurde.

[0046] Bei Ausführungsbeispielen sind die Referenzwerte jeweils mit einer zeitlichen Information versehen, die einen Rückschluss auf zumindest einem aus Erstellungszeitpunkt, Aktualisierungszeitpunkt, oder Alter zulässt, wobei Referenzwerte, dessen zeitlich Information einen vorgegebenen Wert erreichen, verworfen werden.

[0047] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um das Abstimmsignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit von einer Phasenlage eines in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals [z.B. Sendesignals oder Testsignals] bereitzustellen.

[0048] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um das Abstimmsignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals und einem Phasensignal bereitzustellen.

[0049] Bei Ausführungsbeispielen basiert das Phasensignal auf einem in zumindest einem Abschnitt der Schleife fließenden Strom.

[0050] Bei Ausführungsbeispielen basiert das Phasensignal auf einem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld.

[0051] Bei Ausführungsbeispielen ist das Phasensignal ein aus der magnetischen Antenne ausgekoppeltes Signal.

[0052] Bei Ausführungsbeispielen weist die Abstimmeinrichtung eine Koppelschleife auf, die konfiguriert ist, um ein Signal aus der magnetischen Antenne auszukoppeln, um das aus der magnetischen Antenne ausgekoppelte Signal zu erhalten.

[0053] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um das Abstimmelement mit dem Abstimmsignal anzusteuern, um eine Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals und dem Phasensignal auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0054] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um die Regelung der Phasendifferenz zwischen dem in die magnetische Antenne vorlaufenden Signal und dem Phasensignal auf den vorgegebenen Sollwert hin unter Verwendung der Regelschleife zu bewirken.

[0055] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um vor dem Empfang eines Empfangssignals mit der magnetischen Antenne ein Signal zu senden, um die magnetische Antenne abzustimmen.

[0056] Bei Ausführungsbeispielen ist das gesendete Signal ein Nutzdaten aufweisendes Sendesignal, das dem Empfang des Empfangssignals vorausgeht.

[0057] Bei Ausführungsbeispielen ist das gesendete Signal ein Testsignal, das vor dem Empfang des Empfangssignals gesendet wird, um die magnetische Antenne abzustimmen.

[0058] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmereinrichtung konfiguriert, um die magnetische Antenne leistungsgepasst abzustimmen.

[0059] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmereinrichtung konfiguriert, um die magnetische Antenne rauschangepasst abzustimmen.

5 **[0060]** Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmereinrichtung konfiguriert, um die magnetische Antenne für den Empfang des Empfangssignals so abzustimmen, dass Störsignale unterdrückt werden.

[0061] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um die Regelschleife oder die Komponente der Regelschleife nur

- 10 - während der Aussendung des Signals,
- von Beginn der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals bis zu einem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals,
- von Beginn einer Aussendung eines Signals oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne, oder
- 15 - während einer Aussendung des Signals [d.h. nach dem Beginn der Aussendung des Signals] bis zu dem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals

von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen,

20 **[0062]** Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmereinrichtung konfiguriert, um das Abstimmungssignal ansprechend auf einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne [z.B. ab oder kurz vor dem Wechsel der Regelschleife oder der Komponente der Regelschleife von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus] mittels eines Halteglieds zumindest bis zum Ende des Empfangs des Empfangssignals zu halten und weiterhin bereitzustellen.

25 **[0063]** Bei Ausführungsbeispielen weist die Vorrichtung eine Sende-/Empfangseinrichtung auf, die mit der magnetischen Antenne verbunden ist, wobei die Sende-/Empfangseinrichtung konfiguriert ist, um das Signal [z.B. Sendesignal und/oder Testsignal] mit der magnetischen Antenne auszusenden, wobei die Sende-/Empfangseinrichtung konfiguriert ist, um das Empfangssignal mit der magnetischen Antenne zu empfangen.

30 **[0064]** Bei Ausführungsbeispielen ist die Sende-/Empfangseinrichtung konfiguriert, um zeitlich synchronisiert zu der Aussendung des Signals ein Aktivierungssignal bereitzustellen, wobei die Abstimmereinrichtung konfiguriert ist, um die Regelschleife oder eine Komponente der Regelschleife [z.B. den Regler der Regelschleife] ansprechend auf das Aktivierungssignal von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen.

[0065] Bei Ausführungsbeispielen ist die Sende-/Empfangseinrichtung konfiguriert, um nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne ein Haltesignal zumindest bis zum Ende des Empfangs des Empfangssignals bereit zu stellen, wobei die Abstimmereinrichtung konfiguriert ist, um das Abstimmungssignal ansprechend auf das Haltesignal mittels des Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

35 **[0066]** Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung [z.B. die Sende-/Empfangseinrichtung] konfiguriert, um das Testsignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne zyklisch zwischen Empfangszyklen des Empfangssignals zu senden.

[0067] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung [z.B. die Sende-/Empfangseinrichtung] konfiguriert, um Zeitpunkte des Sendens des Testsignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne an ein Sprungmuster des Empfangssignals anzupassen.

40 **[0068]** Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung [z.B. die Sende-/Empfangseinrichtung] konfiguriert, um Zeitpunkte des Sendens des Testsignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne an veränderliche Umgebungsbedingungen anzupassen.

[0069] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung [z.B. die Sende-/Empfangseinrichtung] konfiguriert, um eine Rate des Sendens des Testsignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne dynamisch an Veränderungen der Umgebungsbedingungen anzupassen.

45 **[0070]** Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung [z.B. die Sende-/Empfangseinrichtung] konfiguriert, um vor einem Empfang des Empfangssignals auf einer anderen Frequenz ein Signal [z.B. Sendesignal oder Testsignal] mit der magnetischen Antenne auf der anderen Frequenz zu senden, um die magnetische Antenne auf die andere Frequenz abzustimmen.

50 **[0071]** Bei Ausführungsbeispielen weist die Sende-/Empfangseinrichtung eine Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] auf, wobei der Regler der Regelschleife in der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] implementiert ist, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] einen Speicher aufweist oder mit einem Speicher verbunden ist, wobei in dem Speicher Referenzwerte [z.B. Referenzspannungen oder digitale Referenzwerte des Abstimmungssignals oder davon abgeleitete oder in Beziehung stehende Werte] für unterschiedliche Referenzfrequenzen hinterlegt sind, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um in Abhängigkeit von einer Frequenz des Empfangssignals einen Abstimmungswert des Abstimmungssignals basierend auf zumindest einem der Referenzwerte zu ermitteln, und um das Abstimmungssignal mit dem ermittelten Abstimmungswert bereitzustellen, um die magnetische Antenne für den Empfang des Empfangssignals auf der Frequenz abzustimmen.

[0072] Beispielsweise können in dem Speicher der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz, ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz, ein dritter Referenzwert für eine dritte Frequenz, usw. hinterlegt sein. Zum Empfang eines Empfangssignals auf einer jeweiligen Frequenz (z.B. der zweiten Frequenz) kann zur Abstimmung der magnetischen Antenne ein Abstimmsignal mit einem Abstimmwert bereitgestellt werden, der auf dem Referenzwert für die jeweilige Frequenz (z.B. zweiter Referenzwert für die zweite Frequenz) basiert, beispielsweise gleich dem Referenzwert ist oder in Abhängigkeit eines Umweltparameters (z.B. Temperatur oder bewegliche Objekte, die die Antenne beeinflussen) und/oder eines Hardwareparameters (z.B. altersbedingter Drift) angepasst wird. Natürlich kann der Abstimmwert des Abstimmsignals auch basierend auf einer Interpolation zwischen zwei Referenzwerten ermittelt werden, beispielsweise wenn eine Frequenz des zu empfangenen Empfangssignals zwischen den Referenzfrequenzen zweier hinterlegter Referenzwerte liegt.

[0073] Beispielsweise kann die Sendeeinrichtung der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] die Frequenz des Empfangssignals signalisieren, z.B. mittels eines Signalisierungssignals.

[0074] Bei Ausführungsbeispielen basieren die Referenzwerte auf jeweiligen Werten des Abstimmsignals, auf die das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals auf der jeweiligen Referenzfrequenz hin geregelt wurde.

[0075] Beispielsweise kann ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz auf dem Wert des Abstimmsignals basieren, auf den das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals auf der ersten Frequenz geregelt wurde, während ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz auf dem Wert des Abstimmsignals basieren kann, auf den das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals auf der zweiten Frequenz geregelt wurde.]

[0076] Bei Ausführungsbeispielen weist die Sende-/Empfangseinrichtung eine Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] auf, wobei der Regler der Regelschleife in der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] implementiert ist, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] einen Speicher aufweist oder mit einem Speicher verbunden ist, wobei in dem Speicher zumindest ein Referenzwert [z.B. zumindest eine Referenzspannung oder zumindest ein digitaler Referenzwert des Abstimmsignals oder davon abgeleitete oder in Beziehung stehende Werte] für zumindest eine Referenzfrequenz hinterlegt ist, wobei eine Frequenz des Empfangssignals und die zumindest eine Referenzfrequenz in unterschiedlichen Frequenzbändern liegen, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um einen Abstimmwert des Abstimmsignals in Abhängigkeit von der Frequenz des zu empfangenen Empfangssignals von zumindest einem der zumindest einen Referenzwerte unter Berücksichtigung der jeweiligen Referenzfrequenz abzuleiten [z.B. durch Interpolation], und um das Abstimmsignal mit dem ermittelten Abstimmwert bereitzustellen, um die magnetische Antenne für den Empfang des Empfangssignals auf der Frequenz abzustimmen.

[0077] Bei Ausführungsbeispielen basiert der zumindest eine Referenzwert auf einem jeweiligen Wert des Abstimmsignals, auf den das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung oder [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals auf der jeweiligen Referenzfrequenz hin geregelt wurde.

[0078] Bei Ausführungsbeispielen sind in dem Speicher [z.B. Speicher der Steuereinheit oder externer Speicher [z.B. EEPROM]] mehrere Referenzwerte für mehrere Referenzfrequenzen hinterlegt, wobei die Frequenz des Empfangssignals und die mehreren Referenzfrequenzen in unterschiedlichen Frequenzbändern liegen, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um den Abstimmwert des Abstimmsignals von dem zumindest einem Referenzwert in Abhängigkeit von der Frequenz des zu empfangenen Empfangssignals von zumindest zwei Referenzwerten unter Berücksichtigung der jeweiligen Referenzfrequenzen durch Interpolation abzuleiten.

[0079] Bei Ausführungsbeispielen weist die Antennenanordnung eine Koppelschleife auf, die mit der magnetischen Antenne gekoppelt ist, wobei die Vorrichtung konfiguriert ist, um das Signal mit der Koppelschleife zu senden, um die magnetische Antenne abzustimmen.

[0080] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um das Abstimmsignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen dem in die Koppelschleife vorlaufenden Signal und einem Phasensignal bereitzustellen, wobei das Phasensignal ein mittels der magnetischen Antenne aus der Koppelschleife ausgekoppeltes Signal ist.

[0081] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um das Abstimmelement mit dem Abstimmsignal anzusteuern, um eine Phasendifferenz zwischen dem in die Koppelschleife vorlaufenden Signal und dem Phasensignal auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0082] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um die Regelung der Phasendifferenz zwischen dem in die Koppelschleife vorlaufenden Signal und dem Phasensignal auf den vorgegebenen Sollwert hin unter Verwendung der Regelschleife zu bewirken.

[0083] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um das Signal mit der magnetischen Antenne zu senden, um die magnetische Antenne abzustimmen, wobei die Vorrichtung konfiguriert ist, um das Signal mit reduzierter Sendeleistung zu senden.

[0084] Bei Ausführungsbeispielen weist die Antennenanordnung einen Verstärker auf, um das mittels der Koppelschleife aus der magnetischen Antenne ausgekoppelte Signal zu verstärken.

[0085] Bei Ausführungsbeispielen ist das Empfangssignal ein frequenzsprungbasiertes oder breitbandiges Signal, wobei die Vorrichtung konfiguriert ist, um für den Empfang des Empfangssignals mit der magnetischen Antenne eine Güte der magnetischen Antenne zu reduzieren.

[0086] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert ist, um die Güte der magnetischen Antenne mittels

- einer Zuschaltung eines Widerstands in die Schleife der magnetischen Antenne, oder
- eines steuerbaren Widerstands in der Schleife der magnetischen Antenne zu reduzieren;

[0087] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um die magnetische Antenne nicht ideal anzupassen, so dass sich die Anpassung der magnetischen Antenne über die Frequenz weniger ändert als bei einer idealen Anpassung.

[0088] Bei Ausführungsbeispielen weist die Abstimmereinrichtung eine Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] auf, wobei der Regler in der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] implementiert ist, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um eine Regelung eines Wertes [z.B. eines (analogen) Spannungswerts oder eines digitalen Wertes] des Abstimmsignals ausgehend von einem Startwert zu beginnen, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um den Startwert in Abhängigkeit von einem in einem Speicher [z.B. Speicher der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] oder externer Speicher [z.B. EEPROM]] hinterlegten Referenzwert zu ermitteln, wobei der Referenzwert auf einem vorherigen Wert des Abstimmsignals basiert, auf den das Abstimmsignal beim Senden eines Signals auf einer Frequenz, die einer Mitte eines Bandes entspricht, in dem das Empfangssignal übertragen wird, bei einer vorherigen Regelung hin geregelt wurde.

[0089] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung ausgebildet, um Daten basierend auf einem Zeit- und/oder Frequenzsprungverfahren zu senden und/oder zu empfangen.

[0090] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um im ISM Band zu kommunizieren.

[0091] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung ein Teilnehmer eines Kommunikationssystems.

[0092] Bei Ausführungsbeispielen ist der Teilnehmer ein Sensorknoten.

[0093] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung eine Basisstation eines Kommunikationssystems.

[0094] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen eine Vorrichtung mit einer magnetischen Antenne, einer Empfangseinrichtung und einer Abstimmereinrichtung. Die magnetische Antenne weist eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement [z.B. Stellglied] zur Abstimmung der magnetischen Antenne auf. Die Empfangseinrichtung ist mit der magnetischen Antenne verbunden, wobei die Empfangseinrichtung konfiguriert ist, um ein Empfangssignal mit der magnetischen Antenne zu empfangen. Die Abstimmereinrichtung weist eine Regelschleife auf, die konfiguriert ist, um ein Abstimmsignal [z.B. Stellgröße] zur Abstimmung der magnetischen Antenne bereitzustellen, und um das Abstimmelement mit dem Abstimmsignal anzusteuern, um die magnetische Antenne abzustimmen, wobei die Abstimmereinrichtung konfiguriert ist, um das Abstimmsignal oder ein Eingangssignal eines Reglers der Regelschleife mit einem Hilfssignal [z.B. Wobbsignal] zu beaufschlagen, wobei das Hilfssignal zyklisch [z.B. zwischen zwei einstellbaren Endwerten] variiert, wobei die Abstimmereinrichtung konfiguriert ist, um einen Wert des Abstimmsignals in Abhängigkeit von einer Beziehung zwischen einem Wert des Hilfssignals und einem Empfangsparameter anzupassen.

[0095] Bei Ausführungsbeispielen kann ein Schleifenumfang der einfach oder mehrfach unterbrochenen Schleife 1/2 bis 1/10 einer Wellenlänge des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals bzw. eines mit der magnetischen Antenne auszusendenden Sendesignals oder zu empfangenden Empfangssignals betragen. Beispielsweise kann die Wellenlänge kleiner gleich als 1,999 m (z.B. bei Frequenzen größer gleich 149 MHz), oder kleiner gleich 0,749 m (z.B. bei Frequenzen größer gleich 400 MHz), oder kleiner gleich 0,375 m (z.B. bei Frequenzen größer gleich 800 MHz) sein.

[0096] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Frequenz des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals bzw. eines mit der magnetischen Antenne auszusendenden Sendesignals oder zu empfangenden Empfangssignals größer gleich 149 MHz, 400 MHz oder 800 MHz sein oder im Bereich von 149 MHz bis 930 MHz liegen.

[0097] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Frequenz des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals bzw. eines mit der magnetischen Antenne auszusendenden Sendesignals oder zu empfangenden Empfangssignals innerhalb eines ISM Bands (ISM = Industrial, Scientific and Medical Band) liegen, wie z.B. im Bereich von 149,995 bis 150,005 MHz, oder im Bereich von 433,05 MHz bis 434,79 MHz, oder im Bereich von 902 bis 928 MHz.

[0098] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne schmalbandig sein. So kann bei Ausführungsbeispielen die magnetische Antenne eine Güte von 20 bis 500 aufweisen. (Hinweis: Bei magnetischen Antennen wird die Bandbreite über die Güte definiert).

[0099] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmereinrichtung konfiguriert, um das Hilfssignal und ein Empfangsparametersignal, das einen Verlauf des Empfangsparameters beschreibt, zu kombinieren, um ein kombiniertes Signal zu erhalten.

[0100] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmereinrichtung konfiguriert, um einen Wert des Abstimmsignals anzu-

passen, um die Resonanzfrequenz der magnetischen Antenne auf einen vorgegebenen Wert hin zu regeln.

[0101] Bei Ausführungsbeispielen ist der Regler der Regelschleife konfiguriert, um das Abstimmsignal in Abhängigkeit von dem kombinierten Signal oder einer gefilterten Version des kombinierten Signals bereitzustellen.

[0102] Bei Ausführungsbeispielen ist der Empfangsparameter eine Empfangsleistung oder Empfangsqualität.

[0103] Bei Ausführungsbeispielen weist die Abstimmeinrichtung eine Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] auf, wobei ein Regler der Regelschleife in der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] implementiert ist, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um eine Regelung eines Wertes [z.B. eines (analogen) Spannungswerts oder eines digitalen Wertes] des Abstimmsignals ausgehend von einem Startwert zu beginnen.

[0104] Bei Ausführungsbeispielen ist die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert, um den Startwert in Abhängigkeit von einem in einem Speicher [z.B. Speicher der Steuereinheit oder externer Speicher [z.B. EEPROM]] hinterlegten Referenzwert zu ermitteln.

[0105] Bei Ausführungsbeispielen basiert der Referenzwert auf einem vorherigen Wert des Abstimmsignals, auf den das Abstimmsignal bei einer vorherigen Regelung hin geregelt wurde.

[0106] Bei Ausführungsbeispielen basiert der Referenzwert auf vorherigen Werten des Abstimmsignals, auf die das Abstimmsignal [z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean] bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen hin geregelt wurde.

[0107] Bei Ausführungsbeispielen sind in dem Speicher der Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] Referenzwerte [z.B. Referenzspannungen oder digitale Referenzwerte des Abstimmsignals oder davon abgeleitete oder in Beziehung stehende Werte] für unterschiedliche Referenzfrequenzen hinterlegt, wobei die Steuereinheit [z.B. Microcontroller oder ASIC] konfiguriert ist, um in Abhängigkeit von einer Frequenz des Empfangssignals den Startwert basierend auf zumindest einem der Referenzwerte zu ermitteln.

[0108] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimmeinrichtung konfiguriert, um das Abstimmsignal mit einem weiteren Hilfssignal zu beaufschlagen, wobei das Hilfssignal [z.B. zyklisch] zwischen zwei Endwerten variiert, wobei die Abstimm-einrichtung konfiguriert ist, um die zwei einstellbaren Endwerte des weiteren Hilfssignals so einzustellen, dass sich eine Resonanzfrequenz der magnetischen Antenne über ein gesamtes Frequenzband erstreckt in dem das Empfangssignal liegen kann.

[0109] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimm-einrichtung konfiguriert, um zumindest einen der zwei einstellbaren Endwerte des weiteren Hilfssignals in Abhängigkeit von einer detektierten Empfangsleistung oder Empfangsqualität anzupassen.

[0110] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimm-einrichtung konfiguriert, um einen Wert des Hilfssignals zu ermitteln, bei dem die Empfangsleistung oder Empfangsqualität maximal ist, und um einen oder beide der zwei einstellbaren Endwerte des weiteren Hilfssignals auf diesen Wert einzustellen.

[0111] Bei Ausführungsbeispielen ist die Abstimm-einrichtung konfiguriert, um eine Variation des weiteren Hilfssignals zu stoppen, wenn eine detektierten Empfangsleistung oder Empfangsqualität einen vorgegebenen Wert erreichen.

[0112] Beispielsweise kann das weitere Hilfssignal an einem Wert stoppen, sobald eine gewisse Empfangsleistung oder Empfangsqualität vorhanden ist. Oder das Steuergerät fährt durch das ganze Band und merkt sich, an welcher Stelle die Empfangsleistung /Qualität maximal war und stellt diesen Wert danach ein. Das kann so reichen. Oder es kann danach auf die Abstimmung mit dem Hilfssignal umgeschaltet werden.

[0113] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um ein frequenzsprungbasiertes Empfangssignal zu empfangen.

[0114] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung konfiguriert, um im ISM Band zu kommunizieren.

[0115] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung ein Teilnehmer eines Kommunikationssystems.

[0116] Bei Ausführungsbeispielen ist der Teilnehmer ein Sensorknoten.

[0117] Bei Ausführungsbeispielen ist die Vorrichtung eine Basisstation eines Kommunikationssystems.

[0118] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen eine Vorrichtung, mit folgenden Merkmalen: einer magnetischen Antenne, wobei die magnetische Antenne eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimm-element zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweist, und einer Abstimm-einrichtung, wobei die Abstimm-einrichtung eine Regelschleife aufweist, die konfiguriert ist, um ein Abstimmsignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne bereitzustellen, und um das Abstimm-element mit dem Abstimmsignal anzusteuern, um die magnetische Antenne abzustimmen; wobei die Abstimm-einrichtung konfiguriert ist, um das Abstimmsignal ansprechend auf einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne mittels eines Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0119] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, wobei die magnetische Antenne eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimm-element [z.B. Stellglied] zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweist. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Erzeugens eines Abstimmsignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne mittels einer Regelschleife. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ansteuerns der magnetischen Antenne mit dem Abstimmsignal, um die magnetische Antenne abzustimmen, wobei die Regelschleife [z.B. Messglied und Regler] oder eine Komponente der Regelschleife [z.B. Messglied oder Regler] nur bei Bedarf [z.B. beim Senden eines Signals; z.B. kurz vor dem Senden des Signals bis kurz nach dem Senden des Signals oder bis erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne] von einem Ruhemodus [z.B. En-

ergiesparmodus oder Power-Down-Modus] in einen normalen Betriebsmodus versetzt wird.

[0120] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen Verfahren zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, wobei die magnetische Antenne eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement [z.B. Stellglied] zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweist. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Empfangens eines Empfangssignals mit der magnetischen Antenne. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ermitteln eines Empfangsparameters des Empfangssignals. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Erzeugens eines Abstimmsignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne mittels einer Regelschleife. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ansteuerns der magnetischen Antenne mit dem Abstimmsignal, um die magnetische Antenne abzustimmen. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Beaufschlagens des Abstimmsignals oder eines Eingangssignals eines Reglers der Regelschleife mit einem Hilfssignal [z.B. Wobbelsignal], wobei das Hilfssignal zyklisch [z.B. zwischen zwei einstellbaren Endwerten] variiert, wobei ein Wert des Abstimmsignals in Abhängigkeit von einer Beziehung zwischen einem Wert des Hilfssignals und des Empfangsparameters angepasst wird.

[0121] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, wobei die magnetische Antenne eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweist. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Erzeugens eines Abstimmsignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne mittels einer Regelschleife. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ansteuerns der magnetischen Antenne mit dem Abstimmsignal, um die magnetische Antenne abzustimmen, wobei das Abstimmsignal ansprechend auf einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne mittels eines Halteglieds gehalten und weiterhin bereitgestellt wird.

[0122] Mit den in Ausführungsbeispielen adressierten magnetischen Antennen kann (1) die Baugröße von Teilnehmern eines Kommunikationssystems, wie z.B. von Sensorknoten, verringert werden, (2) durch die automatische Abstimmung eine Unabhängigkeit von der Umgebung geschaffen werden, und/oder (3) aus (teilweise) elektrisch abgeschirmten Umgebungen (besser) herausgesendet/empfangen werden.

[0123] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden beziehend auf die beiliegenden Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a eine schematische Ansicht eines Teilnehmers eines Kommunikationssystems, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 1b eine schematische Ansicht eines Teilnehmers eines Kommunikationssystems, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 1c eine schematische Ansicht eines Endpunkts eines Kommunikationssystems, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer magnetischen Antenne,

Fig. 3 eine schematische Ansicht einer magnetischen Antenne mit einer mehrfach unterbrochenen (z.B. kapazitiv verkürzten) Schleife, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4 eine schematische Ansicht einer magnetischen Antenne mit einer mehrfach unterbrochenen Schleife, wobei die Schleife achteckförmig ist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 5 eine schematische Ansicht einer Antennenanordnung mit einer ersten magnetischen Antenne und einer zweiten magnetischen Antenne, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 6a ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 6b ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 7 ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 8 in einem Diagramm Phasengänge eines Resonanzkreises aus [1] bei geringer Dämpfung und starker Dämpfung,

- Fig. 9 ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 5 Fig. 10a ein schematisches Blockschaltbild eines herkömmlichen Richtkopplers,
- Fig. 10b ein schematisches Blockschaltbild eines Richtkopplers, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 10 Fig. 10c ein schematisches Blockschaltbild eines Richtkopplers, gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 11a ein schematisches Blockschaltbild eines Transformators gemäß einer ersten Anordnung,
- 15 Fig. 11b ein schematisches Blockschaltbild eines Transformators gemäß einer zweiten Anordnung,
- Fig. 12 ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 20 Fig. 13 ein schematisches Blockschaltbild eines Messaufbaus zur Bestimmung einer Ausgangsleistung und einer reflektierten Leistung einer Antenne,
- Fig. 14 ein schematisches Blockschaltbild eines Messaufbaus zur Bestimmung einer idealen Antennenanpassung,
- 25 Fig. 15 in einem Smith-Diagramm die Stromaufnahme der Sendeeinrichtung aufgetragen über die Antennenimpedanz,
- Fig. 16 in einem Smith-Diagramm die Ausgangsleistung aufgetragen über der Antennenimpedanz,
- 30 Fig. 17a in einem Diagramm einen Verlauf eines Realteils R und eines Imaginärteils X der Antennenimpedanz aufgetragen über den Eingangsstrom,
- Fig. 17b in einem Diagramm einen Verlauf der Ausgangsleistung aufgetragen über den Eingangsstrom,
- 35 Fig. 18 in einem Diagramm einen Verlauf eines Realteils R und eines Imaginärteils X der Antennenimpedanz sowie einen Verlauf der Ausgangsleistung aufgetragen über den Eingangsstrom,
- Fig. 19 ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 40 Fig. 20 einen Messaufbau zum Bestimmen der idealen Antennenanpassung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 21 ein schematisches Blockschaltbild einer Sendeeinrichtung mit einem Leistungsverstärker, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 45 Fig. 22 ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 23 ein schematisches Blockschaltbild eines Ringkopplers, der einen Zugriff auf eine Gleichtaktmode eines differentiellen Ports ermöglicht,
- 50 Fig. 24 eine schematische Ansicht eines Magnetkerns eines Baluns sowie einer Messwicklung um den Magnetkern zur Erfassung der Gleichakteigenschaften des Baluns über die nichtlinearen Eigenschaften des Magnetkerns mithilfe der Messwicklung,
- 55 Fig. 25 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung (z.B. Sender oder Sendeempfänger) mit einer Abstimmvorrichtung mit einer Regelschleife, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

- Fig. 26 ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung (z.B. Sender oder Sendeempfänger) mit einer Abstimm-
einrichtung mit einem analogen Regler, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 5 Fig. 27 ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung (z.B. Sender oder Sendeempfänger) mit einer Abstimm-
einrichtung mit einem I-, PI- oder PID-Regler, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 28a ein schematisches Blockschaltbild eines Reglers (I-Reglers) mit einem Schalter für eine Haltefunktion des
Abstimmsignals bei unsymmetrischem Sensorsignal,
- 10 Fig. 28b ein schematisches Blockschaltbild eines Reglers (I-Reglers) mit einem Schalter für eine Haltefunktion (des
Abstimmsignals) bei symmetrischem Sensorsignal,
- Fig. 29 ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung (z.B. Sender oder Sendeempfänger) mit einer Abstimm-
einrichtung mit einem in einem Microcontroller implementierten Regler, gemäß einem Ausführungsbeispiel
15 der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 30 ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung (z.B. Sender oder Sendeempfänger) mit einer Abstimm-
einrichtung mit einem in einem Microcontroller implementierten Regler, gemäß einem weiteren Ausführungs-
beispiel der vorliegenden Erfindung,
- 20 Fig. 31 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger), gemäß einem
Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 32 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger) mit einer Ab-
stimmvorrichtung mit einem analogen Regler und einem Abtast-Halte-Glied, gemäß einem Ausführungsbei-
25 spiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 33 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger) mit einer Ab-
stimmvorrichtung mit einem analogen Regler und einem Abtast-Halte-Glied, gemäß einem weiteren Aus-
führungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 30 Fig. 34 ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger) mit einer Ab-
stimmvorrichtung mit einem in einem Microcontroller implementierten Regler, gemäß einem Ausführungs-
beispiel der vorliegenden Erfindung,
- 35 Fig. 35 ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger) mit einer Ab-
stimmvorrichtung mit einem in einem Microcontroller implementierten Regler, gemäß einem weiteren Aus-
führungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 40 Fig. 36 ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger) mit einer Ab-
stimmvorrichtung mit einer Koppelschleife zum Senden eines Signals zur Abstimmung der magnetischen
Antenne, gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- 45 Fig. 37 ein schematisches ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung (z.B. Empfänger), gemäß einem
Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 38 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung (z.B. Empfänger), gemäß einem Ausführungsbeispiel
der vorliegenden Erfindung,
- 50 Fig. 39 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung (z.B. Empfänger), gemäß einem weiteren Ausführungs-
beispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 40 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, gemäß einem Ausführ-
ungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, und
- 55 Fig. 41 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, gemäß einem weiteren
Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0124] In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden in den Figuren gleiche oder gleichwirkende Elemente mit dem gleichen Bezugszeichen versehen, so dass deren Beschreibung untereinander austauschbar ist.

5 1. Ausführung einer magnetischen Antenne

[0125] In der nachfolgenden Beschreibung wird dabei beispielhaft davon ausgegangen, dass die magnetische Antenne in einen Teilnehmer eines Kommunikationssystems implementiert werden kann.

10 **[0126]** Fig. 1a zeigt eine schematische Ansicht eines Teilnehmers 100 eines Kommunikationssystems, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Teilnehmer 100 umfasst eine Sende- und/oder Empfangseinrichtung 102 (z.B. einen Transmitter) und eine mit der Sende- und/oder Empfangseinrichtung 102 verbundene Antennenanordnung 104, wobei die Antennenanordnung 104 eine magnetische Antenne 106 mit einer einfach (d.h. nur einmal) unterbrochenen Schleife 108 aufweist.

15 **[0127]** Fig. 1b zeigt eine schematische Ansicht eines Teilnehmers 100 eines Kommunikationssystems, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Teilnehmer 100 umfasst eine Sende- und/oder Empfangseinrichtung 102 (z.B. einen Transmitter) und eine mit der Sende- und/oder Empfangseinrichtung 102 verbundene Antennenanordnung 104, wobei die Antennenanordnung 104 eine magnetische Antenne 106 mit einer mehrfach unterbrochenen Schleife 108 aufweist.

20 **[0128]** Im Folgenden werden primär Ausführungsbeispiele der in Fig. 1b gezeigten Antennenanordnung 104 mit der magnetischen Antenne 106 mit der mehrfach unterbrochenen Schleife beschrieben. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele genauso auf die in Fig. 1a gezeigte Antennenanordnung 104 mit der magnetischen Antenne 106 mit der einfach unterbrochenen Schleife anwendbar sind.

25 **[0129]** Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 durch Kapazitätselemente 110, wie z.B. Resonanzkapazitäten (Resonanzkondensatoren), unterbrochen sein. Beispielsweise kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106, wie dies in Fig. 1b zur Veranschaulichung gezeigt ist, durch zwei Kapazitätselemente 110 zweifach unterbrochen (z.B. kapazitiv verkürzt) sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass bei Ausführungsbeispielen die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 auch durch eine andere Anzahl von Kapazitätselementen 110 mehrfach unterbrochen sein kann. So kann bei Ausführungsbeispielen die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 durch n Kapazitätselemente 110 in n Segmente (oder Teile, oder Abschnitte) unterteilt sein, wobei n eine natürliche Zahl größer gleich zwei ist. Als Segmente werden dabei hierin die Teile bzw. Abschnitte der Schleife zwischen den jeweiligen Kapazitätselementen 110 bezeichnet.

30 **[0130]** Bei Ausführungsbeispielen können die Segmente der mehrfach unterbrochenen Schleife 108 durch die Kapazitätselemente 110 verbunden sein. Im Detail können jeweils zwei Segmente der mehrfach unterbrochenen Schleife durch jeweils ein Kapazitätselement, das in Reihe zwischen den zwei Segmenten geschaltet ist, verbunden sein. Mit anderen Worten, die Segmente der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 und die Kapazitätselemente 110 sind abwechselnd in Reihe zu einer Schleife verschaltet.

35 **[0131]** Die Sende- und/oder Empfangseinrichtung 102 kann dabei mit der magnetischen Antenne 106 über eines der Kapazitätselemente 110 verbunden sein. Das eine Kapazitätselement auf der einen Seite und die mehrfach unterbrochene Schleife 108 mit den anderen (bzw. übrigen) Kapazitätselementen auf der anderen Seite können (z.B. aus Sicht der Sende- und/oder Empfangseinrichtung 102) einen Parallelschwingkreis bilden.

40 **[0132]** Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung 102 ferner eine Abstimmereinrichtung zum Abstimmen der magnetischen Antenne 106 aufweisen. Die Abstimmereinrichtung kann dabei ausgebildet sein, um die magnetische Antenne 106 automatisch abzustimmen.

45 **[0133]** Bedingt durch die geometrische Form der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 wird die Strahlungsenergie von der magnetischen Antenne 106 nicht gleichmäßig in alle Richtungen einer Ebene abgestrahlt. Vielmehr weist das Antennendiagramm der in Fig. 1b gezeigten magnetischen Antenne 106 Nullstellen auf, d.h. es gibt Bereiche (z.B. Punkte) im Antennendiagramm, an denen die Strahlungsenergie der magnetischen Antenne praktisch null ist. Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung 104 daher eine zweite magnetische Antenne aufweisen, wie dies unten anhand von Fig. 5 näher erläutert wird, oder aber auch eine zusätzliche elektrische Antenne. Die zweite magnetische Antenne und/oder die zusätzliche elektrische Antenne können dabei so angeordnet sein, dass die Nullstellen der magnetischen Antenne 106 kompensiert werden.

50 **[0134]** Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer 100 des Kommunikationssystems natürlich nicht nur ausgebildet sein, um Signale mittels der magnetischen Antenne 106 zu anderen Teilnehmern des Kommunikationssystems zu senden, sondern auch um Signale von anderen Teilnehmern des Kommunikationssystems mittels der magnetischen Antenne 106 zu empfangen. Hierzu kann der Teilnehmer 100 beispielsweise eine Empfangseinrichtung (z.B. einen Receiver) aufweisen, die mit der Antennenanordnung 104 verbunden ist. Natürlich kann der Teilnehmern 100 auch eine kombinierte Sendeempfangseinrichtung (z.B. ein Transceiver) 102 aufweisen.

[0135] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer 100 (bzw. das Kommunikationssystem des Teilnehmers) aus-

gebildet sein, um im ISM-Band (ISM = Industrial, Scientific and Medical Band) zu kommunizieren, d.h. um Signale im ISM-Band zu senden und/oder zu empfangen.

[0136] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer 100 (bzw. das Kommunikationssystem des Teilnehmers) ausgebildet sein, um Daten basierend auf dem Telegram-Splitting-Verfahren zu übertragen. Beim Telegram-Splitting-Verfahren werden Daten, wie z.B. ein Telegramm oder Datenpaket, in eine Mehrzahl von Sub-Datenpakete (oder Teildatenpakete, oder Teilpakete) aufgeteilt und die Sub-Datenpakete unter Verwendung eines Zeit- und/oder Frequenzsprungmusters in der Zeit und/oder in der Frequenz verteilt (d.h. nicht zusammenhängend) von einem Teilnehmer zu einem anderen Teilnehmer (z.B. von der Basisstation zum Endpunkt, oder vom Endpunkt zur Basisstation) des Kommunikationssystems übertragen, wobei der Teilnehmer, der die Sub-Datenpakete empfängt, diese wieder zusammenfügt (oder kombiniert), um das Datenpaket zu erhalten. Jedes der Sub-Datenpakete enthält dabei nur einen Teil des Datenpakets. Das Datenpaket kann ferner kanalcodiert sein, so dass zum fehlerfreien Decodieren des Datenpakets nicht alle Sub-Datenpakete, sondern nur ein Teil der Sub-Datenpakete erforderlich ist.

[0137] Bei Ausführungsbeispielen kann das Kommunikationssystem ein persönliches Netzwerk (engl. Personal Area Network, PAN) oder ein Niedrigenergie-Weitverkehrsnetzwerk (engl. Low Power Wide Area Network, LPWAN) sein.

[0138] Der in Fig. 1b gezeigte Teilnehmer 100 des Kommunikationssystems kann eine Basisstation des Kommunikationssystems sein. Alternativ kann der in Fig. 1b gezeigte Teilnehmer 100 des Kommunikationssystems auch ein Endpunkt des Kommunikationssystems sein, wie dies nachfolgend anhand von Fig. 1c erläutert wird.

[0139] Im Detail zeigt Fig. 1c eine schematische Ansicht eines Teilnehmers 100 des Kommunikationssystems, wobei der Teilnehmer 100 ein Endpunkt ist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0140] Wie in Fig. 1c beispielhaft gezeigt ist, kann der Endpunkt 100 bei Ausführungsbeispielen ein Sensorknoten sein. Beispielsweise kann der Endpunkt 100 im Falle eines Sensorknotens einen Sensor 114, wie z.B. einen Temperatursensor, Drucksensor, Feuchtigkeitssensor oder irgendeinen anderen Sensor aufweisen, wobei die von dem Sensorknoten 100 gesendeten Signale von einem von dem Sensor bereitgestellten Sensorsignal abhängig sind. Zum Beispiel kann der Sensor einen Mikroprozessor 112 aufweisen, der das von dem Sensor bereitgestellte Sensorsignal verarbeitet, um basierend auf dem Sensorsignal zu übertragene Daten zu generieren, die von der Sendeeinrichtung (z.B. Sendeeinrichtung und Empfangseinrichtung) 102 gesendet werden, z.B. basierend auf dem Telegram Splitting Übertragungsverfahren.

[0141] Natürlich kann der Endpunkt 100 auch ein Aktorknoten sein, wobei der Aktorknoten einen Aktor 114 aufweist. In diesem Fall kann der Prozessor 112 beispielsweise ausgebildet sein, um den Aktor 114 basierend auf einem empfangenen Signal bzw. empfangenen Daten anzusteuern.

[0142] Bei Ausführungsbeispielen kann der Endpunkt 100 batteriebetrieben sein. Alternativ oder zusätzlich kann der Endpunkt 100 ein Energy Harvesting Element zur elektrischen Energiegewinnung aufweisen.

[0143] Im Folgenden werden detaillierte Ausführungsbeispiele der magnetischen Antenne 106 bzw. der Antennenanordnung 104 (z.B. für Sensorknoten oder Basisstationen) beschrieben. Die magnetische Antenne 106 bzw. die Antennenanordnung 104 können dabei für den Sende- und/oder Empfangsfall verwendet werden.

1.1. Anwendung von Magnetischen Antennen bei Sensorknoten

[0144] Eine magnetische Antenne 106 weist eine ein- oder mehrwindigen Stromschleife 108 auf. Im Empfangsfall induziert ein magnetisches Wechselfeld in der Schleife 108 eine Spannung (Induktionsgesetz), im Sendefall erzeugt ein in der Schleife 108 fließender Strom ein Magnetfeld (Gesetz von Biot-Savart). Soll die magnetische Antenne 106 nur bei einer Frequenz oder einem Bereich kleiner relativer Bandbreite betrieben werden, so kann die magnetische Antenne 106 mittels einer Resonanzkapazität in ihrer Effizienz deutlich gesteigert werden. Der Stromfluss in der Schleife 108 steigt in dem Maße der Resonanzüberhöhung (ausgedrückt durch den Gütefaktor Q), d.h. doppeltes Q bewirkt doppelten Stromfluss (und damit doppeltes Magnetfeld (geht nur mit der Wurzel bei P = konst.; nur bei U = konst. ginge es linear) bei gleicher eingespeister Leistung. Somit ist es erstrebenswert, einen möglichst hohen Q-Faktor zu erzielen, was gleichbedeutend damit ist, dass sowohl die Schleife 108, als auch die Kapazität möglichst geringe Verluste haben müssen. In der Regel überwiegen die Verluste in der Schleife 108 aufgrund der endlichen Leitfähigkeit des verwendeten Metalls (meist Cu).

[0145] Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht einer solchen magnetischen Antenne 106. Die magnetische Antenne 106 umfasst, wie bereits erwähnt, die Schleife 108 mit einer oder mehreren Windungen und die Resonanzkapazität 110 (C0). Die magnetische Antenne 106 kann dabei über den aus Resonanzkapazität 110 und Schleife 108 (Spule) gebildeten Parallelschwingkreis z.B. an die Sende- und/oder Empfangseinrichtung 102 (siehe Fig. 1) angekoppelt werden.

[0146] Die magnetische Antenne 106 hat den Vorteil einer hohen Antennengüte bei geringer Bauform.

[0147] Zudem hat die magnetische Antenne 106 den Vorteil, dass diese an unterschiedliche Umgebungsbedingungen angepasst werden kann, z.B. durch automatische Abstimmung.

[0148] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich somit auf einen Sensorknoten mit einer magnetischen Antenne. Die magnetische Antenne kann dabei automatisch abgestimmt werden.

1.2 Mehrfache Verkürzung der Schleife (engl. loop) der magnetischen Antenne

[0149] Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht einer magnetischen Antenne 106 mit einer mehrfach unterbrochenen (z.B. kapazitiv verkürzten) Schleife 108. Wie in Fig. 3 beispielhaft gezeigt ist, kann die Schleife 108 durch vier Kapazitätselemente 110 (4C0), wie beispielsweise Resonanzkapazitäten (z.B. Resonanzkondensatoren), in vier Segmente unterteilt sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 auch in eine andere Anzahl von Segmenten unterteilt sein kann. So kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 bei Ausführungsbeispielen durch n Kapazitätselemente 110 in n Segmente unterteilt sein, wobei n eine natürliche Zahl größer gleich zwei ist.

[0150] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne in äquidistante Segmente unterteilt sein. Die Unterteilung der Schleife 108 in äquidistante Segmente hat den Vorteil, dass so insgesamt gesehen die niedrigsten E-Feldanteile erzielt werden. Natürlich kann die Schleife aber auch in nicht-äquidistante Segmente unterteilt werden.

[0151] Die niedrigeren elektrischen Felder bzw. die mehrfach kapazitive Verkürzung haben zum Vorteil, dass dielektrisches Material in direkter Umgebung der Antenne diese in ihrer Resonanzfrequenz entsprechend weniger verstimmt.

[0152] Ferner haben die niedrigeren elektrischen Felder bzw. die mehrfach kapazitive Verkürzung den Vorteil, dass dielektrisches, verlustbehaftetes Material in direkter Umgebung der Antenne deren Gütefaktor weniger herabsetzt.

[0153] Ferner haben die niedrigeren elektrischen Felder bzw. die mehrfach kapazitive Verkürzung den Vorteil, dass die Spannung an den Resonanzkapazitäten entsprechend geringer ausfällt (also z.B. halbe Spannung bei doppelter Verkürzung, dann aber auch doppelter Kapazitätswert). Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn eine oder mehrere der Resonanzkapazitäten abstimmbaar ausgeführt werden sollen, da dann die Abstimmorgane eine niedrigere Spannungsfestigkeit aufweisen können

[0154] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 (bzw. die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106) mehrfach kapazitiv verkürzt sein.

[0155] Bei Ausführungsbeispielen befinden sich in der Magnetschleife seriell mehrere Kondensatoren 110.

1.3 Besondere Ausführung der Schleife (engl. loop) der magnetischen Antenne

[0156] Schleifen 108 mit einer runden Form haben das beste Verhältnis von Leiterbahnlänge zu aufgespannter (oder umschlossener) Fläche. Jedoch ist die Platzausnutzung auf einer üblicherweise rechteckigen Platine (Leiterbahnen) nicht optimal.

[0157] Formen mit mehr als vier Ecken, insbesondere die achteckige Form, bieten hier Vorteile. Es verschlechtert sich zwar das Verhältnis von Fläche zu Umfang und damit die Güte der magnetischen Antenne 106, allerdings steigt die Effizienz der magnetischen Antenne 106 bei einer gegebenen rechteckigen Platinenfläche, da die aufgespannte (oder umschlossene) Fläche größer wird. Fig. 4 zeigt eine symmetrische Ausführung (der Schleife 108) der magnetischen Antenne 106, es sind aber auch unsymmetrische Ausführungen (der Schleife 108) denkbar, bei denen z. B. die oberen und unteren Teilstücke (z.B. Segmente der Schleife 108) länger sind.

[0158] Im Detail zeigt Fig. 4 eine schematische Ansicht einer magnetischen Antenne 106 mit einer mehrfach unterbrochenen Schleife 108, wobei die Schleife 108 achteckförmig ist.

[0159] Wie in Fig. 4 beispielhaft gezeigt ist, kann die Schleife 108 durch (z.B. acht) Kapazitätselemente 110 in acht Segmente unterteilt sein, wobei die acht Segmente eckig sein können, so dass die Schleife 108 eine achteckige Form aufweist. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Schleife 108 auch in eine andere Anzahl von Segmenten unterteilt sein kann und/oder eine andere Form aufweisen kann. So kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne bei Ausführungsbeispielen m-eckförmig sein, wobei m eine natürliche Zahl größer gleich drei ist, wie z.B. 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 oder 12.

[0160] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 auf einer Leiterplatte (PCB, printed circuit board) ausgeführt sein.

[0161] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 (bzw. die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106) Teilabschnitte (oder Segmente) aufweisen, die nicht rund sind.

[0162] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Leitungsführung der Segmente der magnetischen Antenne 106 (bzw. der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106) in den Bereichen (oder in den Stellen) mit Bauteilen gerade sein.

[0163] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 (bzw. die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106) eine mehreckige Form oder mehr als vier Ecken aufweisen.

[0164] Eine solche magnetische Antenne 106 hat den Vorteil, dass das Layout leichter auf verschiedene Layoutprogramme übertragbar ist.

[0165] Ferner hat eine solche magnetische Antenne 106 den Vorteil, dass eine Platzierung der Bauteile einfacher ist, da an den Stellen mit den Bauteilen die Leitungsführung (der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106) gerade ist.

[0166] Bei manchen Ausführungsbeispielen können die diagonal verlaufenden Seiten (Segmente der Schleife 108

der magnetischen Antenne 106) anstelle einer eckigen Form eine kreisbogenförmige Form aufweisen, um die Fläche noch etwas zu vergrößern und die Platinenfläche optimal auszunutzen. Man würde im Gegenzug die Vorteile der leichteren Bauteilplatzierung und des einfachen Layouts verlieren.

[0167] Obwohl die in Fig. 4 gezeigte Antennenanordnung 104 eine magnetische Antenne 106 mit einer mehrfach unterbrochenen Schleife 108 aufweist, sei darauf hingewiesen, dass die beschriebenen Ausführungsbeispiele genauso auf eine Antennenanordnung 104 mit einer magnetischen Antenne 106 mit einer einfach unterbrochenen Schleife 108 (vgl. Fig. 1a) anwendbar sind.

1.4. Die Schleife wird auf einer Platine realisiert

[0168] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife auf einer Platine (Leiterplatte, engl. printed circuit board (PCB)) realisiert werden.

[0169] Bei Ausführungsbeispielen kann auf der gleichen Platine (Leiterplatte) die Abstimmungsschaltung realisiert werden.

1.5. Mehrere Antennen

[0170] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung 104 mehrere magnetische Antennen aufweisen.

[0171] Dies hat den Vorteil, dass die Nullstelle (z.B. Punkte im Antennendiagramm, an denen die Strahlungsenergie der magnetischen Antenne praktisch null ist) einer magnetischen Antenne umgangen werden kann.

1.5.1 Kreuzfeldloop mit Diversität

[0172] Bei Ausführungsbeispielen können zwei magnetische Antennen verwendet werden, wobei die zwei magnetischen Antennen möglichst (z.B. im Wesentlichen) orthogonal sind.

1.5.2 Plattgedrückte zweite Schleife (engl. loop) um aus Nullstelle zu kommen

[0173] Um ein möglichst flaches Gehäuse zu bekommen, kann die zweite magnetische Antenne (bzw. die Schleife der zweiten magnetischen Antenne) "plattgedrückt" ausgeführt werden. Bei Schleifen (engl. loops), die nicht rund sind, steigt der Widerstand der Wicklung im Vergleich zur aufgespannten (oder umschlossenen) Fläche, wodurch die Güte sinkt. Da bei der plattgedrückten Schleife (engl. loop) eine kleinere Fläche aufgespannt wird, sinkt deren Abstrahleffizienz. Das erhöht zwar die Güte wieder etwas, trägt aber nicht zur Abstrahlung bei. Um den ersten gütereduzierenden Effekt zumindest teilweise zu kompensieren, kann ein breiterer Leiter (weniger Verluste) verwendet werden.

[0174] Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht einer Antennenanordnung 104 mit einer ersten magnetischen Antenne 106 und einer zweiten magnetischen Antenne 112, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0175] Die erste magnetische Antenne 106 umfasst eine mehrfach unterbrochene Schleife 108. Wie in Fig. 5 beispielhaft gezeigt ist, kann die Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne durch vier Kapazitätselemente 110, in vier Segmente unterteilt sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne 106 auch in eine andere Anzahl von Segmenten unterteilt sein kann. So kann die Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne 106 bei Ausführungsbeispielen durch n Kapazitätselemente 110 in n Segmente unterteilt sein, wobei n eine natürliche Zahl größer gleich zwei ist.

[0176] Die zweite magnetische Antenne 112 umfasst ebenfalls eine Schleife 114, wobei die Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne 106 und die Schleife 114 der zweiten magnetischen Antenne 112 im Wesentlichen orthogonal zueinander angeordnet sein können.

[0177] Wie in Fig. 5 beispielhaft gezeigt ist, verläuft eine durch die Schleife 114 der zweiten magnetischen Antenne 112 aufgespannten Fläche orthogonal zu einer durch die Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne 106 aufgespannten Fläche. Im Detail verläuft in Fig. 5 die durch die Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne 106 aufgespannten Fläche parallel zu der durch das Koordinatensystem definierten xy-Ebene, während die durch die Schleife 114 der zweiten magnetischen Antenne 112 aufgespannten Fläche parallel zur oder in der z-Achse des Koordinatensystems verläuft.

[0178] Bei Ausführungsbeispielen kann eine aufgespannte (oder umschlossene) Fläche der Schleife 114 der zweiten magnetischen Antenne 112 zumindest um den Faktor zwei (z.B. um den Faktor drei, vier, fünf, oder zehn) kleiner sein als eine aufgespannte (oder umschlossene) Fläche der Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne 106.

[0179] Mit anderen Worten, die Schleife 114 der zweiten magnetischen Antenne 112 kann "plattgedrückt" sein.

[0180] Wie in Fig. 5 ferner angedeutet ist, kann bei Ausführungsbeispielen ein Leiter der Schleife 114 der zweiten magnetischen Antenne 112 zumindest um den Faktor zwei (z.B. um den Faktor drei, vier oder fünf) dicker bzw. breiter sein als ein Leiter der Schleife 108 der ersten magnetischen Antenne 106.

[0181] Natürlich kann die Schleife 114 der zweiten magnetischen Antenne 112 ebenfalls mehrfach unterbrochen sein, beispielsweise durch zumindest zwei Kapazitätselemente.

[0182] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung 104 eine zweite, möglichst orthogonale Schleife 114 aufweisen.

5 **[0183]** Bei Ausführungsbeispielen kann eine Drahtstärke/Breite der zweiten Schleife (engl. loop) 114 größer sein (als eine Drahtstärke/Breite der ersten Schleife 108), allerdings kann die zweite Schleife 114 flacher sein (als die erste Schleife 108).

10 **[0184]** Obwohl die in Fig. 5 gezeigte Antennenanordnung 104 magnetische Antennen mit mehrfach unterbrochenen Schleifen aufweist, sei darauf hingewiesen, dass die beschriebenen Ausführungsbeispiele genauso auf eine Antennenanordnung mit magnetischen Antennen mit einfach unterbrochenen Schleifen anwendbar sind.

1.5.3 Kombinierte Magnetische / elektrische Antenne um aus Nullstelle zu kommen

15 **[0185]** Um die Nullstelle (z.B. Punkte im Antennendiagramm, an denen die Strahlungsenergie der magnetischen Antenne praktisch null ist) der magnetischen Antenne 106 zu umgehen, kann zusätzlich zur magnetischen Antenne 106 eine elektrische Antenne auf der Leiterplatte (z.B. PCB) integriert werden, z.B. in Form einer PCB F-Antenne, als "Erweiterung" der Schleife 108 (z.B. des magnetischen Ringes/8-Ecks).

20 **[0186]** Bei Ausführungsbeispielen können eine elektrische und eine magnetische Antenne (z.B. auf einer Leiterplatte (z.B. PCB)) kombiniert werden.

1.5.4. Umschaltung der Schleifen (engl. loops)

[0187] Werden mehrere magnetischen Schleifen (bzw. magnetische Antennen) ohne weitere Maßnahmen zusammengeführt, so ergibt sich eine neue Nullstelle aus einer anderen Richtung.

25 **[0188]** Daher macht die Verwendung mehrerer magnetischer Schleifen (bzw. mehrerer magnetischer Antennen) nur Sinn, wenn die nichtbenutzte(n) Schleife(n) (bzw. magnetische(n) Antenne(n)) ausgeschaltet werden können.

1.5.4.1, Ausschalten durch Unterbrechung des Resonanzstroms

30 **[0189]** Bei Ausführungsbeispielen kann der Stromfluss der nicht gewünschten magnetischen Antenne beispielsweise mittels eines Schalters unterbrochen werden. Da jeder Schalter aber eine gewisse Restkapazität aufweist, kommt dies letztlich einer starken Verstimmung der Resonanzfrequenz gleich.

1.5.4.2. Ausschalten durch zusätzliche Induktivität (L)

35 **[0190]** Bei Ausführungsbeispielen können einer oder mehrere Resonanzkondensatoren parallel mit einer Spule versehen werden. Diese bilden bei der ursprünglichen Resonanzfrequenz der Schleife (engl. loop) einen Parallelschwingkreis, der den Stromfluss darin unterbricht.

1.5.4.3 Ansteuerverhältnis ändern

40 **[0191]** Bei Ausführungsbeispielen kann durch eine leichte Verstimmung der Eigenresonanz einer der beiden Schleifen die Abstimmung der Schleifen und damit die Hauptabstrahlrichtung und damit die Nullstelle verschoben werden, da die Schleifen dann bei unverändert hohen Ansteuerleistungen unterschiedlich stark abstrahlen. Der nicht abgestrahlte Anteil
45 der leicht verstimmten Schleife wird zurück reflektiert und im Sender absorbiert.

1.5.4.4. Phasenverschobene Ansteuerung von mag. Loops

50 **[0192]** Die Nullstelle einer Schleife hängt von ihrer Struktur im dreidimensionalen Raum ab. Diese ändert sich nicht, wenn beispielsweise nur die Kapazität einer Resonanzkapazität geändert wird. Bei planaren Schleifen gibt es also immer eine Stellung, in der diese keine B-Feldlinien durchdringen, nämlich dann, wenn diese in der Ebene der Schleife verlaufen. Aber selbst bei einer dreidimensionalen Schleife (oder gekrümmten B-Linien), also z.B. bei einem nicht exakt in einer Ebene verlaufenden leicht verbogenen Kreisring, findet man immer eine Stellung in der sich Feldlinien, die von einer Seite und von der anderen Seite der Schleife eindringen, die Waage halten. Dies führt zu einer Kompensation, d.h. einer
55 Nullstelle. Selbst orthogonale Schleifen würden unter 45° eine Nullstelle aufweisen, wenn deren Signale nur direkt zusammengeschaltet sind. Um dies vermeiden können deren Empfangssignale unter 90° Phasenversatz zusammengeführt werden, weil dann keine geometrische Auslöschung der Zeitsignale mehr möglich ist.

[0193] Bei Ausführungsbeispielen können mehrere magnetische Schleifen (engl. loops) phasenversetzt angesteuert

werden.

[0194] Bei Ausführungsbeispielen können mehrere selbst abgestimmte magnetische Schleifen (engl. loops) phasenversetzt angesteuert werden.

5 1.5.5. Variation des Abstrahlverhältnisses über der Hop-Nummer

[0195] In Zusammenhang mit dem Telegram Splitting Übertragungsverfahren [6] kann Sende-Diversität (also aussenden mit verschiedenen Antennen) pro Telegram durchgeführt werden, da beim Telegram Splitting Übertragungsverfahren ein aussenden jedes Sub-Datenpaketes (Hops) auf einer anderen Antenne / mit unterschiedlicher Stärke auf den Antennen möglich ist.

[0196] Dies hat den Vorteil, dass die Übertragungssicherheit eines Telegramms erhöht werden kann.

[0197] Bei Ausführungsbeispielen können daher unterschiedliche Sub-Datenpakete (Hops) auf unterschiedlichen Antennen unterschiedlich stark abgestrahlt werden, so dass unterschiedliche Sub-Datenpakete mit unterschiedlichen Antennen-Nullstellen gesendet werden.

15

1.5.5.1. Ausführung der Schleife, bei der die Nullstelle von der Frequenz abhängt

[0198] Bei Ausführungsbeispielen können mehr oder weniger orthogonale Schleifen mit unterschiedlicher Resonanzfrequenz, deren Signale beispielsweise per entkoppelten Kombinierer (engl. combiner) zusammengefasst werden, verwendet werden. Liegen die Resonanzfrequenzen dicht beieinander, so müssen die Schleifen bereits gute geometrisch Orthogonalität (d.h. magnetische Entkopplung) aufweisen. Andernfalls gibt es Güteeinbußen und Resonanzverwerfungen. Daher wird die Resonanzfrequenz mit Absicht etwas verstimmt. Unterschiedliche Sub-Datenpakete (Hops) liegen auf unterschiedlichen Frequenzen und werden dadurch von den Schleifen mit unterschiedlichen Resonanzen unterschiedlich stark ausgesendet, dadurch ist die Nullstelle der mag. Antenne jeweils verschoben.

20

[0199] Bei Ausführungsbeispielen ändert sich das Abstrahlverhältnis der magnetischen Antennen über der Frequenz.

[0200] Bei Ausführungsbeispielen verschiebt sich die Nullstelle der Antenne über der Frequenz.

25

2, Erzeugung eines Abstimmsignals

[0201] Fig. 6a zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung 104, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0202] Die Antennenanordnung 104 umfasst eine magnetische Antenne 104 mit einer einfach (d.h. nur einmal) unterbrochenen Schleife 108 und einem Abstimmelement 111 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 104.

[0203] Die Abstimmeinrichtung 120 ist ausgebildet, um ein Abstimmsignal (z.B. ein Steuersignal) 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 bereitzustellen, und um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

35

[0204] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne durch das Abstimmelement 111 unterbrochen sein, wobei das Abstimmelement 111 eine variable (oder einstellbare) Kapazität (z.B. variable Resonanzkapazität) sein kann. Beispielsweise kann das Abstimmelement 111 ein variabler Kondensator oder eine Kapazitätsdiode sein.

40

[0205] Fig. 6b zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung 104, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0206] Die Antennenanordnung 104 umfasst eine magnetische Antenne 104 mit einer mehrfach unterbrochenen Schleife 108 und zumindest einem Abstimmelement 111 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 104.

[0207] Die Abstimmeinrichtung 120 ist ausgebildet, um ein Abstimmsignal (z.B. Steuersignal) 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 bereitzustellen, und um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

45

[0208] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 durch Kapazitätselemente 110, wie z.B. Resonanzkapazitäten (Resonanzkondensatoren), mehrfach unterbrochen sein. Beispielsweise kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106, wie dies in Fig. 6b zur Veranschaulichung gezeigt ist, durch zwei Kapazitätselemente 110 zweifach unterbrochen (z.B. kapazitiv verkürzt) sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass bei Ausführungsbeispielen die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 auch durch eine andere Anzahl von Kapazitätselementen 110 mehrfach unterbrochen sein kann. So kann bei Ausführungsbeispielen die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 durch n Kapazitätselemente 110 in n Segmente (oder Teile, oder Abschnitte) unterteilt sein, wobei n eine natürliche Zahl größer gleich zwei ist. Als Segmente werden dabei hierin die Teile bzw. Abschnitte der Schleife 108 zwischen den jeweiligen Kapazitätselementen 110 bezeichnet.

50

55

[0209] Das zumindest eine Abstimmelement 111 kann dabei eines der Kapazitätselemente 110 sein, wobei das Abstimmelement 111 als variables Kapazitätselement, z.B. als variable Resonanzkapazität, ausgeführt sein kann. Bei

spielsweise kann das Abstimmelement 111 ein variabler Kondensator oder eine Kapazitätsdiode sein. Natürlich können auch eine echte Teilmenge oder alle der Kapazitätselemente 110 Abstimmelemente 111 sein, wie z.B. variable Kapazitätselemente (z.B. variable Kondensatoren oder Kapazitätsdioden). Mit anderen Worten, es können auch mehrere Abstimmelemente, z.B. Kapazitätsdioden, sein, wie z.B. an $n-1$ von n Unterbrechungen.

[0210] Wie in den Fig. 6a und 6b beispielhaft angedeutet ist, kann die Antennenanordnung 104 mit einer Quelle und/oder Senke 102, wie z.B. einer Sende- und/oder Empfangseinrichtung (z.B. eines Teilnehmers 100 eines Kommunikationssystems), verbunden sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass sich Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung primär auf die Antennenanordnung 104 beziehen, welche in einer Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungsgebieten implementiert werden kann.

[0211] Im Folgenden werden detaillierte Ausführungsbeispiele der Erzeugung des Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmregelgröße bzw. Abstimmspannung) beschrieben.

[0212] Obwohl in den folgenden Ausführungsbeispielen manchmal auf eine magnetische Antenne 106 mit einer einfach unterbrochenen Schleife 108 und manchmal auf eine magnetische Antenne 106 mit einer mehrfach unterbrochen Schleife 108 Bezug genommen wird, sei darauf hingewiesen, dass diese Ausführungsbeispiele genauso auch auf die jeweils andere Ausführung der magnetischen Antenne 106 anwendbar sind.

2.1. Erzeugung eines Abstimmsignals (z.B. Abstimmspannung) durch Phasenauswertung

[0213] Fig. 7 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung 104, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Antennenanordnung 104 umfasst die magnetische Antenne 106 mit dem Abstimmelement 111 und die Abstimmeinrichtung 120 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0214] Die Abstimmeinrichtung 120 ist ausgebildet, um das Abstimmsignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit von einer Phasenlage eines in die magnetische Antenne 106 vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung oder vorlaufenden Welle) bereitzustellen, und um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0215] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmeinrichtung 120 ausgebildet sein, um das Abstimmsignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) und einem Phasensignal 126 bereitzustellen.

[0216] Das Phasensignal 126 kann auf einem in zumindest einem Abschnitt der Schleife 108 fließenden Strom und/oder auf einem durch die Schleife 108 bzw. magnetische Antenne 106 erzeugten Magnetfeld (z.B. im Nahfeld) basieren.

[0217] Das Phasensignal 126 kann eine aus der magnetischen Antenne 106 (z.B. induktiv) ausgekoppelte Leistung sein.

[0218] Beispielsweise kann die Antennenanordnung 104 eine Koppelschleife 128 aufweisen, die ausgebildet ist, um Leistung aus der magnetischen Antenne 106 auszukoppeln, um die aus der magnetischen Antenne (z.B. induktiv) ausgekoppelte Leistung zu erhalten. Die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 und die Koppelschleife 128 können auf derselben Leiterplatte angeordnet bzw. implementiert sein.

[0219] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmeinrichtung 120 ausgebildet sein, um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um eine Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung oder vorlaufenden Welle) und dem Phasensignal 126 auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0220] Beispielsweise kann die Abstimmeinrichtung ausgebildet sein, um durch Ansteuerung des Abstimmelements mit dem Steuersignal die Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) und dem Phasensignal auf den vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0221] Zum Beispiel kann die Abstimmeinrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal nachzuführen, um einer Abweichung der Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) und dem Phasensignal von dem vorgegebenen Sollwert entgegenzuwirken.

[0222] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmeinrichtung ausgebildet sein, um die Regelung der Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) und dem Phasensignal auf den vorgegebenen Sollwert hin unter Verwendung einer Regelschleife oder einer Feed-Forward-Regelung zu bewirken.

[0223] Im Folgenden wird die Funktionsweise des in Fig. 7 gezeigten Ausführungsbeispiels der Erzeugung des Abstimmsignals 122 detailliert beschrieben.

[0224] Die Transmissionsmessung eines Resonanzkreises weist an der Resonanzstelle ein Betragsmaximum und einen Phasenwendepunkt auf. Je nach Kopplungsgrad der speisenden Quelle mit dem Kreis kann dieser zwischen 90° (lose Kopplung, siehe [1]) und 0° (feste Kopplung, siehe [2] bzw. Fig. 8) liegen.

[0225] Im Detail zeigt Fig. 8 in einem Diagramm Phasengänge eines Resonanzkreises aus [1] bei geringer Dämpfung und starker Dämpfung. Dabei beschreibt in Fig. 8 die Ordinate die Phasenverschiebung in Grad und die Abszisse die Frequenz.

[0226] Der Phasengang ist eine monoton steigende $\arctan$ -Funktion, die von einem Wert φ_0 (bei $f = 0$) bis zu einem Wert $\varphi_0 + 180^\circ$ (bei $f \rightarrow \infty$) verläuft (siehe Fig. 8). Der Wert bei Resonanz ist dann $\varphi_R = \varphi_0 + 90^\circ$ und ist ein Wendepunkt. Bisweilen wird die Phase mit negativem Vorzeichen gezählt, dann gilt obenstehendes entsprechend (aus monoton steigend wird monoton fallend usw. (siehe [2]).

[0227] Ausführungsbeispiele nutzen diesen Sachverhalt für eine automatische Frequenznachregelung aus, indem die Phasenlage des in die Schleife 108 (engl. loop) vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) mit einer z.B. über eine kleine Koppelschleife 128 von der Schleife 108 induktiv ausgekoppelten Leistung verglichen wird. Zur Ermittlung der Phasenlage des vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) kann beispielsweise ein Richtkoppler herangezogen werden. Zudem entsteht über unterschiedliche Leitungslängen bis zu dem Ort, wo der Phasenvergleich auf der Platine angeordnet ist, ein weiterer Phasenversatz. Bei manchen Ausführungsbeispielen wird daher in eine der beiden zum Phasenvergleich laufenden Leitungen ein Phasenschieber $\Delta\varphi_0$ eingefügt, sodass bei Resonanz dort die beiden Signale genau eine Phasendifferenz von z.B. 90° aufweisen.

[0228] Phasenvergleich sind aus der Literatur hinreichend bekannt. Die dafür häufig eingesetzte Gilbert-Zelle (siehe [4]) wirkt im Prinzip wie ein Multiplizierer. Zwei sinusförmige Zeitsignale mit um $\Delta\varphi$ von 90° abweichender Phasenverschiebung ergeben nach Multiplikation folgendes Ausgangssignal:

$$\sin(\omega t + \Delta\varphi) \cos(\omega t) = \frac{1}{2} [\sin(\Delta\varphi) + \sin(2\omega t + \Delta\varphi)]$$

(die Amplituden sind hier der Einfachheit halber auf 1 normiert). Der Anteil mit der doppelten Frequenz $2\omega t$ lässt sich leicht mit einem Tiefpass ausblenden, so dass der Gleichanteil $\sim \sin(\Delta\varphi)$ übrig bleibt. Da die Sinusfunktion eine ungerade Funktion ist, resultiert also eine Regelgröße, die um den Arbeitspunkt 90° herum ihr Vorzeichen wechselt und nur bei exakt 90° Null ergibt. Bei vorzeichenrichtig geschlossener Regelschleife wird die Resonanzfrequenz der Schleife 108 also aufgrund der quasi unendlichen hohen Regelverstärkung so lange nachgeregelt, bis die Spannung am Multiplizierausgang verschwindet, was gleichbedeutend damit ist, dass die beiden Spannungen am Multipliziereingang 90° Phasenverschiebung aufweisen. Nach den obigen Ausführungen ist die Schleife 108 bei der eingespeisten Frequenz dann in Resonanz. Fig. 9 zeigt ein Blockschaltbild der beschriebenen Anordnung. Der Phasenschieber ist hier im Auskoppelpfad des Richtkopplers eingezeichnet. Wie schon erwähnt, kann er auch im Pfad der Koppelschleife eingeschleift sein. Dies kann vorzugsweise so gewählt werden, dass die jeweils kleinere Phasenverschiebung benötigt wird.

[0229] Im Detail zeigt Fig. 9 ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung 108, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Antennenanordnung 108 umfasst die magnetische Antenne 106 und die Abstimmereinrichtung 120.

[0230] Wie in Fig. 9 gezeigt ist, kann die Abstimmereinrichtung 120 ausgebildet sein, um von dem in die magnetische Antenne 106 vorlaufenden Signal 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) ein Signal abzuleiten (z.B. abzuzweigen), um ein abgeleitetes (z.B. abgezweigtes) Signal 132 zu erhalten. Die Abstimmereinrichtung 120 kann dabei ausgebildet sein, um das Abstimmssignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen dem abgeleiteten Signal 132 und dem Phasensignal 126 bereitzustellen.

[0231] Beispielsweise kann die Abstimmereinrichtung 120 ausgebildet sein, um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmssignal 122 anzusteuern, um die Phasendifferenz zwischen dem abgeleiteten Signal 132 und dem Phasensignal 126 auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0232] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung 120 ferner einen Signalkombinierer 136 (z.B. Multiplizierer oder Subtrahierer) aufweisen, der ausgebildet ist, um (1) das Phasensignal 126 oder eine phasenverschobene Version des Phasensignals, und (2) das abgeleitete Signal 132 oder eine phasenverschobene Version 138 des abgeleiteten Signals 132, zu kombinieren, um ein kombiniertes Signal 140 zu erhalten. Die Abstimmereinrichtung 120 kann dabei ausgebildet sein, um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmssignal 122 anzusteuern, um (1) einen Gleichanteil des kombinierten Signals 140 oder (2) eine tiefpassgefilterte Version 146 des kombinierten Signals 140 auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0233] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung 120 ferner einen Phasenschieber 134 aufweisen, der ausgebildet sein kann, um eines aus dem abgeleiteten Signal 132 und dem Phasensignal 126 phasenzuverschieben, um ein phasenverschobenes Signal 138 zu erhalten. Der Signalkombinierer (z.B. Multiplizierer oder Subtrahierer) 136 kann ausgebildet sein, um das phasenverschobene Signal 138 und das andere aus dem abgeleiteten Signal 132 und dem Phasensignal 126 zu kombinieren, um ein kombiniertes Signal 140 zu erhalten. Der Phasenschieber 134 kann dabei ausgebildet sein, um das eine aus dem abgeleiteten Signal 132 oder dem Phasensignal 126 derart phasenzuverschieben, dass, im Resonanzfall der magnetischen Antenne 106, das phasenverschobene Signal 138 und das andere aus dem abgeleiteten Signal 132 und dem Phasensignal 126 am Signalkombinierer 136 eine vordefinierte Phasendifferenz (z.B. $90^\circ \pm 3^\circ$ oder $\pm 1^\circ$ oder $0,1^\circ$) aufweisen.

[0234] In dem in Fig. 9 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Phasenschieber 134 beispielhaft ausgebildet, um das

abgeleitete Signal 132 phasenzuverschieben, um das phasenverschobene Signal 138 zu erhalten, wobei der Signalkombinierer 136 in diesem Fall ausgebildet sein kann, um das phasenverschobene Signal 138 und das Phasensignal 126 zu kombinieren, um das kombinierte Signal 140 zu erhalten. Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann der Phasenschieber 134 ausgebildet sein, um das Phasensignal 126 phasenzuverschieben, um das phasenverschobene Signal 138 zu erhalten, wobei der Signalkombinierer 136 in diesem Fall ausgebildet sein kann, um das phasenverschobene Signal 138 und das abgeleitete Signal 132 zu kombinieren, um das kombinierte Signal 140 zu erhalten.

[0235] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung ferner einen Energieauskoppler 130 (z.B. einen Richtkoppler oder eine andere Vorrichtung zum Auskoppeln von Energie) aufweisen, der ausgebildet sein kann, um einen Teil des in die magnetische Antenne 106 vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) auszukoppeln, um das abgeleitete Signal 132 zu erhalten.

[0236] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung 120 ferner einen Regelverstärker 144 aufweisen, der ausgebildet ist, um das Abstimmesignal 122 (z.B. Steuersignal) zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 bereitzustellen, wobei der Regelverstärker 144 ausgebildet sein kann, um das Abstimmeelement 111 mit dem Abstimmesignal 122 anzusteuern, um (1) einen Gleichanteil des kombinierten Signals 140 oder (2) eine tiefpassgefilterte Version 146 des kombinierten Signals 140 auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0237] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung 120 ferner einen Tiefpassfilter 142 aufweisen, der ausgebildet sein kann, um das kombinierte Signal 140 tiefpasszufiltern, um ein tiefpassgefiltertes Signal 146 zu erhalten, das den Gleichanteil des kombinierten Signals 140 aufweist.

[0238] Mit anderen Worten, Fig. 9 zeigt ein Blockschaltbild zur automatischen Frequenzregelung unter Auswertung der transmittierten Phase. Der Regelverstärker 144 kann im Allgemeinen als I-Regler oder PI-Regler ausgeführt sein. Insbesondere bei Frequency-Hopping-Systemen [6] ist darauf zu achten, dass dessen Einschwingzeit kurz genug ist. Dies lässt sich durch Wahl einer entsprechend kurzen Regelzeitkonstante (z.B. $\leq 10 \mu\text{s}$) erreichen.

[0239] Für den in Fig. 9 gezeigten Richtkoppler 130 sind in der Literatur diverse Ausführungen bekannt. Eine davon ist in [5, Seite 88, Bild 7.3] in einer speziellen Ausführungsform zu finden. Sie ist hier in Fig. 10a in allgemeiner Form dargestellt.

[0240] Im Detail zeigt Fig. 10a ein schematisches Blockschaltbild eines herkömmlichen Richtkopplers 130. Der Richtkoppler 130 umfasst einen ersten Anschluss 150, einen zweiten Anschluss 151, einen dritten Anschluss 152 und einen vierten Anschluss 153. Ferner umfasst der Richtkoppler 130 einen ersten Widerstand 154 (z.B. der Größe Z_0/N), der zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem zweiten Anschluss 151 geschaltet ist, und einen zweiten Widerstand 155 der zwischen einem Zwischenknoten zwischen zwei Transformatoren 157_1 und 157_2 und Masse geschaltet ist. Der erste Transformator 157_1 umfasst eine erste Spule 158_1, die zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem dritten Anschluss 152 geschaltet ist, und eine zweite Spule 159_1, die zwischen dem Zwischenknoten und Masse geschaltet ist. Der zweite Transformator 157_2 umfasst eine erste Spule 158_2, die zwischen dem zweiten Anschluss 151 und dem vierten Anschluss 153 geschaltet ist, und eine zweite Spule 159_2, die zwischen dem Zwischenknoten und Masse geschaltet ist.

[0241] Im Gegensatz zu dem in Fig. 10a gezeigten Richtkoppler 130 mit zwei Transformatoren, schaffen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung einen Richtkoppler 130 mit nur einem Transformator (reduzierter Übertrageranzahl). Ausführungsbeispiele des Richtkopplers 130 mit nur einem Transformator sind in den Fig. 10b und 10c gezeigt.

[0242] Fig. 10b zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Richtkopplers 130, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Richtkoppler 130 umfasst einen ersten Anschluss 150, einen zweiten Anschluss 151, einen dritten Anschluss 152 und einen vierten Anschluss 153. Ferner umfasst der Richtkoppler 130 einen ersten Widerstand 154 (z.B. der Größe Z_0/N), der zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem zweiten Anschluss 151 geschaltet ist, einen zweiten Widerstand 155 (z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$), der zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem dritten Anschluss 152 geschaltet ist, und einen dritten Widerstand 156 (z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$), der zwischen dem zweiten Anschluss 151 und dem vierten Anschluss 153 geschaltet ist. Ferner umfasst der Richtkoppler 130 einen Transformator 157, wobei eine erste Spule 158 des Transformators 157 zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem dritten Anschluss 152 geschaltet ist, und wobei eine zweite Spule 159 des Transformators 157 zwischen dem zweiten Anschluss 151 und dem vierten Anschluss 153 geschaltet ist. Die erste Spule 158 und die zweite Spule 159 können dabei die gleiche Anzahl an Wicklungen aufweisen.

[0243] Fig. 10c zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Richtkopplers 130, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Richtkoppler 130 umfasst einen ersten Anschluss 150, einen zweiten Anschluss 151, einen dritten Anschluss 152 und einen vierten Anschluss 153. Ferner umfasst der Richtkoppler 130 einen ersten Widerstand 154 (z.B. der Größe Z_0/N), der zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem zweiten Anschluss 151 geschaltet ist, einen zweiten Widerstand 155 (z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$), der zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem dritten Anschluss 152 geschaltet ist, und einen dritten Widerstand 156 (z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$), der zwischen dem zweiten Anschluss 151 und dem vierten Anschluss 153 geschaltet ist. Ferner umfasst der Richtkoppler 130 einen Transformator 157, wobei eine erste Spule 158 des Transformators 157 zwischen dem ersten Anschluss 150 und dem zweiten Anschluss 151 geschaltet ist, und wobei eine zweite Spule 159 des Transformators 157 zwischen dem dritten Anschluss 152 und

dem vierten Anschluss 153 geschaltet ist. Die erste Spule 158 und die zweite Spule 159 können dabei die gleiche Anzahl an Wicklungen aufweisen.

[0244] Der in Fig. 10b gezeigte Richtkoppler 130 geht aus dem in Fig. 10a gezeigten Richtkoppler hervor, indem die beiden festgekoppelten Übertrager 157_1 und 157_2 von Fig. 10a zu einem zusammengefasst werden und der in der Mitte befindliche Widerstand 155 der Größe $N \cdot Z_0$ zu gleichen Teilen auf beide Seiten des noch verbleibenden Übertragers 157 in Fig. 10b verschoben wird, was in zwei Widerstände 155 und 156 mit dem Wert $2N \cdot Z_0$ resultiert. Da Widerstände im Vergleich zu Transformatoren weder von den Kosten noch vom Volumen ins Gewicht fallen ist dieser minimale Mehraufwand irrelevant. Tatsächlich kann die Verschiebung des inneren Widerstandes auch zu ungleichen Teilen erfolgen, solange der Wert einer gedachten Parallelschaltung dieser beiden Widerstände immer den Wert $N \cdot Z_0$ ergibt. Im Grenzfall würde also auch nur ein Widerstand mit dem Wert $N \cdot Z_0$ genügen, der auf der linken oder rechten Seite des Übertragers 157 von Fig. 10b angebracht wäre. Allerdings haben reale Transformatoren nie 100% Koppelfaktor, so dass die streng symmetrische Version von Fig. 10b auch zu einem möglichst symmetrischen Richtkopplerverhalten führt (d.h. die beiden Ausgänge für vor- und rücklaufende Leistung haben dann bei Vor- oder Rückwärtsspeisung auch möglichst gleiche Eigenschaften).

[0245] Fig. 10c zeigt eine Abwandlung des in Fig. 10b gezeigten Richtkopplers 130, bei der der Übertrager 157 um 90° gedreht angeordnet ist. Es lässt sich zeigen, dass dies bei idealen Übertragern mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 immer möglich ist, solange eine galvanische Trennung keine Rolle spielt. Beweis dazu siehe Fig. 11a und 11b.

[0246] Gegeben sei ein festgekoppelter ($k = 100\%$) Übertrager mit dem Übersetzungsverhältnis 1:1 und unendlich hoher Hauptinduktivität (idealer Trafo). Er sei wie in Fig. 11a in einem Netzwerk eingebunden, wo an drei Knoten die auf Masse bezogenen Spannungen U_1 , U_2 und U_3 vorliegen mögen. Die Spannung U_4 ist nun nicht mehr frei wählbar, denn sie unterliegt aufgrund des Schaltungszwangs $U_{prim} = U_{sek}$ der Bedingung

$$U_4 = U_3 - U_{sek} = U_3 - (U_1 - U_2) = U_2 + U_3 - U_1$$

[0247] Wenn es nicht auf eine galvanische Trennung ankommt (und nur dann!) kann der Übertrager auch um 90° gedreht werden, wie dies in Fig. 11b gezeigt ist. Auch hier seien vom Netzwerk die Potenziale U_1 , U_2 und U_3 in gleicher Weise vorgegeben. Nun sei $U_{prim} = U_1 - U_3$. Wegen $U_{prim} = U_{sek} = U_2 - U_4$ muss für U_4 also gelten:

$$U_4 = -U_{prim} + U_2 = U_2 - (U_1 - U_3) = U_2 + U_3 - U_1$$

[0248] Die vierte per Schaltungszwang festgelegte Spannung ergibt also in beiden Fällen den gleichen Wert, somit sind die Netzwerke äquivalent. qed.

[0249] Da nun aber reale Übertrager nichtideal sind, d.h. die Hauptinduktivität ist nicht unendlich groß, die Streuinduktivität ist nicht Null und der Koppelfaktor ist kleiner als 100%, kann je nach vorhandenem Übertrager und beabsichtigten Frequenzbereich die Version aus Fig. 10b oder Fig. 10c bessere Ergebnisse liefern.

[0250] Bei Ausführungsbeispielen erfolgt eine Auswertung der Phasenlage des in die magnetische Schleife 108 (engl. magnetic Loop) vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung), beispielsweise mittels eines Vergleichs zwischen der Phasenlage des in die magnetische Schleife 108 vorlaufenden Signals 124 (z.B. vorlaufenden Leistung) mit der z.B. über eine kleine Koppelschleife 128 von der Schleife 108 induktiv ausgekoppelten Leistung.

[0251] Da die Abstimmrichtung durch diese Methode der Phasenauswertung bekannt ist (im Verfahren im nächsten Abschnitt ist die Richtung, in die abgestimmt werden muss, nicht bekannt), ist eine sehr schnelle Nachführung der Resonanz möglich, dadurch ist bei Frequency-Hopping-Systemen eine Abstimmung pro Hop möglich, magnetische Antennen können somit für Frequency-Hopping-Systeme oder für Telegram-Splitting-Systeme [6] und [7] verwendet werden.

[0252] Ausführungsbeispiele schaffen eine Richtkopplerversion mit reduzierter Übertrageranzahl.

2.2. Erzeugung einer Abstimminformation / Anpassinformation durch Amplitudenauswertung bei Selbstempfang

[0253] Fig. 12 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung 104, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Antennenanordnung 104 umfasst die magnetische Antenne 106 mit dem Abstimmelement 111 und die Abstimmrichtung 120 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0254] Die Abstimmrichtung 120 ist ausgebildet, um das Abstimmsignal 122 (z.B. Abstimmspannung) zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit einer Amplitude eines Signals 160, das auf einem durch die Schleife 108 bzw. durch die magnetische Antenne 106 erzeugten Magnetfeld (z.B. im Nahfeld) basiert, bereitzustellen, und um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0255] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung 104 eine Induktionsschleife 162 (oder Induktionsspule) aufweisen, die ausgebildet ist, um das Signal 160, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, bereitzustellen. Die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 und die Induktionsschleife 162 (oder Induktionsspule) können auf derselben Leiterplatte angeordnet (z.B. implementiert) sein.

[0256] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung 120 ausgebildet sein, um das Abstimmeelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, dass um die Amplitude des Signals 160 auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln, beispielsweise derart, dass die Amplitude größer oder gleich dem vorgegebenen (z.B. vordefinierten) Sollwert (z.B. Referenzwert) ist.

[0257] Beispielsweise kann die Abstimmereinrichtung 120 ausgebildet sein, um durch Ansteuerung des Abstimmeelements 111 mit dem Abstimmsignal 122 (z.B. Steuersignal) die Amplitude des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, auf den vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0258] Zum Beispiel kann die Abstimmereinrichtung 120 ausgebildet sein, um das Abstimmsignal 122 (z.B. Steuersignal) nachzuführen, um einer Abweichung der Amplitude des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, von dem vorgegebenen Sollwert entgegenzuwirken.

[0259] Der vorgegebene Sollwert kann im Vorfeld (z.B. bei einer werkseitigen Kalibrierung) durch eine Referenzmessung im ungestörten Fall der magnetischen Antenne 106 und/oder im Resonanzfall der magnetischen Antenne 106 ermittelt werden.

[0260] Ferner oder alternativ kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um den vorgegebenen Sollwert durch eine Referenzmessung im ungestörten Fall der magnetischen Antenne 106 und/oder im Resonanzfall der magnetischen Antenne 106 zu ermitteln.

[0261] Bei der Referenzmessung kann ein vorgegebenes Signal mit der magnetischen Antenne 106 ausgesendet werden. Beispielsweise kann das vorgegebene Signal eine vorgegebene Signalform, vorgegebene Sendefrequenz, vorgegebene Bandbreite, vorgegebene Amplitude und/oder vorgegebene Modulationsart aufweisen. Beispielsweise kann das vorgegebene Signal ein Sinussignal mit einer normierten Sendespannung sein.

[0262] Bei magnetischen Empfangsantennen wird in der Regel auf maximalen Empfangspegel abgestimmt (Resonanzfrequenz) bzw. angepasst (Leistungsanpassung). Bei magnetischen Sendeantennen auf maximale Abstrahlleistung. Die Abstimminformation bzw. Anpassinformation kann, wie nachfolgend in den Abschnitten 2.2.1. und 2.2.2. detailliert beschrieben wird, erhalten werden, womit die Abstimmung bzw. Anpassung der magnetischen Antenne 106 bei Ausführungsbeispielen auch automatisch nachführbar ist.

[0263] Im Folgenden wird für eine magnetische Sendeantenne ein detailliertes Ausführungsbeispiel zur Ermittlung einer Regelgröße durch Selbstempfang beschrieben.

2.2.1. Selbstempfang

[0264] Um eine messtechnisch erfassbare Größe zu erhalten, welche eine Aussage über die Anpassung der magnetischen Antenne 106 gibt, kann bei Ausführungsbeispielen eine kleine Induktionsschleife 162 oder eine kleine SMD Spule 162 neben der eigentlichen magnetischen Antenne 106 auf der Leiterplatte platziert werden. Für den Fall, dass die magnetische Antenne 106 gut angepasst ist, wird in dieser Schleife 162 eine Spannung mit einer bestimmten Amplitude induziert. Wenn anschließend die magnetische Antenne 106 bei der geforderten Frequenz durch einen Körper in der Nähe nicht mehr resonant und angepasst ist, verringert sich die Amplitude der induzierten Spannung. Dieser Spannungsunterschied kann anschließend entsprechend detektiert werden. Nach Abgriff und Gleichrichtung kann daraus z.B. eine analoge Regelgröße gewonnen werden oder durch A/D Wandlung eine entsprechende digitale Regelung aufgebaut werden.

[0265] Werden verschiedene Materialien in die Nähe der magnetischen Antenne 106 gebracht so lässt sich der Einfluss der Materialien auf die Antenneneigenschaften entsprechend qualitativ anhand der induzierten Messspannung bewerten. Als Referenz dient ein im ungestörten Fall ermittelter Wert mit normierter Sendespannung. Diese Referenzmessung kann im Einsatzfall auch durch Aussenden eines Sinustones auf einer oder mehrerer Frequenzen durch die magnetische Sendeantenne 106 und Empfang an der Induktionsschleife 162 wiederholt werden. Dadurch ist ein Nachmessen und Überprüfen der Resonanzkurve der verbauten magnetischen Antenne 106 am Einsatzort möglich. Wird die gewonnene Induktionsschleife 162 z.B. nach Gleichrichtung und A/D Wandlung beispielsweise in einem Mikrocontroller mit entsprechenden Tabellen oder Richtwerten verglichen, so können damit Strategien zur Optimierung der Antenneneigenschaften (Nachstimmen, Anpassen) speziell für die aktuelle Einsatzsituation umgesetzt werden.

[0266] Bei Ausführungsbeispielen erfolgt somit eine Erzeugung eines Abstimmsignals (z.B. von Abstimminformation bzw. Anpassinformation) durch Selbstempfang.

[0267] Bei Ausführungsbeispielen kann hierzu eine kleine Induktionsschleife 162 oder eine kleine SMD Spule 160 auf der gleichen (oder derselben) Leiterplatte (engl. printed circuit board (PCB)) wie die magnetische Sendeantenne 106 platziert werden.

[0268] Bei Ausführungsbeispielen kann aus der Empfangsleistung der Induktionsschleife 162 bzw. der SMD Spule

162 eine Aussage über die Abstimmung bzw. Anpassung erzeugt werden, beispielsweise durch einen Vergleich mit einer abgelegten Kalibrierinformation.

2.2.2. Abstimmrichtung bzw. Anpassungsrichtung durch senden auf mehreren Frequenzen

[0269] In Abschnitt 2.2.1. wurde aufgezeigt, wie der Grad der aktuellen Abstimmung bzw. Anpassung gemessen werden kann.

[0270] Nach einmaligem Erfassen einer oder mehrerer Größen kann allerdings nicht eindeutig festgestellt werden, in welche Richtung die (magnetische) Antenne 106 verstimmt bzw. falsch angepasst ist. Also ob aktuell für eine zu hohe oder zu niedrige Frequenz abgestimmt ist bzw. zu induktiv oder kapazitiv angepasst ist. Normalerweise würde in einem Kalibrierschritt häufiger gesendet, jedes Mal gemessen und die Anpassung der magnetischen Antenne 106 verändert werden, bis ein Sollwert bzw. Sollwertbereich (z.B. Optimum) erreicht ist.

[0271] Dieses Problem kann gelöst werden, indem auf verschiedenen Frequenzen gesendet wird und dabei eine oder mehrere Messgrößen erfasst werden. Mithilfe dieser Information kann eine Messkurve erzeugt werden, die die Anpassung über die Frequenz darstellt (oder es wird der beste Punkt ausgewählt).

[0272] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Ausstrahlung eines "Kalibriertones" oder eines Sendesignals auf mehreren Frequenzen erfolgen.

[0273] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Messung einer Selbstempfangsleistung auf mehreren Frequenzen erfolgen.

[0274] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Generierung der "Abstimmrichtung bzw. Anpassungsrichtung" durch Auswertung des Verlaufs der Empfangsleistung auf den verschiedenen Frequenzen erfolgen.

2.3. Abstimmung durch Messung des Leistungs- oder Stromverbrauches der Sendeeinrichtung (Sende-ICs)

[0275] Eine Antenne 106 ist dann am besten abgestimmt, wenn keine Leistung reflektiert (P_{reflekt}) wird, bzw. das Verhältnis der in die Antenne 106 transmittierten Leistung (P_{aus}) zur reflektierten Leistung (P_{reflekt}) maximal wird. Unter Anpassung versteht man sowohl die Anpassung an eine gewünschte Impedanz, als auch eine Abstimmung auf die gewünschte Sendefrequenz. Durch ein Anpass Netzwerk (engl. Matching Network) kann die Impedanz verändert werden. Dies verändert die Angepasste-Frequenz der Antenne und die Effizienz der Verstärker. Bei magnetischen Antennen werden die Empfangsfrequenz und die Anpassung gleichermaßen verstimmt. Dies kann z.B. durch umschalten von Kondensatoren erfolgen. Bei elektrischen Antennen kann z.B. durch Schalter die elektrische Länge und so die Frequenz verstimmt werden. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie ein Abstimmungssignal zur Reduktion der reflektierten Leistung bestimmt werden kann.

2.3.1. Messaufbau

[0276] Zur Bestimmung der Leistung, die in die Antenne 170 hinein bzw. herausgeht, können beispielsweise ein Richtkoppler 172 und zwei Powermeter 174 und 176 verwendet werden, wie dies in Fig. 13 gezeigt ist.

[0277] Mithilfe des in Fig. 14 gezeigten Messaufbaus konnte gezeigt werden, dass bei typischen Sendeeinrichtungen 102 (z.B. Senderschaltkreisen), wie sie z.B. für drahtlose Sensorknoten verwendet werden, der Eingangsstrom sich je nach Antennenanpassung ändert. Der Messaufbau umfasst ein Amperemeter 178, das den Eingangsstrom der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sendeschaltung) misst, ein Powermeter 180, das die Ausgangsleistung misst, und einen coaxialen Tuner 182.

[0278] Mit dem coaxialen Tuner 182 können für die benötigte Frequenz alle gewünschten Impedanzen nachgebildet werden. Um dies zu bewerkstelligen kann der Tuner 182 beispielsweise mit Hilfe eines Vector Netzwerkanalysators (VNA) kalibriert und anschließend mit dem Testobjekt verbunden werden.

[0279] Mit dem in Fig. 14 gezeigten Messaufbau kann der aufgenommene Strom der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sendesystem) und die abgegebene Sendeleistung für alle eingestellten komplexen Impedanzen ermittelt werden. Wie in Fig. 14 gezeigt ist, kann nun die Sendeeinrichtung 102 (z.B. Frontend) vermessen werden und der Verlauf zwischen Ausgangsleistung und Eingangsstrom abgetragen werden.

[0280] Daraus können zwei 3D Graphen erzeugt werden, die den Eingangsstrom und die Ausgangsleistung über der Antennenimpedanz zeigen, wie dies in den Fig. 15 und Fig. 16 dargestellt ist.

[0281] Im Detail zeigt Fig. 15 in einem Smith-Diagramm die Stromaufnahme der Sendeeinrichtung 102 aufgetragen über die Antennenimpedanz. Der untere Bereich des Smith-Diagramms zeigt dabei eine höhere Stromaufnahme, während der obere Bereich des Smith-Diagramms eine niedrigere Stromaufnahme zeigt. In der Mitte des Smith-Diagramms bei 50 Ohm nimmt die Sendeeinrichtung 102 ca. 100 mA auf.

[0282] Fig. 16 zeigt in einem Smith-Diagramm die Ausgangsleistung aufgetragen über der Antennenimpedanz. Der mittlere Bereich des Smith-Charts zeigt dabei eine Ausgangsleistung von ca. 18 dBm, wobei die Leistung zum Rande

des Smith-Diagramms absinkt.

[0283] Wird nun der Impedanz- und Leistungsverlauf schematisch über den Eingangsstrom (der Sendeeinrichtung 102) aufgetragen, ergeben sich Verläufe wie in Fig. 17a, Fig. 17b und Fig. 18 gezeigt.

[0284] Im Detail zeigt Fig. 17a in einem Diagramm einen Verlauf eines Realteils R und eines Imaginärteils X der Antennenimpedanz aufgetragen über den Eingangsstrom der Sendeeinrichtung 102. Dabei beschreibt die Ordinate die Impedanz in Ohm und die Abszisse den Eingangsstrom der Sendeeinrichtung 102 in mA.

[0285] Fig. 17b zeigt in einem Diagramm einen Verlauf der Ausgangsleistung aufgetragen über den Eingangsstrom der Sendeeinrichtung 102. Dabei beschreibt die Ordinate die Leistung und die Abszisse den Eingangsstrom der Sendeeinrichtung 102 in mA.

[0286] Fig. 18 zeigt in einem Diagramm einen Verlauf eines Realteils R und eines Imaginärteils X der Antennenimpedanz sowie einen Verlauf der Ausgangsleistung aufgetragen über den Eingangsstrom der Sendeeinrichtung 102. Dabei beschreibt in Fig. 18 die Ordinate die Impedanz in Ohm bzw. die Leistung in dBm und die Abszisse den Eingangsstrom der Sendeeinrichtung 102 in mA.

[0287] Es ergibt sich, dass der Imaginärteil X streng monoton steigend mit dem Eingangsstrom (der Sendeeinrichtung 102) ist. Von den Messpunkten "Kurzschluss" bis "offen", wie in Fig. 17a dargestellt, nimmt der Eingangsstrom (der Sendeeinrichtung 102) stetig zu. Der Verlauf der Ausgangsleistung über den Eingangsstrom zeigt, dass ein Eingangsstrom von ca. 100 mA mit der maximalen Ausgangsleistung korrespondiert (Pout über lin). Dies ist bei dem Messpunkt $(50 + 0j)$ Ohm.

[0288] Der Messaufbau zeigt somit, dass es möglich ist, über eine Messung des Eingangsstroms (der Sendeeinrichtung 102) eine Aussage über die Qualität der Antennenanpassung zu treffen.

2.3.2. Erzeugung des Abstimmsignals in Abhängigkeit von einer Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung

[0289] Fig. 19 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung 104, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Antennenanordnung 104 umfasst eine Antenne 106 mit einem Abstimmelement 111, und die Abstimmeinrichtung 120 zur Abstimmung der Antenne 106. Die Abstimmeinrichtung 120 ist ausgebildet, um das Abstimmsignal 122 zur Abstimmung der Antenne 106 in Abhängigkeit von einer Leistungs- oder Stromaufnahme einer mit der Antenne 106 verbundenen Sendeeinrichtung 102 bereitzustellen, und um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um die Antenne 106 abzustimmen.

[0290] Wie in Fig. 19 gezeigt ist, kann die Antenne 106 bei Ausführungsbeispielen eine magnetische Antenne 106 mit einer einfach oder mehrfach unterbrochenen Schleife 108 sein. Bei Ausführungsbeispielen kann die Antenne 106 jedoch auch eine elektrische Antenne sein.

[0291] In der nachfolgenden Beschreibung wird beispielhaft davon ausgegangen, dass die Antenne 106 eine magnetische Antenne ist. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele hinsichtlich der Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit von einer Leistungs- oder Stromaufnahme der mit der Antenne 106 verbundenen Sendeeinrichtung 102 bzw. von einer Leistungs- oder Stromaufnahme eines aktiven Bauelements der Sendeeinrichtung auch auf eine elektrische Antenne anwendbar sind.

[0292] Bei Ausführungsbeispielen kann die Stromaufnahme der Sendeeinrichtung z.B. mittels eines Strommessers 186 (z.B. Amperemeters) ermittelt werden. Anstelle der Stromaufnahme kann auch die Leistungsaufnahme der Sendeeinrichtung 102 ermittelt werden, beispielsweise mittels eines Leistungsmessers (z.B. Powermeters).

[0293] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmeinrichtung 102 ausgebildet sein, um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um die Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung 102 auf einen vorgegebenen (z.B. vordefinierten) Sollwertebereich hin zu regeln.

[0294] Beispielsweise kann die Abstimmeinrichtung 120 ausgebildet sein, um durch Ansteuerung des Abstimmelements 111 mit dem Abstimmsignal 122 (z.B. Steuersignal) die Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung 102 auf den vorgegebenen Sollwertebereich hin zu regeln.

[0295] Zum Beispiel kann die Abstimmeinrichtung 120 ausgebildet sein, um das Abstimmsignal 122 (z.B. Steuersignal) nachzuführen, um einer Abweichung der Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung 102 von dem vorgegebenen Wertebereich entgegenzuwirken.

[0296] Der vorgegebene Sollwertebereich (z.B. vordefinierte Wertebereich) kann beispielsweise

- durch eine Systemsimulation unter Annahme einer idealen oder nahezu idealen Anpassung der magnetischen Antenne,
- bei Abschluss der Sendeeinrichtung 102 mit einer vordefinierten Impedanz (z.B. 50 Ohm),
- basierend auf einer Antennenmessung (z.B. mittels eines Antennentuners),
- basierend auf einem Mittelwert der Leistungs- oder Stromaufnahme bei kurzgeschlossenem Abschluss und offenem Abschluss der Sendeeinrichtung 102,
- basierend auf einer Messung einer Abstrahlungsleistung,

ermittelt werden.

[0297] Fig. 20 zeigt einen Messaufbau zum Bestimmen der idealen Antennenanpassung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Messaufbau umfasst eine Sendeeinrichtung 102, eine magnetische Antenne 106 mit dem Abstimmeelement 111, ein Anpassungsnetzwerk 113 zwischen der Sendeeinrichtung 102 und der magnetischen Antenne 106 sowie ein Amperemeter 186 zur Messung der Stromaufnahme der Sendeeinrichtung 102, wobei das Abstimmsignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit von der gemessenen Stromaufnahme der Sendeeinrichtung 102 erzeugt wird. Der in Fig. 20 gezeigte Messaufbau kann beispielsweise in einem Gerät, wie z.B. einem Teilnehmer 100 eines Kommunikationssystems, implementiert werden.

[0298] Wie in Fig. 20 zu erkennen ist, kann das Gerät nun im Gegensatz zum Aufbau aus Fig. 13 stark vereinfacht werden, weil anstelle eines Richtkopplers 172 und zweier Powermeter 174 und 176 bei Ausführungsbeispielen nur noch ein Amperemeter 186 erforderlich ist. Die Strommessung kann für die Abstimmung der Sendeantenne 106 genutzt werden.

[0299] Die Kalibrierung des Aufbaus kann folgende Schritte umfassen:

1. Feststellen des idealen Stromwertes, und
2. Einstellen der (magnetischen) Antenne 106.

[0300] Im nächsten Schritt kann die (magnetische) Antenne 106 auf Grundlage der kalibrierten Stromwerte angepasst werden. Im laufenden Betrieb kann die Antennenanpassung solange verändert werden, bis der gewünschte Strom (Eingangsstrom der Sendeeinrichtung) erreicht ist. Durch die monoton steigende Impedanzkurve ist nach einmaligem verstellen der (magnetischen) Antenne 106 direkt die Richtung bekannt, in der das Optimum liegt. Das Einstellen ist auch während des laufenden Betriebes möglich. Als Sendesignal kann entweder ein CW-Signal (CW = Continuous wave, dt. eine ungedämpfte, also zeitlich konstante abgestrahlte Welle) oder auch direkt das modulierte Signal z.B. G-MSK (Gaussian Minimum Shift Keying) verwendet werden.

[0301] Das Einstellen der (magnetischen) Antenne 106 ist durch ein Testsignal (CW) möglich, wobei das Nutzsignal z.B. nur bei optimierten Bedingungen gesendet wird. Durch Optimierung der Antennenanpassung wird das System in einem optimalen Wirkungsgrad betrieben. Hierdurch kann der Energiebedarf gesenkt werden.

[0302] Das genutzte Anpassungsnetzwerk kann beispielsweise N-Zustände haben, die direkt mit entsprechenden Stromwerten verknüpft werden können. Somit ist die Anpassung der (magnetischen) Antenne 106 über wenige Schritte durch eine Tabelle möglich. Dies minimiert den Programmieraufwand.

[0303] Durch Veränderung der Phase des Sendesignals kann die (magnetische) Antenne 106 zusätzlich angepasst werden.

[0304] Wenn eine Anpassung nicht möglich ist, kann das System (z.B. der Teilnehmer 100 oder die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) den Sendevorgang unterbrechen und zu einem späteren Zeitpunkt die Anpassung erneut überprüfen. Hierdurch kann Energie gespart werden, da der Teilnehmer (z.B. Knoten) immer mit optimalem Wirkungsgrad sendet.

[0305] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil der Einsparung an Hardwarekosten, da kein HF-Koppler und kein Powermeter benötigt wird.

[0306] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass keine Dämpfung der Ausgangsleistung durch den HF-Koppler erfolgt.

[0307] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass ein steigender Strom die Richtung der benötigten Anpassung angibt. Es ist keine Minimumsuche erforderlich, wodurch der Idealwert schneller gefunden werden kann.

[0308] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass, im Falle einer digitalen bzw. softwarebasierten Implementierung, diese durch eine Zuweisungstabelle einfach zu programmieren ist.

[0309] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass diese auf verschiedene Sendesysteme anwendbar sind.

[0310] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil der Energieeffizienz.

[0311] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) den Stromverbrauch der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sende-IC bzw. Sendesystem) ermitteln (z.B. messen).

[0312] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100) eine abstimbare (magnetische) Antenne 106 aufweisen.

[0313] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) die (magnetische) Antenne 106 verstimmen (ggf. Sonderfall "Kurzschluss" und "offen", 50 Ω).

[0314] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) die Strominformation verwenden, um eine ideale Antenneneinstellung zu finden (siehe Ablauf oben).

[0315] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) die veränderbare (z.B. abstimbare) (magnetisch) Antenne 106 durch Messung des Stromverbrauches der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sende-IC) abstimmen.

[0316] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Abweichung von der Anpassung durch Abweichungen der Stromaufnahme bei idealer Anpassung ($50\ \Omega$) erkennen.

2.3.3. Charakterisierung des Systems

[0317] Um eine Aussage von dem gemessenen Eingangsstromwert (der Sendeeinrichtung 102) auf die Antennenanpassung machen zu können, können dem System (z.B. dem Teilnehmer 100 bzw. der Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) Informationen über die Stromaufnahme bei idealer Anpassung gegeben werden.

[0318] Der Eingangsstrom (der Sendeeinrichtung 102) kann auf unterschiedliche Arten bestimmt werden. Jede Methode kann prinzipiell in jedem Stadium durchgeführt werden.

2.3.3.1. Simulation des Systems

[0319] Bei Ausführungsbeispielen kann der Eingangsstrom (der Sendeeinrichtung 102) bei idealer Anpassung (der magnetischen Antenne 106) mithilfe einer Systemsimulation z.B. in ADS ermittelt werden. Wenn hinreichend gute Modelle vorhanden sind, kann die Simulation eine Abhängigkeit von Stromverbrauch zu Anpassung der (magnetischen) Antenne 106 liefern.

2.3.3.2. Messungen bei idealem Impedanz Abschluss

[0320] Bei Ausführungsbeispielen kann der gewünschte Eingangsstrom (der Sendeeinrichtung 102) mit maximaler Ausgangsleistung z.B. bei der Inbetriebnahme über Speichern des aktuellen Stromwertes bei einem $50\ \Omega$ abgeschlossenen Ausgang gemacht werden.

2.3.3.3. Einmalige Messung mit Tuner z.B. im Labor

[0321] Bei Ausführungsbeispielen kann über einen Aufbau wie in Fig. 14 mithilfe eines Antennentuners 182 jeder Punkt gemessen und die maximale Leistung gefunden werden.

2.3.3.4. Messung an jeder Hardware. z.B. Test bei Inbetriebnahme in der Fertigung.

[0322] Bei Ausführungsbeispielen kann der ideale Punkt auch über Verbinden (z.B. Anschrauben) verschiedener Kalibriernormale erreicht werden. Beispielsweise kann ein $50\ \Omega$ Abschluss verwendet werden, welcher direkt den idealen Strom angibt.

[0323] Es kann auch ein Abschluss (z.B. Stecker) mit "offenem" Ende bzw. "Kurzschluss" verwendet werden, um die Richtung des Impedanzverlaufs zu bestimmen. Der ideale Strom kann als Mittelwert zwischen den beiden (z.B. "offen" und "Kurzschluss") angenommen werden.

[0324] Es können alle der drei Kalibrierstandards ("offen", "Kurzschluss", " $50\ \Omega$ ") zusammen oder einzeln genutzt werden, um eine Information über den Stromverlauf zu erhalten.

[0325] Es können auch weitere Standards abweichend von $50\ \Omega$ genutzt werden, wenn die ideale Impedanz für maximale Leistung davon abweicht.

2.3.3.5. Kalibrierung der Stromaufnahme durch Empfang mit einer Referenzantenne

[0326] Bei Ausführungsbeispielen kann zur Kalibrierung eine Funkstrecke aufgebaut werden, wobei das vom Sender mit einer (magnetischen) Antenne 106 abgestrahlte Signal durch eine weitere Antenne empfangen und die Empfangsleistung ausgewertet werden kann. Hierbei können die Abstimmelemente 111 der (magnetischen) Antenne 106 manuell verändert und die entsprechende Empfangsleistung und Stromaufnahme notiert werden. Die Stromaufnahme bei maximaler Empfangsleistung ist der Wert, auf den im Betrieb abgestimmt wird. Für eine bessere Reproduzierbarkeit kann die Messung in einer geschirmten und reflexionsarmen Umgebung, wie z.B. in Antennenmesshalle, durchgeführt werden.

2.3.3.6. Messung mit on Board Schaltung z.B. im Feld

[0327] Bei Ausführungsbeispielen können externe Kalibrierstecker auch direkt auf der Platine realisiert werden und z.B. über einen HF-Schalter umgeschaltet werden. So ist eine Ermittlung des idealen Stromes auch unter unterschiedlichen Betriebsmodi bzw. Umgebungsbedingungen, wie z.B. Temperatur (Kälte, Wärme), möglich.

2.3.3.7, Vorkenntnisse des Verlaufs der Impedanz der Antenne

[0328] Bei Ausführungsbeispielen kann durch Vorkenntnis des Impedanzverhaltens bei Verstimmung der verwendeten (magnetischen) Antenne 106 für den jeweiligen Verlauf der Impedanz eine Aussage über die ideale Stromaufnahme der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sendesystem) getroffen werden. Es kann eine Funktion ermittelt werden, die für die verwendete (magnetische) Antenne 106 den idealen Punkt zwischen den Fällen "Kurzschluss" und "Offen" geben kann. Dies ist nur nötig, falls der Verlauf von einer Geraden (Fall: Mitte zwischen "Kurzschluss" und "offen" ist ideal) abweicht.

2.3.3.8. Rückmeldung der ausgesendeten Leistung von einem anderen Teilnehmer

[0329] Bei Ausführungsbeispielen kann im normalen Betrieb (z.B. im Feld) das ausgesendete Signal von einem anderen Teilnehmer empfangen werden, wobei dieser an den sendenden Teilnehmer rückmelden kann, wie gut das empfangene Signal war, wodurch der sendende Teilnehmer eine Abstimmspannung erzeugen kann.

2.3.4. Vorteile und Ausführungsbeispiele

[0330] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass eine Kalibrierung des Geräts (z.B. Teilnehmers 100 bzw. der magnetischen Antenne 106) im Betrieb ("Kurzschluss", "Offen", 50 Ohm) vorgenommen werden kann.

[0331] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Anpassungsinformation durch vorherige Kalibrierung enthalten kann.

[0332] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Kalibrierung mit weniger Standards (z.B. nur "Kurzschluss" und "offen") vornehmen kann, wobei die Mitte als ideal angenommen werden kann.

[0333] Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) durch bekanntes Antennenverhalten die Kalibrierung vereinfachen / optimieren kann.

[0334] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) den Stromverbrauch der Sendeeinrichtung (z.B. Sende-IC bzw. Sendesystem) messen.

[0335] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100) eine abstimmbare (magnetische) Antenne 106 aufweisen.

[0336] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) die (magnetische) Antenne 106 verstimmen (ggf. Sonderfall Kurzschluss und Offen, 50 Ω).

[0337] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) die Strominformation verwenden, um ideale Antenneneinstellung zu finden (siehe Ablauf oben).

[0338] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) die veränderbare (z.B. abstimmbare) (magnetische) Antenne 106 durch Messung des Stromverbrauches der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sende-IC) abstimmen.

[0339] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) die Anpassungsinformation durch vorherige Kalibrierung enthalten.

[0340] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Kalibrierung im Betrieb ("Kurzschluss", "Offen", "50 Ohm") vornehmen.

[0341] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Abweichung von der Anpassung durch Abweichungen der Stromaufnahme bei idealer Anpassung (50 Ω) erkennen.

[0342] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Kalibrierung z.B. im Betrieb mit weniger Standards (z.B. nur "Kurzschluss" und "offen") vornehmen, wobei die Mitte als ideal angenommen werden kann.

[0343] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Kalibrierung z.B. im Betrieb mit 50 Ohm als Referenz für eine ideale Anpassung der Antenne 106 vornehmen.

[0344] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Anpassungsinformation (Stromaufnahme) nutzen, um einen optimalen Sendezeitpunkt zu finden. Beispielsweise kann erst gesendet werden, wenn der optimale Wirkungsgrad erreicht ist.

[0345] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) die Antennenanpassung nutzen, um Energie zu sparen.

[0346] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100 bzw. die Abstimmrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Phaseneinstellung nutzen, um die Antennenanpassung zu verändern.

[0347] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 100) eine Rückmeldung über das ausgesendete Signal von einem anderen Teilnehmer im Funknetz erhalten.

2.4. Stromverbrauch / Sonstige Effekte einer Endstufe

[0348] In Abschnitt 2.3 wurde die Abstimmung (der magnetischen Antenne 106) durch Messung des Stromverbrauches der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sende-IC) beschrieben. Die Sendeeinrichtung 102 weist in der Regel einen Leistungsverstärker auf, der die zur Abstrahlung mit einer Antenne 106 nötige Sendeleistung bereitstellt.

[0349] Der Leistungsverstärker ist in der Regel aus mehreren aktiven sowie passiven elektronischen Komponenten aufgebaut. Diese können zur Erfassung von elektrischen Messgrößen genutzt werden, die Rückschlüsse auf die Antennenanpassung ermöglichen und somit zur Erzeugung des Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) eingesetzt werden können.

2.4.1. Messung des Versorgungsstroms der aktiven Bauelemente

[0350] Die Messung des Versorgungsstroms des bzw. der aktiven Bauelemente (z.B. Leistungstransistoren) des Leistungsverstärkers (der Sendeeinrichtung 102) ist äquivalent zur Messung des Stromverbrauches der Sendeeinrichtung (z.B. Sende-IC) und erlaubt eine präzisere Erfassung der Anpassungsinformation. Andere Verbraucher in der Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sende-IC) stören die Messung nicht.

[0351] Bei zwei oder mehr aktiven Bauelementen kann über die Differenz der Versorgungsströme eine Aussage über die Anpassung getroffen werden. Beispiele wären hier Verstärker, die nach dem Balanced-, Gegentakt- (Push-Pull-) und Doherty-Verfahren aufgebaut sind. Insbesondere Gegentakt- und Doherty-Verstärker reagieren empfindlich auf rücklaufende Leistung, die sich wiederum in einem veränderten Betriebsverhalten und damit auch in den Versorgungsströmen zeigt.

2.4.2. Messung des Biasstroms der aktiven Bauelemente

[0352] Die direkte Messung des Stromverbrauchs ist bei höheren Leistungen durch die damit verbundenen höheren Spannungen aufwändiger (hochliegende Current-sense notwendig).

[0353] Metall-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MESFET) haben einen Schottky-Kontakt am Gate, der bei höheren HF-Eingangsleistungen P_{in} gleichrichtend wirkt, es fließt ein Gatestrom I_{Bias} (siehe Fig. 21). Über die parasitäre Gate-Drain-Kapazität (C_{GD}) 192 (des Transistors 194) ist dieser Gleichrichteffekt auch abhängig von der Ausgangsleistung P_{out} . Falls schaltungstechnisch Zugriff auf den Gate-Anschluss besteht, kann eine Spannung V_{meas} am Transistor R_{Bias} in Abhängigkeit des Gatestroms abgegriffen werden; diese Spannung ist bei gegebener Eingangsleistung P_{in} abhängig von der Ausgangsleistung P_{out} und somit der Anpassung der Last. Es besteht somit über die Messspannung V_{meas} die Möglichkeit eine Aussage über die Anpassung der Last also der Antenne 106 zu treffen. V_{meas} kann ggfs. direkt über einen Analog-Digital-Umsetzer abgegriffen und zur Steuerung des Antennen-Tuners zur Abstimmung verwendet werden, wie dies in Fig. 21 gezeigt ist.

[0354] Im Detail zeigt Fig. 21 ein schematisches Blockschaltbild einer Sendeeinrichtung mit einem Leistungsverstärker 190, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Wie in Fig. 21 zu erkennen ist, kann eine Abstimmspannung zur Regelung des Antennen-Tuners basierend auf einer (z.B. durch eine) Messung des Biasstroms I_{Bias} der aktiven Bauelemente 194 erzeugt werden.

2.4.3. Erzeugen einer Abstimmspannung durch Messung der Gleichtaktmode der magnetischen Antenne

[0355] Die Antennenschleife 108 einer magnetischen Antenne 106 ist eine differenzielle Last. Mithilfe eines Transformators (Balun) kann diese zweipolige differenzielle Last von einer einpoligen Quelle angesteuert werden, wie dies in Fig. 23 gezeigt ist.

[0356] Im Detail zeigt Fig. 22 ein schematisches Blockschaltbild einer Antennenanordnung 104, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Antennenanordnung 104 umfasst die magnetische Antenne 106 mit der Schleife 108 und dem Abstimmelement 111, wobei die magnetische Antenne 106 über einen Transformator 196 (Balun) mit einer Quelle 102, wie z.B. einer Sendeeinrichtung, verbunden ist. Die Antennenschleife 108 kann dabei differentiell angesteuert werden, so dass die Gleichtaktmode Z_{cc11} vor dem Balun 196 nicht mehr sichtbar ist.

[0357] Wie in Fig. 22 zu erkennen ist, "sieht" die Quelle 102 dabei die Lastimpedanz Z_L .

[0358] Die magnetische Antenne 106 umfassend Antennenschleife 108 und Anpasselement 111 hat die differenzielle Impedanz Z_d . Über die Umgebung 197 ist die magnetische Antenne 106 mit der Impedanz Z_c verkoppelt. Diese parasitäre Verkopplung führt zur Verstimmung der (magnetischen) Antenne 106 und kann mithilfe des Anpasslements 111 ausgeglichen werden.

[0359] Am Eingang der magnetischen Antenne 106 sind somit zwei Impedanzen messbar. Die Gegentaktimpedanz Z_{dd11} beschreibt den Gegentaktbetrieb (Normalbetrieb der (magnetischen) Antenne 106). Die Gleichtaktimpedanz Z_{cc11} beschreibt den Gleichtaktbetrieb, der durch unerwünschte Verkopplung mit der Umgebung zustande kommt. Am Eingang

des Baluns 196 ist nur mehr die Impedanz Z_L messbar.

[0360] Die Erzeugung eines Abstimmsignals (z.B. Abstimmspannung) 122 zur Regelung des Anpasselements 111 kann durch Zugriff auf die Gleichtaktmode, die aus der Gleichtaktimpedanz Z_{cc11} resultiert, erfolgen.

[0361] Wenn die magnetische Antenne 106 differenziell angesteuert wird, dann kann die (magnetische) Antenne 106 mit einem Gegentakt- oder mit einem Gleichtaktsignal beaufschlagt werden und über den Stromverbrauch eine Aussage über die Verstimmung getroffen werden.

[0362] Die Gleichtaktmode kann über zwei Methoden gemessen bzw. eingespeist werden, die nachfolgend beschrieben sind.

2.4.3.1. Messung und Einspeisung der Gleichtaktmode über den Gleichtaktzweig des Ausgangsabaluns

[0363] Spezielle Baluns 196 ermöglichen einen Zugriff auf die Gleichtaktmode des differenziellen Ports. Ein Beispiel ist der sogenannte Ringkoppler (auch Rat-Race-Koppler) in Fig. 23. Die Gleichtakteigenschaften der magnetischen Antenne können dann entweder über eine aktive Messung mithilfe eines Messsignals oder über die reflektierte Leistung bestimmt werden und daraus eine Abstimmspannung abgeleitet werden.

2.4.3.2. Messung der Gleichtaktmode über die Nichtlinearität des Magnetkerns

[0364] Um die Baugröße des Baluns 196 insbesondere bei niedrigen Frequenzen zu optimieren, werden Magnetkerne mit einer von Vakuum (bzw. Luft) abweichenden Permeabilitätszahl eingesetzt. Diese Magnetkerne weisen ein nichtlineares Verhalten auf.

[0365] Mithilfe einer Messwicklung oder eines Hallsensors können magnetische Gleichströme, die durch das nichtlineare Verhalten des Magnetkerns entstehen, erfasst werden, wie dies in Fig. 24 gezeigt ist.

[0366] Im Detail zeigt Fig. 24 eine schematische Ansicht eines Magnetkerns 198 eines Baluns 196 sowie einer Messwicklung 199 um den Magnetkern 198 zur Erfassung der Gleichtakteigenschaften des Baluns über die nichtlinearen Eigenschaften des Magnetkerns 198 mithilfe der Messwicklung.

2.4.4. Ausführungsbeispiele

[0367] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) den Stromverbrauch des bzw. der Leistungstransistoren (aktiven Bauelemente) messen (z.B. zur Erzeugung des Abstimmsignals (z.B. Abstimmspannung)).

[0368] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) die Differenz der Versorgungsströme von zwei Leistungstransistoren zur Erzeugung einer Abstimmspannung bestimmen.

[0369] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) einen Biasstrom des bzw. der Leistungstransistoren (z.B. der Sendeeinrichtung 102) zur Erzeugung einer Abstimmspannung 122 erfassen (z.B. messen).

[0370] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) einen Biasstrom des bzw. der Leistungstransistoren (z.B. der Sendeeinrichtung 102) durch Messung einer Spannung über einen Widerstand im Biaszweig ermitteln (z.B. bestimmen).

[0371] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Differenz der Biasströme von zwei Leistungstransistoren (z.B. der Sendeeinrichtung 102) zur Erzeugung eines Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) ermitteln (z.B. bestimmen).

[0372] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Differenz der Ströme eines Verstärkers im Balanced-Betrieb zur Erzeugung eines Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) ermitteln (z.B. bestimmen).

[0373] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Differenz der Ströme eines Verstärkers im Doherty-Betrieb zur Erzeugung eines Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) ermitteln (z.B. bestimmen).

[0374] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Differenz der Ströme eines Verstärkers im Gegentakt-Betrieb zur Erzeugung eines Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) ermitteln (z.B. bestimmen).

[0375] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Gleichtaktimpedanz einer magnetischen Antenne 106 zur Erzeugung eines Abstimmsignals (z.B. Abstimmspannung) ermitteln (z.B. bestimmen).

[0376] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmseinrichtung 120 des Teilnehmers 100) eine Gleichtaktimpedanz (z.B. der magnetischen Antenne 106) mithilfe eines Messsignals ermitteln

(z.B. bestimmen).

[0377] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) abwechselnd ein Gegentakt- und ein Gleichtaktsignal in die magnetische Antenne 106 einspeisen und den Stromverbrauch ermitteln und diese Information zur Erzeugung eines Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) nutzen.

[0378] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) ein Gleichtaktsignal (z.B. in die magnetische Antenne 106) mithilfe eines Baluns 196 einspeisen, das einen Zugriff auf die Gleichtaktmode ermöglicht.

[0379] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) ein reflektiertes Gleichtaktsignal einer magnetischen Antenne 106 zur Erzeugung eines Abstimmsignals (z.B. Abstimmspannung) ermitteln (z.B. messen).

[0380] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) ein Gleichtaktsignal (z.B. der magnetischen Antenne 106) mithilfe eines Baluns ermitteln (z.B. messen), das einen Zugriff auf die Gleichtaktmode ermöglicht.

[0381] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) Zugriff auf die Gleichtaktmode (z.B. der magnetischen Antenne) mithilfe eines Ringkopplers haben.

[0382] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) Zugriff auf die Gleichtaktmode (z.B. der magnetischen Antenne) über die nichtlinearen Eigenschaften eines Magnetkerns haben.

[0383] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) nichtlineare Eigenschaften eines Magnetkerns (z.B. eines Baluns 196) zur Messung eines magnetischen Gleichstroms mithilfe eines Hallsensors nutzen.

[0384] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gerät (z.B. der Teilnehmer 102 bzw. die Abstimmereinrichtung 120 des Teilnehmers 100) nichtlineare Eigenschaften eines Magnetkerns (z.B. eines Baluns 196) zur Messung eines magnetischen Gleichstroms mithilfe einer Messwicklung am Magnetkern nutzen.

3. Regelschleife zur Abstimmung bei Sendebetrieb

[0385] Im vorangehenden Abschnitt 2 wurde eine Abstimmereinrichtung 120 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 beschrieben, die die magnetische Antenne 106 während eines Sendevorgangs abstimmt.

[0386] Die Resonanzfrequenz der magnetischen Antenne 106 weicht hierbei durch eine Vielzahl von Effekten von der Sollfrequenz ab:

1. Bauteil- und Fertigungstoleranzen beeinflussen die Resonanzfrequenz der magnetischen Antenne 106 und müssen daher ausgeregelt werden. Der Einfluss durch diese ist statisch, eine Einstellung ist prinzipiell nur einmal nach der Herstellung nötig.

2. Umwelteinflüsse, wie Temperaturschwankungen und bewegliche Objekte, sind hingegen dynamisch. Daher ist eine Nachregelung während des Betriebs erforderlich.

3. Des Weiteren kann es bei frequenzsprungbasierten Funkverfahren nötig sein, Antennen mit sehr hoher Güte gezielt auf die Sende bzw. Empfangsfrequenz abzustimmen, um Verluste zu vermeiden.

[0387] Im Sendefall liegt das Signal, auf das abgestimmt werden soll, im Sender direkt und mit ausreichendem Pegel vor und kann zur Abstimmung verwendet werden. Im Empfangsfall ist dies nicht unbedingt gegeben, da neben dem gewünschten Empfangssignal noch Signale in benachbarten Kanälen ggf. mit höherem Signalpegel anliegen (können). Ist die Antenne nicht korrekt auf den gewünschten Empfangskanal abgestimmt, ist der Gewinn bei der gewünschten Frequenz ggf. so klein, dass es nicht mehr detektiert werden kann.

3.1 Energiesparen durch Aktivierung der Regelschleife durch den Sender

[0388] Fig. 25 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung 100 (z.B. Sender oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst eine magnetische Antenne 106 und eine Abstimmereinrichtung 120.

[0389] Wie in Fig. 25 zu erkennen ist, weist die magnetische Antenne 106 eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife 108 und zumindest ein Abstimmelement 111 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 auf.

[0390] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 durch ein oder mehrere Kapazitätselemente 110 unterbrochen sein, wie dies oben in Abschnitt 1 ausführlich erläutert wurde, wobei das Abstimmelement 111 eines der Kapazitätselemente 110 sein kann. Alternativ kann das Abstimmelement 111 auch mit einem der Kapazitätselemente 110 verbunden sein, z.B. parallel zu einem der Kapazitätselemente 110 geschaltet sein.

[0391] Bei Ausführungsbeispielen kann das Abstimmeelement 111 eine variable Kapazität, wie z.B. eine Kapazitätsdiode oder ein antiparallel geschaltetes Kapazitätsdiodenpaar, und/oder eine schaltbare Kapazität, wie z.B. eine Kondensatorbank oder digital steuerbare Kondensatoren, aufweisen.

[0392] Wie in Fig. 25 ferner zu erkennen ist, weist die Abstimmereinrichtung 120 eine Regelschleife 121 (z.B. mit einem Regler und einem Messglied) auf, wobei die Regelschleife 121 konfiguriert ist, um ein Abstimmssignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 bereitzustellen, und um das Abstimmeelement 111 mit dem Abstimmssignal 122 anzusteuern, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0393] Die Vorrichtung 100 ist dabei konfiguriert, um die Regelschleife 121 (z.B. Messglied und Regler) oder eine Komponente der Regelschleife 121 (z.B. Messglied oder Regler) nur bei Bedarf (z.B. beim Senden eines Signals 124; z.B. kurz vor dem Senden des Signals 124 bis kurz nach dem Senden des Signals 124 oder bis erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne 106) zu aktivieren, d.h. von einem Ruhemodus (z.B. Energiesparmodus oder Power-Down-Modus) in einen normalen Betriebsmodus zu versetzen, und ansonsten zu deaktivieren, d.h. von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus zu versetzen.

[0394] Bei Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung 100 konfiguriert sein, um die Regelschleife 121 oder die Komponente der Regelschleife 121 nur

- während einer Aussendung eines Signals 124,
- von Beginn einer Aussendung eines Signals 124 oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu einem Ende der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals 124,
- von Beginn einer Aussendung eines Signals 124 oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne 106, oder
- während einer Aussendung eines Signals 124 bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne 106

von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen.

[0395] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung 120 konfiguriert sein, um das Abstimmssignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung eines in die magnetische Antenne 106 vorlaufenden Signals 124 (= gesendete Signal 124; z.B. ein Sendesignal oder Testsignal) und einem Phasensignal bereitzustellen, wie dies in Abschnitt 2 ausführlich erläutert wurde.

[0396] Bei Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung 100 eine Sendeeinrichtung 102 (oder Sendeempfangseinrichtung) aufweisen, die konfiguriert sein kann, um das in die magnetische Antenne 106 vorlaufende Signal 124 bereitzustellen.

[0397] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeeinrichtung 102 (oder Sendeempfangseinrichtung) mit der magnetischen Antenne 106 kapazitiv gekoppelt sein, z.B. über eines der Kapazitätselemente 110.

[0398] Fig. 26 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Sender oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sender; z.B. Sendeempfangseinrichtung), die magnetische Antenne 106 und die Abstimmereinrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0399] Wie in Fig. 26 beispielhaft zu erkennen ist, kann die Regelschleife 121 einen Regler 222, ein Stellglied 224 und ein Messglied 226 aufweisen, wobei das Stellglied 224 der Regelschleife 121 durch das Abstimmeelement 111 implementiert sein kann, wie dies durch den Pfeil 228 angedeutet ist.

[0400] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeeinrichtung 102 konfiguriert sein, um zeitlich synchronisiert zu der Aussendung des Signals 124 ein Aktivierungssignal 230 bereitzustellen, wobei die Abstimmereinrichtung 120 konfiguriert sein kann, um die Regelschleife 121 oder eine Komponente der Regelschleife 121, wie z.B. den Regler 222 und/oder das Messglied 226, ansprechend auf das Aktivierungssignal 230 zu aktivieren, d.h. von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen, z.B. durch Einschalten der Stromversorgung der Regelschleife 121 oder der Komponente der Regelschleife 121.

[0401] Zeitliche Verläufe des von der Sendeeinrichtung 102 bereitgestellten Signals 124 (z.B. des in die magnetische Antenne 106 vorlaufenden Signals 124) und des Aktivierungssignals 230 sind in den in Fig. 26 gezeigten Diagrammen 250 bzw. 252 zu erkennen. Das Signal 124 kann beispielsweise ein frequenzsprungbasiertes Signal sein, wie dies dem Diagramm 250 in Fig. 26 angedeutet ist.

[0402] Das Aktivierungssignal 124 kann hierbei von der Sendeeinrichtung 102 nur

- während der Aussendung des Signals 124,
- von Beginn der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu einem Ende der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals 124, oder
- während der Aussendung des Signals 124 (d.h. erst nach dem Beginn der Aussendung des Signal 124) bis zu

einem Ende der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals 124

bereitgestellt werden.

[0403] Hierin wird dabei davon ausgegangen, dass das Aktivierungssignal 230 von der Sendeeinrichtung 102 bereitgestellt wird, wenn das Aktivierungssignal 230 einen ersten Wert (z.B. einen ersten Spannungswert (z.B. x V, mit $x > 0$) oder einen ersten logischen Wert (z.B. logisch "1")) aufweist. Dementsprechend kann die Abstimmereinrichtung 120 konfiguriert sein, um die Regelschleife 121 oder die Komponente der Regelschleife 121 zu aktivieren, d.h. von dem Ruhemodus (z.B. Energiesparmodus oder Power-Down-Modus) in den normalen Betriebsmodus zu versetzen, wenn das Aktivierungssignal 230 den ersten Wert aufweist, und um die Regelschleife 121 oder die Komponente der Regelschleife 121 zu deaktivieren, d.h. von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus zu versetzen, wenn das Aktivierungssignal 230 einen zweiten Wert (z.B. einen zweiten Spannungswert (z.B. 0 V) oder einen zweiten logischen Wert (z.B. logisch "0")) aufweist.

[0404] Die Regelschleife 121 oder die Komponente der Regelschleife 121 kann beispielsweise dadurch aktiviert bzw. deaktiviert werden, dass eine Spannungsversorgung der Regelschleife 121 oder der Komponente der Regelschleife 121 eingeschaltet (aktiviert) bzw. ausgeschaltet (deaktiviert) wird.

[0405] Bei Ausführungsbeispielen kann die Regelschleife 121 konfiguriert sein, um das Abstimmssignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen des in die magnetische Antenne verlaufenden Signals 124 und einem Phasensignal bereitzustellen, wie dies oben in Abschnitt 2 ausführlich erläutert wurde.

[0406] So kann das Messglied 226 beispielsweise konfiguriert sein, um ein mittels einer Koppelschleife 128 aus der magnetischen Antenne 106 ausgekoppeltes Signal (Phasensignal) und das in die magnetische Antenne 106 verlaufende Signal 124 zu vergleichen. Hierzu kann das Messglied 226 beispielsweise den Multiplizierer 136 aus Fig. 9 aufweisen, und optional die dem Multiplizierer 136 vorgeschaltete und/oder nachgeschaltete Komponenten, wie z.B. den Phasenschieber 134 und/oder den Tiefpass 142.

[0407] Fig. 26 lässt sich somit entnehmen, dass die Stromversorgung der Regelschleife 121 (oder einer Komponente der Regelschleife 121) über ein Aktivierungssignal 230 gesteuert werden kann.

[0408] Falls die Regelschleife 121 kontinuierlich an der Betriebsspannung liegt, verbraucht die Regelschleife 121 kontinuierlich Leistung. Bei Ausführungsbeispielen wird die Regelschleife 121 (oder einer Komponente der Regelschleife 121) daher nur bei Bedarf aktiviert.

[0409] Dazu kann die Sendeeinrichtung 102 (z.B. der Sender) jede Aussendung signalisieren, wobei bei frequenzsprungbasierten Verfahren, wie z.B. Telegrammsplitting [6], [7], die Aussendung jedes Subdatenpakets (z.B. Sprungs (engl. hop)) signalisiert werden kann.

[0410] Bei Ausführungsbeispielen kann ein Aktivierungssignal 230 der Sendeeinrichtung 102 (z.B. des Senders) die Sendetätigkeit anzeigen.

[0411] Bei Ausführungsbeispielen kann basierend auf dem Aktivierungssignal 230 die Stromversorgung der Regelschleife 121 (oder der Komponente der Regelschleife 121) geschaltet werden.

[0412] Bei Ausführungsbeispielen kann das Aktivierungssignal 230 eine vorgegebene Zeit D vor der Aussendung (des Signals 124) und eine vorgegebene Zeit E nach der Aussendung (des Signals 124) enden.

3.2 Regelschleife mit analogem Informationsspeicher

[0413] Fig. 27 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Sender oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sender; z.B. Sendeempfangseinrichtung), die magnetische Antenne 106 und die Abstimmereinrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0414] Im Unterschied zu dem in Fig. 26 gezeigten Ausführungsbeispiel, bei dem die Regelschleife 121 oder die Komponente derselben während der Aussendung des Signals 124 oder noch eine vorbestimmte Zeit nach der Aussendung des Signals 124 aktiv ist, ist die Abstimmereinrichtung 120 bei dem in Fig. 27 gezeigten Ausführungsbeispiel konfiguriert, um das Abstimmssignal 122 nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne 106 (z.B. ab oder kurz vor einem Wechsel der Regelschleife 121 oder der Komponente der Regelschleife 121 von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus) mittels eines Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0415] Dies hat den Vorteil, dass die Zeit, während der die Regelschleife 121 oder die Komponente derselben aktiv ist, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen, weiter reduziert werden kann. Die zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 erforderliche Zeit (typischerweise einige hundert μ s, z.B. 100 μ s bis 300 μ s) ist in der Regel wesentlich kürzer als eine Dauer der Aussendung des Signals 124 (typischerweise mehrere hundert ms, z. B. 100 ms und mehr), so dass die Regelschleife 121 oder die Komponente derselben bei Ausführungsbeispielen nur zu Beginn der Aussendung des Signals 124 aktiviert wird, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen, wobei ein Wert des Abstimmssignals 122

nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne 106 für eine restliche Dauer der Aussendung des Signals 124 mittels eines Halteglieds gehalten wird.

[0416] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeeinrichtung 102 (oder Sendeempfangseinrichtung) konfiguriert sein, um ein Haltesignal bereit zu stellen, wobei die Abstimmereinrichtung 120 konfiguriert sein kann, um einen Wert des Abstimmungssignals 122 ansprechend auf das Haltesignal mittels des Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0417] Als Halteglied kann beispielsweise ein Abtast-Halte-Glied (Sample-Hold-Glied) oder ein Regelverstärker des Reglers 222 der Regelschleife 121 zusammen mit mindestens einer Kapazität des Reglers 222 zum Einsatz kommen, wobei der Regler 222 beispielsweise ein I-, PI- oder PID-Regler 222 sein kann, wie dies in Fig. 27 gezeigt ist.

[0418] Unten in Abschnitt 4 ist beschrieben, wie durch eine Aussendung, die einem Empfangszyklus vorausgeht, die magnetische Antenne 106 während des Sendens (des Signals 124) abgestimmt werden kann, und der Wert des Abstimmungssignals 122 (z.B. die Abstimmungsspannung) (z.B. während des Empfangszyklus) gehalten werden kann. Bei Ausführungsbeispielen ist es auch bei reinem Senden möglich, nur während des Beginns der Aussendung (des Signals 124) die Regelschleife 121 oder die Komponente der Regelschleife 121 zu aktivieren, um Energie (z.B. Strom) zu sparen. Im Anschluss daran kann die Regelung (d.h. die Regelschleife 121 oder eine Komponente derselben) abgeschaltet werden, so dass die Abstimmung während des Empfangszeitraums noch gültig ist. Solange der Zeitraum zwischen dem Senden (des Signals 124) und dem Empfangen (eines Signals) nicht zu groß ist, so dass noch davon ausgegangen werden kann, dass sich selbst in einer mobilen, dynamisch veränderlichen Umgebung die Umgebungsbedingungen nicht signifikant verändert haben, so kann davon ausgegangen werden, dass die magnetische Antenne 106 auch zum Empfangszeitraum ausreichend gut abgestimmt ist. Dazu kann während eines Sendevorgangs (des Signals 124) beispielsweise die benötigte Spannung durch die Abstimmungsspannung (z.B. Regelspannung) an dem Abstimmelement 111 (z.B. Abstimmungskondensatoren) nach Abschnitt 2 ermittelt und anschließend gespeichert werden. Die Speicherung der Abstimmungsspannung (z.B. Stellspannung) kann beispielsweise durch den I-, PI- oder PID-Regler 222 der Regelschleife 121 realisiert werden.

[0419] Bei Ausführungsbeispielen kann ein Wert des Abstimmungssignals 122 (z.B. Kalibrierwert; z.B. analoger Spannungswert) durch ein Abtast-Halte-Glied gehalten werden.

[0420] Bei Ausführungsbeispielen kann ein Wert des Abstimmungssignals 122 (z.B. Kalibrierwert; z.B. analoger Spannungswert) durch ein I-, PI-, oder PID-Regler gehalten werden.

[0421] Fig. 28a zeigt beispielhaft ein schematisches Blockschaltbild eines Reglers (I-Reglers) mit einem Schalter für eine Haltefunktion (des Abstimmungssignals) bei unsymmetrischem Sensorsignal, während Fig. 28b beispielhaft ein schematisches Blockschaltbild eines Reglers (I-Reglers) mit einem Schalter für eine Haltefunktion (des Abstimmungssignals) bei symmetrischem Sensorsignal zeigt.

[0422] Die Zeitkonstante $\tau = RC$ bestimmt die Einschwingzeit des Reglers 222. Beispielsweise kann eine Zeitkonstante $\tau = 100k\Omega \cdot 100pF = 10\mu s$ mit einem $100k\Omega$ Widerstand und einem $100pF$ Kondensator realisiert werden. Die gleiche Zeitkonstante τ kann auch mit einem $10k\Omega$ Widerstand und einem $1nF$ Kondensator erreicht werden. Ein höherer Wert für den Kondensator C hat den Vorteil, dass im Haltemodus der Eingangsruhestrom des Operationsverstärkers des Reglers (siehe Fig. 27a und 27b) weniger ins Gewicht fällt. Für den Operationsverstärker kann daher ein Typ mit niedrigem Eingangsruhestrom I_{in} und hohem Eingangswiderstand R_{in} gewählt werden, wie z.B. ein CMOS-Typ. Beispielsweise hat der Operationsverstärker OPA347 einen Eingangswiderstand $R_{in} = 10^{13}\Omega$ und einen typ. Eingangsruhestrom $I_{in} = 0,5pA$. Ein $C = 1nF$ Kondensator würde also mit einem Eingangswiderstand $R_{in} = 10^{13}\Omega$ eine Zeitkonstante von 27,8 h ergeben, d.h. erst nach über einem Tag würde die Kondensatorspannung auf das $1/e$ -fache abgefallen sein. Gravier-

render wirkt sich der Eingangsruhestrom I_{in} aus, denn es gilt: $\Delta U = \frac{I_{in}\Delta t}{C}$. Demnach sinkt die am Kondensator im Haltmodus anliegende Spannung nach einer Sekunde aber auch nur um $500\mu V$. Für härtere Anforderungen gibt es auch Operationsverstärker mit weit besseren Werten, z.B. den LMP7721 mit einem typ. Eingangsruhestrom $I_{in} = 3f$. Ein Abfall um $500\mu V$ wäre dann erst nach knapp 3 Minuten. Ebenso wie der Operationsverstärker sollte auch der Schalter davor einen entsprechend niedrigen Leckstrom aufweisen, was z.B. mit CMOS-Schaltern realisiert werden kann.

3,3 Regelschleife mit digitalem Informationsspeicher

[0423] Fig. 29 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Sender oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeeinrichtung 102 (z.B. Sender; z.B. Sendeempfangseinrichtung), die magnetische Antenne 106 und die Abstimmereinrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0424] Im Unterschied zu dem in Fig. 27 gezeigten Ausführungsbeispiel, bei dem die Regelschleife 121 einen analogen Regler 222 aufweist, weist die Abstimmereinrichtung 120 bei dem in Fig. 29 gezeigten Ausführungsbeispiel ein Microcontroller 123 als Steuereinheit auf, wobei der Regler 222 in dem Microcontroller 123 implementiert ist. Bei Ausführungs-

beispielen kann anstelle des Microcontrollers 123 auch ein ASIC als Steuereinheit verwendet werden.

[0425] Bei Ausführungsbeispielen kann der Microcontroller 123 konfiguriert sein, um einen Wert des Abstimmsignals 122 nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne 106 zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0426] Beispielsweise kann der Microcontroller 123 konfiguriert sein, um einen analogen Spannungswert, z.B. zur Ansteuerung einer variablen Kapazität (z.B. Kapazitätsdiode) oder einen digitalen Wert, z.B. zur Ansteuerung einer schaltbaren Kapazität (z.B. einer Kondensatorbank oder von digital steuerbarer Kondensatoren), des Abstimmsignals 122 zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0427] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeeinrichtung 102 (oder Sendeempfangseinrichtung) konfiguriert sein, um ein Haltesignal bereit zu stellen, wobei der Microcontroller 123 konfiguriert sein kann, um einen Wert des Abstimm-signal 122 ansprechend auf das Haltesignal zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0428] Bei Ausführungsbeispielen kann der Microcontroller 123 konfiguriert sein, um ansprechend auf das Aktivierungssignal 230 eine Regelung eines Wertes (z.B. eines (analogen) Spannungswerts oder eines digitalen Wertes) des Abstimmsignals 122 ausgehend von einem Startwert zu beginnen.

[0429] Im einfachsten Fall kann der Startwert gleich dem Wert sein, auf den das Abstimmsignal 122 bei einer vorherigen Regelung oder im Mittel bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen hin geregelt wurde.

[0430] Es ist jedoch genauso möglich, dass der Microcontroller 123 konfiguriert ist, um den Startwert basierend auf einem in einem Speicher des Microcontrollers 123 oder in einem externen Speicher (z.B. EEPROM) hinterlegten Referenzwert zu ermitteln. So kann der Referenzwert auf einem vorherigen Wert des Abstimmsignals 122 basieren, auf den das Abstimmsignal 122 bei einer vorherigen Regelung hin geregelt wurde, oder auf vorherigen Werten des Abstimm-signal 122, auf die das Abstimmsignal 122 (z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean) bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen hin geregelt wurde. Alternativ kann der Referenzwert auch auf einer Referenzmessung basieren, mit der Fertigungstoleranzen der Vorrichtung 100 (z.B. der magnetischen Antenne 106 und/oder der Abstimm-einrichtung 120 und/oder der Sendeeinrichtung 102) ausgeglichen werden.

[0431] Ferner kann der Microcontroller 123 konfiguriert sein, um den basierend auf dem Referenzwert ermittelten Startwert in Abhängigkeit von zumindest einem aus

- einem Umweltparameter der Vorrichtung 100 oder in einer Umgebung der Vorrichtung 100 (z.B. Temperatur, Druck, Geschwindigkeit), und
- einem Hardwareparameter der Vorrichtung (z.B. Fertigungstoleranzen, Alterung) anzupassen.

[0432] Mit anderen Worten, die Speicherung des Wertes des Abstimmsignals 122 (z.B. Stellspannung) kann analog durch ein Abtast-Halte-Glied erfolgen (siehe Abschnitt 3.2), oder digital mittels eines Mikrocontrollers 123 realisiert werden, wie dies in Fig. 29 gezeigt ist.

[0433] Zudem sind Hybridlösungen zum intelligenten und gleichzeitig schnellen Abstimmen (engl. tuning) möglich.

[0434] Bei Ausführungsbeispielen kann der Wert der Abstimmung vom vorherigen Sendevorgang abgespeichert werden, um die Regelung beim nächsten Sendevorgang von diesem Wert ausgehend wieder zu starten.

[0435] Um den unterschiedlichen Effekten (Bauteil- und Fertigungstoleranzen, Umwelteinflüsse, frequenzsprungba-sierte Funkverfahren) Rechnung zu tragen, können bei Ausführungsbeispielen im Digitalen in der Regelschleife 121 mehrere Pfade für die jeweiligen Parameter (z.B. Umweltparameter, Betriebsparameter, Hardwareparameter) abgebildet werden.

[0436] Für statische Anwendungen reicht es aus, die Fertigungstoleranzen nur ein einziges Mal (oder wenige Male), z.B. beim ersten Senden eines Signals 124, zu kompensieren, indem der Regelwert (=Wert des Abstimmsignals 122 bei abgestimmter Antenne 106) des ersten Sendens abgespeichert wird.

[0437] Dieser abgespeicherte Wert kann bei weiteren Aussendungen des Signals 124 nur noch sehr langsam ange-passt werden, um Alterungserscheinungen zu kompensieren. Dieser Wert kann den größten Anteil an der Regelung einnehmen.

[0438] Die Kompensation der Umwelteffekte kann an die "Mobilität" der Vorrichtung 100 (z.B. Teilnehmer, wie z.B. Sensorknoten) angepasst werden (wie schnell er sich an z. B. einen metallischen oder dielektrischen Gegenstand annähert oder von ihm entfernt), in den meisten Fällen reichen Zeitkonstanten im Sekundenbereich aus. Kurzzeitige Änderungen, um die Abstimmung auf die unterschiedlichen Frequenzen des verwendeten Frequenzsprungverfahrens zu kompensieren, beschränken sich oft nur noch auf einen kleinen Beitrag zur Stellgröße.

[0439] Denkbar wäre auch eine von Sekundär-Sensorik ausgelöste Abstimmung. Sobald sich von möglicherweise ohnehin vorhandenen Sekundär-Sensoren aufgenommene Messwerte über ein definiertes Maß hinaus ändern, die relevant für eine Abstimmung sein könnten (Temperatur, Ort/Bewegung etc.) wird ein Abstimmzyklus (z.B. Kalibrierzy-klus) ausgelöst.

[0440] Auch könnten solche Zusatz-Messgrößen genutzt werden, um bereits ermittelte Kalibrierwerte rechnerisch auf die veränderten Umgebungsbedingungen anzupassen.

[0441] Bei Ausführungsbeispielen kann ein digitaler Regler 222 verwendet werden.

[0442] Bei Ausführungsbeispielen können mehrere Pfade in der Regelschleife 121 für unterschiedliche Geschwindigkeiten vorhanden sein.

[0443] Bei Ausführungsbeispielen kann der Microcontroller 123 von Parametern lernen.

[0444] Bei Ausführungsbeispielen kann der Microcontroller 123 eine Prädiktion durchführen.

[0445] Bei Ausführungsbeispielen kann der Microcontroller 123 Parameter speichern.

3.4 Regelschleife Eingabe von Sendefrequenz

[0446] Fig. 30 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Sender oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sende Einrichtung 102 (z.B. Sender; z.B. Sendeempfangseinrichtung), die magnetische Antenne 106 und die Abstimm Einrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0447] Ergänzend zu dem in Fig. 29 gezeigten Ausführungsbeispiel, ist der Microcontroller 123 bei dem in Fig. 30 gezeigten Ausführungsbeispiel konfiguriert, um den Startwert, ausgehend von dem eine Regelung eines Wertes des Abstimmsignals 124 beginnt, in Abhängigkeit von einer Frequenz des Signals 124 der Sende Einrichtung 102 (oder Sendeempfangseinrichtung) zu ermitteln.

[0448] Die Frequenz des Signals 124 kann dem Microcontroller 123 hierbei durch die Sende Einrichtung 120 signalisiert werden, z.B. mittels eines Signalisierungssignals 232, wie dies in Fig. 30 beispielhaft gezeigt ist.

[0449] Bei Ausführungsbeispielen können in einem Speicher 229 (z.B. Datenbank) des Microcontrollers 123 (oder alternativ in einem externen Speicher (z.B. EEPROM)) Referenzwerte (z.B. Referenzspannungen oder digitale Referenzwerte des Abstimmsignals 122) für unterschiedliche Referenzfrequenzen hinterlegt sein, wobei der Microcontroller 123 konfiguriert sein kann, um in Abhängigkeit von einer Frequenz des Signals 124 der Sende Einrichtung 102 den Startwert basierend auf zumindest einem der in dem Speicher 229 hinterlegten Referenzwerte zu ermitteln.

[0450] Beispielsweise können in dem Speicher 229 des Microcontrollers 123 ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz, ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz, ein dritter Referenzwert für eine dritte Frequenz, usw. hinterlegt sein. Der Startwert kann dann in Abhängigkeit von der Frequenz des Signals 124 basierend auf dem Referenzwert der Referenzfrequenz, der der Frequenz des Signals 124 entspricht oder am nächsten kommt, ermittelt werden, beispielsweise kann der Startwert gleich dem jeweiligen Referenzwert sein oder in Abhängigkeit eines Umweltparameters (z.B. Temperatur) und/oder eines Hardwareparameters (z.B. altersbedingter Drift) angepasst werden. Natürlich kann der Startwert auch basierend auf einer Interpolation oder Extrapolation zwischen zwei Referenzwerten ermittelt werden, beispielsweise wenn eine Frequenz des zu sendenden Signals 124 zwischen den Referenzfrequenzen zweier hinterlegter Referenzwerte liegt.

[0451] Bei Ausführungsbeispielen können die Referenzwerte auf jeweiligen Werten des Abstimmsignals 122 basieren, auf die das Abstimmsignal 122 bei einer vorherigen Regelung oder (z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean) bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden des Signals 124 auf der jeweiligen Frequenz hin geregelt wurde.

[0452] Beispielsweise kann ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz auf dem Wert des Abstimmsignals 122 basieren, auf den das Abstimmsignal 122 bei einer vorherigen Regelung oder im Mittel bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden des Signals 124 auf der ersten Frequenz geregelt wurde, während ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz auf dem Wert des Abstimmsignals 122 basieren kann, auf den das Abstimmsignal 122 bei einer vorherigen Regelung oder im Mittel bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden des Signals 124 auf der zweiten Frequenz geregelt wurde.

[0453] Mit anderen Worten, bei digitaler Regelung ist es möglich, frequenzabhängige Kalibrierungsdaten (Referenzwerte) zu speichern. Hierfür können am digitalen Regler 222 weitere Eingänge für die Sendefrequenz und den Sendzeitpunkt vorgesehen sein. Liegt die nächste Sendefrequenz zwischen den Kalibrierungsfrequenzen (Referenzfrequenzen) vergangener Zyklen, können daraus die erforderlichen Kalibrierungsdaten errechnet werden. Sind gespeicherte Daten (Referenzwerte) alt, oder weisen neuere Kalibrierungsdaten (Referenzwerte) auf eine Veränderung der Umwelteinflüsse hin, können mutmaßlich ungültige Daten verworfen werden.

[0454] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Interpolation zwischen Frequenzen erfolgen, an denen bereits abgestimmt (z.B. kalibriert) wurde.

[0455] Bei Ausführungsbeispielen können Referenzwerte (z.B. Kalibrierwerte) verworfen werden, die schon lange her sind. Beispielsweise können die Referenzwerte jeweils mit einer zeitlichen Information versehen sein, die einen Rückschluss auf zumindest einem aus Erstellungszeitpunkt, Aktualisierungszeitpunkt, oder Alter zulässt, wobei Referenzwerte, dessen zeitlich Information einen vorgegebenen Wert erreichen, verworfen werden.

[0456] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Abstimmung für die gewählte Frequenz vorgeladen (engl. preload) werden.

[0457] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmung (z.B. Kalibrierung) beschleunigt werden.

4. Empfang, genaue Abstimmung

[0458] Die im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele der Vorrichtung 100 können auf der in Abschnitt 3 beschriebenen Vorrichtung 100, welche primär als Sender ausgebildet ist, basieren, und diese um einen Empfangsmodus erweitern. Natürlich können die im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele der Vorrichtung 100, welche primär als Empfänger ausgebildet ist, auch für sich genommen Anwendung finden. Die Funktionsweise der Regelschleife 121 basiert hierbei ebenfalls auf den in oben Abschnitt 2 beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0459] Fig. 31 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung 100 (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst eine magnetische Antenne 106 und eine Abstimmeinrichtung 120.

[0460] Die magnetische Antenne 106 weist eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife 108 und zumindest ein Abstimmelement 111 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 auf.

[0461] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 durch ein oder mehrere Kapazitätselemente 110 unterbrochen sein, wie dies oben in Abschnitt 1 ausführlich erläutert wurde, wobei das Abstimmelement 111 eines der Kapazitätselemente 110 sein kann. Alternativ kann das Abstimmelement 111 auch mit einem der Kapazitätselemente 110 verbunden sein, z.B. parallel zu einem der Kapazitätselemente 110 geschaltet sein.

[0462] Bei Ausführungsbeispielen kann das Abstimmelement 111 eine variable Kapazität, wie z.B. eine Kapazitätsdiode oder ein antiparallel geschaltetes Kapazitätsdiodenpaar, und/oder eine schaltbare Kapazität, wie z.B. eine Kondensatorbank oder digital steuerbare Kondensatoren, aufweisen.

[0463] Die Abstimmeinrichtung 120 weist eine Regelschleife 121 (z.B. mit einem Regler und einem Messglied) auf, wobei die Regelschleife 121 konfiguriert ist, um ein Abstimmungssignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 bereitzustellen, und um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmungssignal 122 anzusteuern, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0464] Die Vorrichtung 100 ist dabei konfiguriert, um vor dem Empfang eines Empfangssignals 125 mit der magnetischen Antenne 106 ein Signal 124 zu senden, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0465] Das Signal 124 kann hierbei ein Daten aufweisendes Sendesignal sein, das dem Empfang des Empfangssignals 125 vorangeht, oder ein Testsignal, das vor dem Empfang des Empfangssignals gesendet wird, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0466] Bei Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung 100 konfiguriert sein, um die Regelschleife 121 (z.B. Messglied und Regler) oder eine Komponente der Regelschleife (z.B. Messglied oder Regler) nur bei Bedarf (z.B. beim Senden eines Signals; z.B. kurz vor dem Senden des Signals bis kurz nach dem Senden des Signals oder bis erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne 106) zu aktivieren, d.h. von dem Ruhemodus (z.B. Energiesparmodus oder Power-Down-Modus) in den normalen Betriebsmodus zu versetzen, und ansonsten zu deaktivieren, d.h. von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus zu versetzen.

[0467] Beispielsweise kann die Vorrichtung 100 konfiguriert sein, um die Regelschleife 121 oder die Komponente der Regelschleife 121 nur

- während der Aussendung des Signals 124,
- von Beginn der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu einem Ende der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals 124, oder
- von Beginn einer Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne 106

von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen.

[0468] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmeinrichtung 120 konfiguriert sein, um das Abstimmungssignal 122 (z.B. einen Wert des Abstimmungssignals 122) ansprechend auf einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne 106 (z.B. ab oder kurz vor dem Wechsel der Regelschleife 121 oder der Komponente der Regelschleife 121 von dem normalen Betriebsmodus in den Ruhemodus) mittels eines Halteglieds zumindest bis zum Ende des Empfangs des Empfangssignals 125 zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0469] Bei Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung eine Sendeempfangseinrichtung 102 aufweisen, die mit der magnetischen Antenne 106 verbunden ist, wobei die Sendeempfangseinrichtung 102 konfiguriert sein kann, um das Signal 124 (z.B. Sendesignal und/oder Testsignal) mit der magnetischen Antenne 106 auszusenden, und wobei die Sendeempfangseinrichtung 102 konfiguriert sein kann, um das Empfangssignal 125 mit der magnetischen Antenne 106 zu empfangen.

[0470] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeempfangseinrichtung 102 mit der magnetischen Antenne 106 kapazitiv gekoppelt sein, d.h. über eines der Kapazitätselemente 110.

[0471] Für den Empfang ist genau wie beim Senden eine genau abgestimmte magnetische Antenne 106 nötig, um

- a) möglichst viel Signalleistung aufzunehmen (Leistungsanpassung) bzw. ein Signal mit möglichst gutem SNR (SNR = Signal-Rausch-Verhältnis, engl. signal-to-noise ratio) zu erhalten (Rauschanpassung), und
b) möglichst wenig Signalleistung aus Nachbarkanälen aufzunehmen.

[0472] Ein Abstimmen (z.B. Kalibrieren) der magnetischen Antenne 106 (Empfangsantenne) durch Rauschen oder Empfangssignale ist schwierig, da auch in Nachbarkanälen viel Signalleistung vorhanden sein kann. Daher kann die magnetische Antenne 106 bei Ausführungsbeispielen durch das Senden von Nutz- oder Testdaten kalibriert werden.

[0473] Bei Empfang ist im Allgemeinen eine Rauschanpassung erstrebenswert, welche durchaus eine Leistungsfehlpassung zur Folge haben kann. Nur wenn zufällig auch die Rauscheingangsimpedanz des Empfängers $50\ \Omega$ reell wäre, wäre auch die Leistungsanpassung des Sendefalls optimal. Dies ist aber durchaus hilfreich, damit im Sende- und Empfangsfall nicht unterschiedliche Abstimmungen der magnetischen Antenne 106 erforderlich sind, sondern z.B. die gespeicherten Werte (z.B. Referenzwerte) übernommen werden können. Ziel ist also ein Empfänger, der am Eingang ein möglichst verlustarmes Anpassnetzwerk aufweist, welches die $50\ \Omega$ reell der abgestimmten magnetischen Antenne 106 auf die Rauscheingangsimpedanz des Empfängers transformiert. Bei beispielsweise 868 MHz ist diese i.a. nicht mehr rein reell, sondern schon komplex.

[0474] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 durch zumindest einen Sendezyklus vor einem Empfangszyklus bzw. mehreren Empfangszyklen abgestimmt werden.

[0475] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Leistungsanpassung für den Empfang (des Empfangssignals 125) erfolgen.

[0476] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Rauschanpassung für den Empfang (des Empfangssignals 125) erfolgen.

[0477] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Anpassung so erfolgen, dass Störsignale gut unterdrückt werden.

4.1 Zyklisches Kalibrieren zwischen den Empfangszyklen

[0478] Fig. 32 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeempfangseinrichtung 102, die magnetische Antenne 106 und die Abstimmeinrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0479] Wie in Fig. 32 beispielhaft zu erkennen ist, kann die Regelschleife 121 einen Regler 222, ein Stellglied 224 und ein Messglied 226 aufweisen, wobei das Stellglied 224 der Regelschleife 121 durch das Abstimmelement 111 implementiert sein kann, wie dies durch den Pfeil 228 angedeutet ist.

[0480] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeempfangseinrichtung 102 konfiguriert sein, um zeitlich synchronisiert zu der Aussendung des Signals 124 ein Aktivierungssignal 230 bereitzustellen, wobei die Abstimmeinrichtung 120 konfiguriert sein kann, um die Regelschleife 121 oder eine Komponente der Regelschleife 121, wie z.B. den Regler 222 und/oder das Messglied 226, ansprechend auf das Aktivierungssignal 230 zu aktivieren, d.h. von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen.

[0481] Das Aktivierungssignal 124 kann hierbei von der Sendeeinrichtung 102 nur

- während der Aussendung des Signals 124,
- von Beginn der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu einem Ende der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals 124,
- von Beginn einer Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne 106, oder
- während einer Aussendung des Signals 124 (d.h. nach dem Beginn der Aussendung des Signals 124 bis zu dem Ende der Aussendung des Signals 124 oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals 124

bereitgestellt werden.

[0482] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeempfangseinrichtung 102 konfiguriert sein, um nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne 106 ein Haltesignal 234 zumindest bis zum Ende des Empfangs des Empfangssignals 125 bereit zu stellen, wobei die Abstimmeinrichtung 120 konfiguriert sein kann, um das Abstimmsignal 122 (z.B. ein Wert des Abstimmsignals 122) ansprechend auf das Haltesignal 234 mittels des Halteglieds 223 zu halten und weiterhin bereitzustellen.

[0483] Zeitliche Verläufe des von der Sendeeinrichtung 124 bereitgestellten Signals 124 (z.B. des in die magnetische Antenne 106 vorlaufenden Signals 124) und des Empfangssignals 125 sind in dem in Fig. 32 gezeigten Diagramm 250 gezeigt, während zeitliche Verläufe des Aktivierungssignals 230 und des Haltsignals 234 in den in Fig. 32 gezeigten Diagrammen 252 bzw. 254 zu erkennen sind.

[0484] Wie in den Diagrammen 250, 252 und 254 zu erkennen ist, kann zur Kalibrierung der magnetischen Antenne

106 in regelmäßigen Abständen (ein Signal 124) gesendet werden und anschließend der Wert des Abstimmsignals 122 (z.B. Kalibrierwert) gehalten werden. Hierbei kann eine Aktualisierungsrate der Abstimmung (z.B. Kalibrierung) (der magnetischen Antenne 106) sowohl an das Empfangssignal (z.B. Empfangswellenform; z.B. Zeit- und/oder Frequenzsprungmuster) (möglichst keine oder nur geringe Störung des Empfangs), als auch an die Geschwindigkeit, mit der sich

die Umgebung verändert, angepasst werden.

[0485] Bei Ausführungsbeispielen kann ein zyklisches Senden (eines Signals 124) zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 (z.B. zur Kalibrierung des Empfängers) auf einer Frequenz erfolgen.

[0486] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Anpassung der Abstimmzeitpunkte (z.B. Kalibrierzeitpunkte) an das Empfangssignal (z.B. Wellenform des Empfangssignals; z.B. Zeit- und/oder Frequenzsprungmuster) erfolgen.

[0487] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Anpassung der Abstimmhäufigkeit (z.B. Kalibrierhäufigkeit) an die Veränderlichkeit der Umgebung erfolgen.

4.2 Adaption der Aktualisierungsrate auf schnellere Umgebungsveränderungen

[0488] Bei Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung 100 konfiguriert sein, um eine Rate des Sendens des Signals 124 (z.B. Testsignals) zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 dynamisch an Veränderungen der Umgebungsbedingungen anzupassen.

[0489] Während der Abstimmungsphasen (z.B. Kalibrierungsphasen) ist der Empfänger nicht verwendbar. Daher ist es sinnvoll die Abstimmzeit (z.B. Kalibrierungszeit) zu reduzieren (oder sogar zu minimieren). Wenn eine Zeitlang nur geringe Anpassungen an dem Wert des Abstimmsignals 122 (z.B. Stellspannung) nötig sind, kann die Abstimmrate (z.B. Kalibrierrate) verringert werden. Sind dagegen große Anpassungen an dem Wert des Abstimmsignals 122 (z.B. Stellspannung) nötig, kann die Abstimmrate (z.B. Kalibrierrate) erhöht werden.

[0490] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Abstimmrate (z.B. Kalibrierrate) dynamisch an das Ausmaß der Umgebungsveränderung angepasst werden.

4.3 Senden vor jedem Empfangszyklus

[0491] Fig. 33 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Sender oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeinrichtung 102 (z.B. Sender; z.B. Sendeempfangseinrichtung), die magnetische Antenne 106 und die Abstimmeinrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0492] Im Unterschied zu dem in Fig. 32 gezeigten Ausführungsbeispiel, bei dem die Vorrichtung 100 das Empfangssignal 125 in gewissen Abständen auf (nur) einer Frequenz empfängt, ist die Vorrichtung 100 bei dem in Fig. 33 gezeigten Ausführungsbeispiel konfiguriert, um ein frequenzsprungbasiertes Empfangssignal 125 zu empfangen (siehe Diagramm 250 in Fig. 33).

[0493] Bei Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung 100 daher konfiguriert sein, um vor einem Empfang des Empfangssignals 125 auf einer anderen Frequenz ein Signal 124 (z.B. Sendesignal oder Testsignal) mit der magnetischen Antenne 106 auf der anderen Frequenz zu senden, um die magnetische Antenne 106 auf die andere Frequenz abzustimmen.

[0494] Um eine auf die aktuelle Situation und Empfangsfrequenz möglichst gut angepassten Wert des Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) einstellen zu können, ist es somit bei Ausführungsbeispielen möglich vor jeden Empfangszyklus eine Aussendung (eines Signals 124) zur Abstimmung (z.B. Kalibrierung) der magnetischen Antenne 106 durchzuführen. Die Sendeempfangseinrichtung 102 kann hierbei ein Signal 124 (z.B. Sendesignal oder Testsignal) bei der Empfangsfrequenz erzeugen. Sobald der Wert des Abstimmsignals 122 (z.B. Abstimmspannung) ermittelt wurde, kann diese vom Abtast-Halte-Glied 223 gehalten werden. Anschließend kann (das Empfangssignal 125) empfangen werden.

[0495] Bei Ausführungsbeispielen kann vor dem Empfang (des Empfangssignals 125) auf einer neuen Frequenz ein Signal 124 (z.B. Testsignal) gesendet werden (d.h. eine Kalibriersendung durchgeführt werden).

[0496] Bei Ausführungsbeispielen kann das Testsignal neben den eigentlichen Systemfrequenzen gesendet werden (d.h. die Kalibriersendung kann auf (z.B. dedizierten) Kalibrierfrequenzen durchgeführt werden).

[0497] Bei Ausführungsbeispielen kann der Abstimmeinrichtung 120 (z.B. "Steller") signalisiert werden, wann (das Signal 124) gesendet wird, wobei ein Wert des Abstimmsignals 122 ansprechend auf einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne 106 mittels eines Abtast-Halte-Gliedes 223 gehalten werden kann.

[0498] Bei Ausführungsbeispielen kann der Vorrichtung 100 das Zeit- und/oder Frequenzsprungmuster, basierend auf dem das Empfangssignal 125 übertragen wird, bekannt sein. Beispielsweise kann das Zeit- und/oder Frequenzsprungmuster fest vorgegeben sein. Alternativ kann das Empfangssignal 125 auch in der Zeit- und/oder Frequenz synchronisiert zu einem vorherigen Signal 124 (z.B. Sendesignal) übertragen werden. Zum Beispiel kann das Signal 124 ein Uplink-Signal sein, dass von der Vorrichtung 100, die z.B. ein Teilnehmer (z.B. Sensorknoten) eines Kommunikationssystems sein kann, zu einer Basisstation des Kommunikationssystems übertragen werden, wobei die Basis-

station in der Zeit- und/oder Frequenz synchronisiert zu dem Uplink-Signal ein Downlink-Signal (=Empfangssignal) zu dem Teilnehmer überträgt. Da dem Teilnehmer das (relative) Zeit- und/oder Frequenzsprungmuster, basierend auf dem das Downlink-Signal übertragen wird, als auch der zeitliche Abstand und/oder Frequenzabstand zu dem vorangehenden Uplink-Signal bekannt ist, kann der Teilnehmer die genauen Empfangszeitpunkte und/oder Empfangsfrequenzen des Downlink-Signals ermitteln [7].

4.4 Lernen der frequenzabhängigen Abstimmung zu Sendezeitpunkten

[0499] Fig. 34 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeempfangseinrichtung 102, die magnetische Antenne 106 und die Abstimmeinrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0500] Im Unterschied zu den in den Fig. 32 und 33 gezeigten Ausführungsbeispielen, umfasst die Abstimmeinrichtung 120 bei dem in Fig. 34 gezeigten Ausführungsbeispiel einen Microcontroller 123, wobei der Regler 222 der Regelschleife 121 in dem Microcontroller 123 implementiert ist. Bei Ausführungsbeispielen kann anstelle des Microcontrollers 123 auch ein ASIC als Steuereinheit verwendet werden.

[0501] Wie in Fig. 34 zu erkennen ist, kann der Microcontroller 123 einen Speicher 229 (z.B. Datenbank) aufweisen (oder alternativ mit einem externen Speicher (z.B. EEPROM) verbunden sein).

[0502] Bei Ausführungsbeispielen können in dem Speicher 229 Referenzwerte (z.B. Referenzspannungen oder digitale Referenzwerte des Abstimmungssignals) für unterschiedliche Referenzfrequenzen hinterlegt sein, wobei der Microcontroller 123 konfiguriert sein kann, um in Abhängigkeit von einer Frequenz des zu empfangenen Empfangssignals 125 einen Abstimmungswert des Abstimmungssignals 122 basierend auf zumindest einem der Referenzwerte zu ermitteln, und um das Abstimmungssignal 122 mit dem ermittelten Abstimmungswert bereitzustellen, um die magnetische Antenne 106 für den Empfang des Empfangssignals 125 auf der Frequenz abzustimmen.

[0503] Beispielsweise können in dem Speicher 229 des Microcontrollers 123 ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz, ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz, ein dritter Referenzwert für eine dritte Frequenz, usw. hinterlegt sein. Zum Empfang eines Empfangssignals 125 auf einer jeweiligen Frequenz (z.B. der zweiten Frequenz) kann zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 ein Abstimmungssignal 122 mit einem Abstimmungswert bereitgestellt werden, der auf dem Referenzwert für die jeweilige Frequenz (z.B. zweiter Referenzwert für die zweite Frequenz) basiert, beispielsweise gleich dem Referenzwert ist oder in Abhängigkeit eines Umweltparameters (z.B. Temperatur) und/oder eines Hardwareparameters (z.B. altersbedingter Drift) angepasst wird. Natürlich kann der Abstimmungswert des Abstimmungssignals 122 auch basierend auf einer Interpolation zwischen zwei oder mehreren Referenzwerten oder basierend auf einer Extrapolation basierend auf einem oder zwei Referenzwerten ermittelt werden, beispielsweise wenn eine Frequenz des zu empfangenen Signals 125 zwischen den Referenzfrequenzen zweier hinterlegter Referenzwerte liegt.

[0504] Die Frequenz des zu empfangenen Signals 125 und/oder ein Empfangszeitpunkt des zu empfangenen Signals 125 können dem Microcontroller 123 hierbei durch entsprechende Signalisierungssignale 236 und 237 signalisiert werden, wie dies in Fig. 34 beispielhaft gezeigt ist.

[0505] Bei Ausführungsbeispielen können die Referenzwerte auf jeweiligen Werten des Abstimmungssignals 122 basieren, auf die das Abstimmungssignal 122 bei einer vorherigen Regelung oder (z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean) bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals 124 auf der jeweiligen Referenzfrequenz hin geregelt wurde.

[0506] Beispielsweise kann ein erster Referenzwert für eine erste Frequenz auf dem Wert des Abstimmungssignals 122 basieren, auf den das Abstimmungssignal 122 bei einer vorherigen Regelung oder (z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean) bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals 124 auf der ersten Frequenz geregelt wurde, während ein zweiter Referenzwert für eine zweite Frequenz auf dem Wert des Abstimmungssignals 122 basieren kann, auf den das Abstimmungssignal 122 bei einer vorherigen Regelung oder (z.B. im Mittel, Durchschnitt, Mean) bei einer Mehrzahl von vorherigen Regelungen beim Senden eines Signals 124 auf der zweiten Frequenz geregelt wurde.

[0507] Die Frequenz des Signals 124 und/oder ein Sendezeitpunkt des Signals 124 können dem Microcontroller 123 hierbei durch entsprechende Signalisierungssignale 232 und 233 signalisiert werden, wie dies in Fig. 34 beispielhaft gezeigt ist.

[0508] Wird die Vorrichtung 100 also im bidirektionalen Betrieb eingesetzt, können die Sendeperioden zur Abstimmung (z.B. Kalibrierung) der magnetischen Antenne 106 verwendet werden. Ist der nötige Wert des Abstimmungssignals 122 (z.B. Abstimmungsspannung) aufgrund eines vorangegangenen Sendevorgangs bekannt, kann der ermittelte Wert (z.B. die ermittelte Spannung) während der Empfangsphase eingestellt werden. Hierzu können die oben Abschnitt 3 beschriebenen Techniken zur Ermittlung des Abstimmungssignals 122 angewandt werden.

[0509] Bei Ausführungsbeispielen kann das Stellglied 224 dauerhaft oder braucht nicht oder vom Empfänger extra mit Stromversorgung geschaltet werden.

[0510] Bei Ausführungsbeispielen kann im Sendefall ein Lernen beim / durch Anpassen (der magnetischen Antenne 106) erfolgen, z.B. können im Sendefall Referenzwerte ermittelt werden.

[0511] Bei Ausführungsbeispielen kann im Empfangsfall das Gelernte angewendet werden, z.B. kann im Empfangsfall ein Wert des Abstimmsignals 122 basierend auf zumindest einen der im Sendefall ermittelten Referenzwerte ermittelt werden.

[0512] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Interpolation zwischen Frequenzen, an denen bereits gesendet wurde, erfolgen.

[0513] Bei Ausführungsbeispielen kann der Abstimmrichtung 120 (z.B. Steller) signalisiert werden, wann (das Signal 124) gesendet wird.

[0514] Bei Ausführungsbeispielen kann der Abstimmrichtung 120 (z.B. Steller) signalisiert werden, auf welcher von x Frequenzen gesendet bzw. empfangen wird.

4.5 Kalibrieren in einem anderen Band

[0515] Fig. 35 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeempfangseinrichtung 102, die magnetische Antenne 106 und die Abstimmrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0516] Im Unterschied zu dem in Fig. 34 gezeigten Ausführungsbeispiel, ist die Vorrichtung 100 bei dem in Fig. 35 gezeigten Ausführungsbeispiel konfiguriert, um ein Empfangssignal 125 in einem Frequenzband (RX-Band) zu empfangen, das von der Vorrichtung 100 nicht zum Senden eines Signals 124 verwendet wird. Vielmehr liegt eine Frequenz des Empfangssignals 125 in einem ersten Frequenzband (RX-Band), während eine Frequenz des zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 gesendeten Signals 124 in einem zweiten Frequenzband (z.B. Kalibrierband) liegt, wobei das erste Frequenzband und das zweite Frequenzband unterschiedlich sind, z.B. aneinander angrenzen, wie dies im Diagramm 250 in Fig. 33 beispielhaft angedeutet ist, oder voneinander beabstandet sind.

[0517] In dem Speicher 229 des Microcontrollers 123 kann zumindest ein Referenzwert (z.B. zumindest eine Referenzspannung oder zumindest ein digitaler Referenzwert des Abstimmsignals 122) für zumindest eine Referenzfrequenz hinterlegt sein, wobei die Referenzfrequenz nicht im ersten Frequenzband (RX-Band) liegt, sondern im zweiten Frequenzband liegt.

[0518] Der Microcontroller 123 kann daher konfiguriert sein, um einen Abstimmwert des Abstimmsignals 122 in Abhängigkeit von der Frequenz des zu empfangenen Signals 125 von zumindest einem der zumindest einen Referenzwerte unter Berücksichtigung der jeweiligen Referenzfrequenz abzuleiten (z.B. durch Interpolation), und um das Abstimmsignal 122 mit dem ermittelten Abstimmwert bereitzustellen, um die magnetische Antenne 106 für den Empfang des zu empfangenen Signals 125 auf der Frequenz abzustimmen.

[0519] Um den Empfang im eigenen Band nicht zu stören oder bei Frequenzduplexverfahren, kann (das Signal 124) auf einer anderen Frequenz gesendet werden. Beispielsweise in einem Kanal oder zwei benachbarten Kanälen. Aus den Phasenwerten können Rückschlüsse auf die Umgebungsbeschaffenheit und den daraus resultierenden Korrekturwert gezogen werden. Anschließend kann die magnetische Antenne 106 auf die Empfangsfrequenz abgestimmt (z.B. kalibriert) werden. Dies kann ggf. in einer Kalibriertabelle abgelegt werden.

[0520] Bei Ausführungsbeispielen kann (das Signal 124) in einem anderen Frequenzband gesendet werden.

[0521] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Abstimmung (z.B. Kalibrierung) der magnetischen Antenne 106 auf einer anderen Frequenz erfolgen.

[0522] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Korrektur des Referenzwertes (z.B. Kalibrierwertes) auf die Zielfrequenz erfolgen.

[0523] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Interpolation des Referenzwertes (z.B. Kalibrierwertes) für den Empfangskanal erfolgen.

4.6 Reduktion der Abstrahlung während der Kalibrierungsphase

[0524] Fig. 36 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Empfänger oder Sendeempfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Sendeempfangseinrichtung 102, die magnetische Antenne 106 und die Abstimmrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0525] Im Unterschied zu den vorherigen Ausführungsbeispielen aus Fig. 31 bis 35, bei denen das Signal 124 mit der magnetischen Antenne 106 selbst gesendet wird, ist die Sendeempfangseinrichtung 102 bei dem in Fig. 36 gezeigten Ausführungsbeispiel konfiguriert, um das Signal 124 (z.B. Testsignal) mit einer Koppelschleife 128, die mit der magnetischen Antenne 106 gekoppelt ist, zu senden, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0526] Die Abstimmrichtung 120 kann hierbei konfiguriert sein, um das Abstimmsignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen dem in die Koppelschleife 128 vorlaufenden Signal 124 und einem Phasensignal bereitzustellen, wobei das Phasensignal ein mittels der magnetischen

Antenne 106 aus der Koppelschleife 128 ausgekoppeltes Signal ist.

[0527] Beispielsweise kann die Abstimmereinrichtung 120 konfiguriert sein, um das Abstimmeelement 111 mit dem Abstimmssignal 122 anzusteuern, um eine Phasendifferenz zwischen des in die Koppelschleife 128 vorlaufenden Signals 124 und dem Phasensignal auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0528] Um während der Abstimmphase (z.B. Kalibrierungsphase) das verwendete Frequenzband nicht zu stören, kann die Koppelschleife 128 als Sendeschleife verwendet werden. Die magnetische Antenne 106 kann hierbei als Koppelschleife verwendet werden, um so die Phasenschätzung (siehe Abschnitt 2) vorzunehmen.

[0529] Alternativ kann zur Reduzierung einer Störung des verwendeten Frequenzbands auch über die magnetische Antenne 106, allerdings mit reduzierter Leistung, gesendet werden. Um die reduzierte Leistung zu kompensieren, kann das mittels der Koppelschleife 128 aus der magnetischen Antenne 106 ausgekoppelte Signal für den Abstimmfall mittels eines Verstärkers verstärkt werden, der nur während der Abstimmphase (z.B. Kalibrierphase; z.B. ansprechend auf das Aktivierungssignal 230) eingeschaltet wird.

[0530] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sendeempfangseinrichtung 102 (oder ein separater Kalibrierungssender) mit der Koppelschleife 128 verbunden sein.

[0531] Bei Ausführungsbeispielen kann das Signal 124 (Kalibriersignal) über die magnetische Antenne 106 empfangen werden.

[0532] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Abstimmung (z.B. Kalibrierung) durch Senden (des Signals 124) mit der magnetischen Antenne 106 (d.h. auf der Hauptschleife) mit weniger Leistung erfolgen.

[0533] Bei Ausführungsbeispielen kann ein einschaltbarer Verstärker mit der Koppelschleife 128 verbunden sein, um für den Abstimmfall (z.B. Kalibrierfall; z.B. ansprechend auf das Aktivierungssignal) das Senden mit weniger Leistung zu kompensieren

5. Breitbandiger Empfang

[0534] Wird die magnetische Antenne 106 in einem frequenzsprungbasierten Kommunikationssystem zum Senden eingesetzt, dann kann die magnetische Antenne 106 für jeden Sprung (engl. hop) auf die jeweilige Sendefrequenz abgestimmt werden, wie dies oben beschrieben wurde.

[0535] Wird die magnetische Antenne 106 in dem frequenzsprungbasierten Kommunikationssystem oder aber auch in einem nicht frequenzsprungbasierten Kommunikationssystem jedoch zum Empfangen verwendet, so kann es sein, dass ein breitbandiger Empfang erforderlich ist, z.B. um Signale von mehreren Sendern gleichzeitig zu empfangen oder weil dem Empfänger nicht bekannt ist, auf welcher Frequenz ein (z.B. frequenzsprungbasierter) Sender aktuell ein Signal zum Empfänger sendet.

5.1 Verschlechterung der Güte der Schleife der magnetischen Antenne

[0536] Fig. 37 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung 100, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Empfangseinrichtung 102 (oder Sendeempfangseinrichtung), die magnetische Antenne 106 und die Abstimmereinrichtung 120 mit der Regelschleife 121.

[0537] Wie in Fig. 37 zu erkennen ist, kann die Schleife 108 der magnetischen Antenne einen Widerstand 270 aufweisen, um eine Güte der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 zu reduzieren. Der Widerstand 270 kann z.B. ein variabler Widerstand sein, wobei ein Widerstandswert des variablen Widerstands von der Abstimmereinrichtung 120 gesteuert werden kann.

[0538] Durch einen Widerstand in der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 kann also dessen Güte begrenzt und so die Bandbreite erhöht werden. Der Widerstand in der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 macht dessen Resonanzkurve zwar breitbandiger, würde aber auch eine andere Lastanpassung erfordern. Die beiden Kondensatoren (z.B. Anpassungskondensatoren) am Einspeisepunkt der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 sollen aus praktischen Gründen allerdings nicht veränderlich ausgeführt werden (Hinweis: Über die Anpassungskondensatoren erfolgt die kapazitive Ankopplung der magnetischen Antenne 106. Beispielsweise können die Anpassungskondensatoren jeweils zwischen einem Antennenanschluss der magnetischen Antenne 106 (oder unterschiedlichen Leitern eines Antennenkabels) und einem Anschluss eines der Kapazitätselemente 110 geschaltet sein). Alternativ könnte anstelle der Einbringung zusätzlicher Verluste in die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 die Lastanpassung verstimmt werden (z.B. den Abstimmkondensator nach Masse kurzschließen). Dann wäre die magnetische Antenne 106 auch breitbandiger aber z.B. mit $s_{11} = 0,3 \dots 0,5$ fehlangepasst. Dieses ergibt ein besseres SNR (SNR = signal-to-noise ratio, Signal-Rausch-Verhältnis) als zusätzliche Verluste in der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106.

[0539] Falls mit Verlusten gearbeitet werden soll, so wäre ein aktiver Widerstand besser. Beispielsweise kann ein rauscharmer 50 Ω Sumpf implementiert werden, der nach außen hin 50 Ω darstellt, aber wesentlich weniger Rauchleistung einbringt als ein 50 Ω Widerstand.

[0540] Bei Ausführungsbeispielen kann ein breitbandiger Empfang aufgrund von einer magnetischen Antenne 106

mit geringer Güte erfolgen.

[0541] Bei Ausführungsbeispielen kann die Güte der magnetischen Antenne 106 durch einen Widerstand in der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 reduziert werden.

[0542] Bei Ausführungsbeispielen kann die Güte der magnetischen Antenne 106 durch einen aktiven Widerstand (Sumpfen) in der Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 reduziert werden.

[0543] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne 106 nicht ideal angepasst werden, so dass sich die Anpassung der magnetischen Antenne 106 über die Frequenz weniger ändert als bei einer idealen Anpassung.

5,2 Abstimmung bei Empfang auf Bandmitte

[0544] Beim Senden kann die magnetische Antenne 106 (z.B. genau passend) auf die jeweilige Sendefrequenz abgestimmt werden, beim Empfang kann die magnetische Antenne auf die Bandmitte abgestimmt werden. Beispielsweise indem ein Testsignal (z.B. Kalibrierton) auf der Mitte des Empfangsspektrums gesendet wird und der resultierende Wert des Abstimmsignals (z.B. Abstimmungsspannung), wie oben beschrieben, für den Empfang gehalten wird.

6. Empfangsabstimmung ohne Kalibrierungssendung

[0545] Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen ist die Aussendung eines Signals 124 (z.B. Sendesignal oder Testsignal) erforderlich, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen. Die im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele ermöglichen eine Abstimmung der magnetischen Antenne 106 für reinen Empfang ohne dass eine Aussendung eines Signals 124 erforderlich ist.

[0546] Fig. 38 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung 100 (z.B. Empfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst eine Empfangseinrichtung 102, eine magnetische Antenne 106 und eine Abstimmeinrichtung 120.

[0547] Die Empfangseinrichtung 102 ist mit der magnetischen Antenne 106 verbunden und konfiguriert, um ein Empfangssignal 125 mit der magnetischen Antenne 106 zu empfangen.

[0548] Bei Ausführungsbeispielen kann die Empfangseinrichtung 102 mit der magnetischen Antenne 106 kapazitiv gekoppelt sein, d.h. über eines der Kapazitätselemente 110.

[0549] Die Abstimmeinrichtung 120 weist eine Regelschleife 121 auf, die konfiguriert ist, um ein Abstimmsignal 122 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106 bereitzustellen, und um das Abstimmelement 111 mit dem Abstimmsignal 122 anzusteuern, um die magnetische Antenne 106 abzustimmen.

[0550] Die Abstimmeinrichtung ist hierbei konfiguriert, um das Abstimmsignal 122 (z.B. Stellgröße) und/oder ein Eingangssignal 146 (z.B. Rückführung) eines Reglers 222 der Regelschleife 121 mit einem Hilfssignal 240 (z.B. Wobbel-signal) zu beaufschlagen, wobei das Hilfssignal 240 zyklisch variiert (z.B. zwischen zwei einstellbaren Endwerten), wobei die Abstimmeinrichtung 120 konfiguriert ist, um einen Wert des Abstimmsignals 122 in Abhängigkeit von einer Beziehung zwischen einem Wert des Hilfssignals 240 und einem Empfangssignalsignal 242, das einen Parameter (z.B. Empfangsleistung oder Empfangsqualität) des Empfangssignals 125 beschreibt, anzupassen. Bei Ausführungsbeispielen können das Abstimmsignal 122 und das Eingangssignal 146 des Reglers 222 natürlich auch mit leicht unterschiedlichen Hilfssignalen 146 beaufschlagt werden. Das Abstimmsignal 122 kann also mit einem ersten Hilfssignal beaufschlagt werden, während das Eingangssignal 146 mit einem zweiten Hilfssignal beaufschlagt werden, wobei das erste Hilfssignal und das zweite Hilfssignal (leicht) unterschiedlich sind.

[0551] Das Hilfssignal 240 kann beispielsweise von einem Signalgenerator 241 der Abstimmeinrichtung 120 bereitgestellt werden, wie dies in Fig. 38 angedeutet ist.

6.1 Abstimmung durch Wobbel-signal auf Abstimmungsspannung

[0552] Fig. 39 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Vorrichtung 100 (z.B. Empfänger; z.B. Teilnehmer oder Basisstation), gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 100 umfasst die Empfangseinrichtung 102, die magnetische Antenne 106 und die Abstimmeinrichtung 120 mit der Regelschleife 121 zur Abstimmung der magnetischen Antenne 106.

[0553] Die Regelschleife 121 umfasst den Regler 222 und ein Stellglied 224, wobei das Stellglied 224 der Regelschleife 121 durch das Abstimmelement 111 implementiert sein, wie dies durch den Pfeil 228 in Fig. 39 angedeutet ist.

[0554] Wie bereits in Bezug auf Fig. 38 ausgeführt wurde, kann das Eingangssignal 146 des Reglers 222 und/oder das von dem Regler 222 bereitgestellte Abstimmsignal 122 mit einem Hilfssignal (z.B. Wobbel-signal) beaufschlagt werden, welches beispielsweise von einem Signalgenerator 241 (z.B. Wobbel-generator) der Abstimmeinrichtung 120 bereitgestellt werden kann. Bei Ausführungsbeispielen können das Abstimmsignal 122 und das Eingangssignal 146 des Reglers 222 natürlich auch mit leicht unterschiedlichen Hilfssignalen 146 beaufschlagt werden. Das Abstimmsignal 122 kann also mit einem ersten Hilfssignal beaufschlagt werden, während das Eingangssignal 146 mit einem zweiten Hilfs-

signal beaufschlagt werden, wobei das erste Hilfssignal und das zweite Hilfssignal (leicht) unterschiedlich sind.

[0555] Die Abstimmereinrichtung 120 kann hierbei konfiguriert sein, um das Hilfssignal 240 und das von der Empfangseinrichtung 102 in Abhängigkeit von dem Empfangssignal 125 bereitgestellte Empfangssignalsignal 242, das einen Verlauf des Empfangssignals beschreibt, zu kombinieren (z.B. mittels eines Kombinerers 245, z.B. Korrelators oder Multiplizierers), um ein kombiniertes Signal 244 zu erhalten, wobei die Abstimmereinrichtung 120 konfiguriert sein kann, um einen Wert des Abstimmssignals 122 in Abhängigkeit von dem kombinierten Signal 244 oder einer (z.B. mittels eines Tiefpassfilters 246) gefilterten Version des kombinierten Signals 244 anzupassen, um die Resonanzfrequenz der magnetischen Antenne 106 auf einen vorgegebenen Wert hin zu regeln.

[0556] Das Eingangssignal 146 des Reglers kann hierbei das kombinierte Signal 244 oder die gefilterte Version des kombinierten Signals 244 sein.

[0557] Beispielsweise kann auf die Abstimmungsspannung 122 (oder alternativ auf das Eingangssignal 146 des Reglers 222) ein Wobbsignal 240 gegeben werden, indem das Wobbsignal 240 auf die Spannung des Stellgliedes 224 addiert wird. Dadurch wird die Schleife 108 der magnetischen Antenne 106 mit dem Takt des Wobbsignals 240 verstimmt. Die Empfangseinrichtung 102 (z.B. Empfänger) kann (z.B. in Abhängigkeit von dem Empfangssignal 125) ein Signal 242 (Empfangssignalsignal) bereitstellen, welches der Empfangsleistung im gewünschten Empfangsbereich entspricht, sobald ein Empfangssignal 125 empfangen wird. Anstelle der Empfangsleistung kann alternativ das SNR (SNR = signal-to-noise ratio, Signal-Rausch-Verhältnis) des Empfangssignals 125 verwendet werden. Dieses Signal 242 wird in einem Modul 244 mit dem Wobbsignal 240 kombiniert (z.B. korreliert), z.B. durch die Multiplikation des Wobbsignals 240 mit dem Empfangssignalsignal 242 der Empfangseinrichtung 102 (z.B. Empfänger). Das kombinierte Signal 244 (z.B. Korrelationssignal) kann gefiltert werden. Dadurch ergibt sich ein Rückführsignal 146, welches mit den oben beschriebenen Methoden über einen Regler 222 auf das Stellglied 224 gegeben werden kann, wodurch die magnetische Antenne 106 abgestimmt werden kann.

6.2 Erhöhung der Empfindlichkeit durch Optimalfilter

[0558] Wenn nicht durch eine Aussendung eines Signals 124 abgestimmt werden kann, dann wird bei Ausführungsbeispielen das Empfangssignal ausgewertet, entweder hinsichtlich Leistung oder bevorzugt hinsichtlich SNR (SNR = signal-to-noise ratio, dt. Signal-Rausch-Verhältnis). Damit nicht Signale im Nachbarkanal mitbewertet werden, wird die Signalleistung nach dem Kanalfilter bewertet. Damit das bei einem sehr schwachen Empfangssignal 125 noch funktioniert, kann bei manchen Ausführungsbeispielen sichergestellt werden, dass die magnetische Antenne 160 nicht zu weit verstimmt ist, sodass das Signal noch detektierbar ist. Dies kann z. B. geschehen, indem das Abstimmssignal 122 (z.B. Abstimmungsspannung) aus einer Abstimmungstabelle (z.B. Kalibriertabelle) übernommen wird. Diese kann z.B. der Wert sein, der als letztes beim Empfang auf dieser Frequenz verwendet wurde. Die Abstimmungstabelle kann auch werkseitig erstellt und regelmäßig adaptiert werden. Bei Empfangsfrequenzen, für die kein Wert vorliegt, kann interpoliert oder extrapoliert werden. Sobald im Kanal ausreichend Signalleistung empfangen wird, kann die genaue Abstimmung der magnetischen Antenne 106 erfolgen. Hierzu ist eine Regelstrategie erforderlich, die es ermöglicht, die magnetische Antenne 106. Beispielsweise kann durch leichtes Hin- und Herstimmen (Wobbeln) der Abstimmungsspannung herausgefunden werden, in welche Richtung die Abstimmung zu erfolgen hat.

[0559] Bei einer verstimmt magnetischen Antenne wird an Empfindlichkeit verloren, so dass Signale, die bei (z.B. optimal) abgestimmter Antenne 106 noch empfangen werden können, keinen ausreichenden Pegel zur Abstimmung bereitstellen. Diese Empfindlichkeit kann z.T. wiedergewonnen werden, wenn einem Sendesignal eine bekannte Präambel vorangestellt wird, die durch Korrelation (z.B. mit einem Optimalfilter) detektiert werden kann.

6.3 Zyklisches Abstimmen durch den gesamten Abstimmungsbereich bis Empfangssignal detektiert ist

[0560] Bei Ausführungsbeispielen kann auch die Abstimmungsspannung zyklisch über den gesamten (nutzbaren) Bereich durchgestimmt und danach die Signalleistung oder das SNR (falls möglich) innerhalb des Kanalfilters ausgewertet werden. Wird im Kanal ein Signalpegel detektiert, der oberhalb einer bestimmten Schwelle liegt, der zum Empfang ausreicht, kann dies als Abstimmungswert verwendet werden und konstant gehalten werden. Ggf. kann wiederholt in einem engeren Abstimmungsbereich abgestimmt werden, um eine bessere Abstimmung oder das Optimum zu finden. Der Signalanfang - bis eine ausreichende Abstimmung erfolgt ist - geht evtl. verloren, was bei schnellem Wobbeln gegenüber der Symboldauer, bei gutem Fehlerschutz oder einer kurzen Präambel kein Problem wäre. Bei Ausführungsbeispielen ist auch ein Einstellen auf den Maximalwert der Signalleistung oder des SNR möglich.

6.4 Abstimmung auf definierte Pilottöne und -sequenzen

[0561] Um ein schnelles Vor-Abstimmen der magnetischen Antenne 106 zu ermöglichen, können in zeitlicher Abfolge und Frequenz vordefinierte Pilottöne/Pilottonsequenzen/Pilotsignale von einer Gegenstelle (ein anderer Sender) aus-

gesendet werden.

[0562] Diese können so gewählt werden, dass sich Abstimmwerte für das gesamte Nutzband, wie in Abschnitt 5.2 beschrieben, rechnerisch durch Interpolation ermitteln lassen. Die genaue Lage der Pilotsignale kann beispielsweise über eine ID des Senders oder der Vorrichtung 100 abgeleitet werden.

[0563] Bei Ausführungsbeispielen kann das Abstimmungssignal mit einem Hilfssignal (z.B. Wobbelsignal) beaufschlagt werden.

[0564] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Korrelation des Hilfssignals mit einem Empfangsparameter, wie z.B. der Empfangsleistung des Empfängers, durchgeführt werden. Hierbei kann die Leistung berechnet werden als Leistung im gewünschten Empfangsbereich des Empfängers.

[0565] Bei Ausführungsbeispielen kann eine Korrelation auf eine Präambel im Empfangssignal erfolgen, um die Detektion bei noch nicht abgestimmter magnetischer Antenne 106 zu verbessern.

[0566] Bei Ausführungsbeispielen kann als Korrelation eine Multiplikation verwendet werden.

[0567] Bei Ausführungsbeispielen kann das Korrelationssignal gefiltert werden und als Rückführsignal in einen Regelkreis verwendet werden.

7. Weitere Ausführungsbeispiele

[0568] Fig. 40 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens 300 zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, wobei die magnetische Antenne eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweist. Das Verfahren 300 umfasst einen Schritt 302 des Erzeugens eines Abstimmungssignals zur

[0569] Abstimmung der magnetischen Antenne mittels einer Regelschleife. Ferner umfasst das Verfahren 300 einen Schritt 304 des Ansteuerns der magnetischen Antenne mit dem Abstimmungssignal, um die magnetische Antenne abzustimmen, wobei die Regelschleife oder eine Komponente der Regelschleife nur bei Bedarf von einem Ruhemodus in einen normalen Betriebsmodus versetzt wird.

[0570] Fig. 41 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens 310 zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, wobei die magnetische Antenne eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweist. Das Verfahren 310 umfasst einen Schritt 312 des Empfangens eines Empfangssignals mit der magnetischen Antenne. Ferner umfasst das Verfahren 310 einen Schritt 314 des Ermitteln eines Empfangsparameters des Empfangssignals. Ferner umfasst das Verfahren 310 einen Schritt 316 des Erzeugens eines Abstimmungssignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne mittels einer Regelschleife. Ferner umfasst das Verfahren 310 einen Schritt 318 des Ansteuerns der magnetischen Antenne mit dem Abstimmungssignal, um die magnetische Antenne abzustimmen. Ferner umfasst das Verfahren 310 einen Schritt 320 des Beaufschlagens des Abstimmungssignals oder eines Eingangssignal eines Reglers der Regelschleife mit einem Hilfssignal, wobei das Hilfssignal zyklisch variiert, wobei ein Wert des Abstimmungssignals in Abhängigkeit von einer Beziehung zwischen einem Wert des Hilfssignals und des Empfangsparameters angepasst wird.

[0571] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen (z.B. selbstabstimmende) magnetische Antennen für z. B. Sensorknoten. Mit dem IoT, dem Internet der Dinge (engl. Internet of Things) wächst die Anzahl der drahtlos kommunizierenden Sensorknoten. Hierbei werden auch immer stärkere Anforderungen an einen kleinen Formfaktor und eine einfache Handhabbarkeit gestellt. Diese Anforderungen können mit bestehenden elektrischen Antennen nur schlecht erfüllt werden. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung ermöglichen es magnetische Antennen in Sensorknoten einzusetzen und somit die vorgenannten Anforderungen zu erfüllen.

[0572] Die hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele können in einem Kommunikationssystem, wie es beispielsweise im ETSI Standard TS 103 357 [7] spezifiziert ist, Anwendung finden. Natürlich können die hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele auch in anderen Kommunikationssystemen Anwendung finden, wie z.B. WLAN, Bluetooth, ZigBee, usw.

[0573] Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben, die in Kombination mit den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen oder aber auch für sich allein genommen angewendet werden können.

[0574] Ausführungsbeispiele schaffen einen Teilnehmer eines drahtlosen Kommunikationssystems, wobei der Teilnehmer eine Sende- und/oder Empfangseinrichtung [z.B. einen Transmitter, Receiver oder Transceiver] und eine mit der Sende- und/oder-Empfangseinrichtung verbundene Antennenanordnung aufweist, wobei die Antennenanordnung eine magnetische Antenne mit einer einfach oder mehrfach [z.B. zumindest zweifach] unterbrochenen [z.B. unterteilten] Schleife [z.B. Stromschleife] aufweist.

[0575] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife durch ein oder mehrere Kapazitätselemente [z.B. Kondensatoren, Kapazitätsdioden] unterbrochen [z.B. unterteilt] sein.

[0576] Beispielsweise kann die Schleife der magnetischen Antenne durch zumindest zwei Kapazitätselemente [z.B. zumindest zweifach] unterbrochen sein.

[0577] Bei Ausführungsbeispielen kann die mehrfach unterbrochene Schleife durch die Kapazitätselemente in zumindest zwei Segmente unterbrochen [z.B. unterteilt] sein.

[0578] Beispielsweise kann die Schleife durch n Kapazitätselemente in n Segmente unterteilt sein, wobei n eine natürliche Zahl größer gleich zwei ist.

5 **[0579]** Bei Ausführungsbeispielen können die zumindest zwei Segmente der mehrfach unterbrochenen Schleife durch die Kapazitätselemente verbunden sein.

[0580] Beispielsweise können die zumindest zwei Segmente der mehrfach unterbrochenen Schleife und die zumindest zwei Kapazitätselemente in Reihe geschaltet sein. Mit anderen Worten, jeweils zwei Segmente der mehrfach unterbrochenen Schleife können durch jeweils ein Kapazitätselement, das in Reihe zwischen den zwei Segmenten geschaltet ist, verbunden sein.

10 **[0581]** Bei Ausführungsbeispielen können die einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife [z.B. die zumindest zwei Segmente der Schleife] und die Kapazitätselemente einen Schwingkreis bilden.

[0582] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife eine Spule bilden.

15 **[0583]** Bei Ausführungsbeispielen kann die Sende- und/oder Empfangseinrichtung mit der magnetischen Antenne über eines der Kapazitätselemente verbunden sein [z.B. wobei das eine Kapazitätselement und die einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife [z.B. mit den anderen Kapazitätselementen] einen Parallelschwingkreis bilden].

[0584] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife ringförmig oder m-eckförmig ist, wobei m eine natürliche Zahl größer gleich vier ist.

20 **[0585]** Beispielsweise kann die Schleife viereckförmig, fünfeckförmig, sechseckförmig, siebeneckförmig, achteckförmig, neuneckförmig, zehneckförmig, elfeckförmig, zwölfleckförmig usw. sein.

[0586] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne auf einer Leiterplatte implementiert [z.B. realisiert] sein.

[0587] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung eine Abstimmungsschaltung zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweisen.

25 **[0588]** Bei Ausführungsbeispielen können die Abstimmungsschaltung und die magnetische Antenne auf der gleichen Leiterplatte implementiert sein.

[0589] Bei Ausführungsbeispielen kann die magnetische Antenne eine erste magnetische Antenne sein, wobei die Antennenanordnung ferner eine zweite magnetische Antenne aufweisen kann, wobei die einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife der ersten magnetischen Antenne und eine Schleife der zweiten magnetischen Antenne im Wesentlichen orthogonal zueinander angeordnet sind.

30 **[0590]** Beispielsweise können eine durch die einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife der ersten magnetischen Antenne aufgespannte erste Fläche und eine durch die Schleife der zweiten magnetischen Antenne aufgespannte zweite Fläche orthogonal zueinander sein.

35 **[0591]** Beispielsweise können eine Hauptabstrahlrichtung/Hauptempfangsrichtung der ersten magnetischen Antenne und eine Hauptabstrahlrichtung/Hauptempfangsrichtung der zweiten magnetischen Antenne orthogonal zueinander sein.

[0592] Beispielsweise können eine Nullstelle der ersten magnetischen Antenne und eine Nullstelle der zweiten magnetischen Antenne unterschiedlichen sein.

40 **[0593]** Bei Ausführungsbeispielen kann eine aufgespannte Fläche der Schleife der zweiten magnetischen Antenne zumindest um den Faktor zwei [z.B. um den Faktor drei, vier, fünf, oder zehn] kleiner sein als eine aufgespannte Fläche der Schleife der ersten magnetischen Antenne.

[0594] Beispielsweise kann die Schleife der zweiten magnetischen Antenne "plattgedrückt" sein.

[0595] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife der zweiten magnetischen Antenne nicht rund ausgeführt sein, um sich einer Form des Gehäuses des Teilnehmers anzupassen.

45 **[0596]** Beispielsweise kann die Schleife der zweiten magnetischen Antenne im Wesentlichen rechteckförmig sein.

[0597] Bei Ausführungsbeispielen können die erste magnetische Antenne und die zweite magnetische Antenne benachbart zueinander angeordnet sein.

50 **[0598]** Bei Ausführungsbeispielen kann ein Leiter der Schleife der zweiten magnetischen Antenne zumindest um den Faktor zwei [z.B. um den Faktor drei, vier oder fünf] dicker oder breiter ist als ein Leiter der Schleife der ersten magnetischen Antenne.

[0599] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife der zweiten magnetischen Antenne mehrfach unterbrochen sein.

[0600] Beispielsweise kann die Schleife der zweiten magnetischen Antenne durch zumindest zwei Kapazitätselemente [zumindest zweifach] unterbrochen sein.

55 **[0601]** Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer ausgebildet sein, um eine der magnetischen Antennen der Antennenanordnung [z.B. die erste magnetische Antenne oder die zweite magnetische Antenne] zu deaktivieren, um eine Strahlungscharakteristik [z.B. Abstrahlrichtung oder Empfangsrichtung; z.B. Hauptkeule] der Antennenanordnung zu verändern.

[0602] Beispielsweise kann der Teilnehmer ausgebildet sein, um eine Strahlungscharakteristik [z.B. Abstrahlrichtung

oder Empfangsrichtung; z.B. Hauptkeule] der Antennenanordnung durch Deaktivieren einer der magnetischen Antennen der Antennenanordnung [z.B. der ersten magnetischen Antenne oder der zweiten magnetischen Antenne] zu verändern.

[0603] Bei Ausführungsbeispielen kann eine der magnetischen Antennen der Antennenanordnung durch Verstimmen der jeweiligen magnetischen Antenne [z.B. der ersten magnetischen Antenne oder der zweiten magnetischen Antenne] deaktiviert werden.

[0604] Bei Ausführungsbeispielen kann eine der magnetischen Antennen der Antennenanordnung durch Parallelschalten einer Spule zu einem der Kapazitätselemente der Schleife der jeweiligen magnetischen Antenne [z.B. der ersten magnetischen Antenne oder der zweiten magnetischen Antenne] deaktiviert werden.

[0605] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer ausgebildet sein, um ein Abstrahlverhältnis der Antennenanordnung durch Verstimmen der Eigenresonanz zumindest einer der zwei magnetischen Antennen [z.B. der ersten magnetischen Antenne oder der zweiten magnetischen Antenne] zu verändern.

[0606] Bei Ausführungsbeispielen können die erste magnetische Antenne und die zweite magnetische Antenne phasenverschoben [z.B. um 90°] angesteuert werden.

[0607] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer ausgebildet sein, um ein zu übertragendes Datenpaket [z.B. der Bitübertragungsschicht] auf eine Mehrzahl von Sub-Datenpaketen aufzuteilen und um die Mehrzahl von Sub-Datenpaketen nicht zusammenhängend zu senden [z.B. unter Verwendung eines Zeit- und/oder Frequenzsprungverfahrens], wobei der Teilnehmer ausgebildet sein kann, um die Strahlungscharakteristik der Antennenanordnung zumindest einmal zwischen der Aussendung zweier Sub-Datenpaketen zu verändern.

[0608] Beispielsweise kann der Teilnehmer ausgebildet sein, um die Strahlungscharakteristik der Antennenanordnung nach jedem ausgesendeten Sub-Datenpaketen oder nach einer vorgegebenen Anzahl von Sub-Datenpaketen zu verändern [z.B. durch deaktivieren der jeweils anderen magnetischen Antenne der Antennenanordnung].

[0609] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer ausgebildet sein, um ein zu übertragendes Datenpaket [z.B. der Bitübertragungsschicht] auf eine Mehrzahl von Sub-Datenpaketen aufzuteilen und um die Mehrzahl von Sub-Datenpaketen nicht zusammenhängend unter Verwendung eines Frequenzsprungverfahrens [z.B. und Zeitsprungverfahrens] zu senden, wobei die Resonanzfrequenzen der ersten magnetischen Antenne und der zweiten magnetischen Antenne absichtlich etwas verstimmt sein können, so dass bei der Aussendung der Mehrzahl von Subdatenpaketen bedingt durch die durch das Frequenzsprungmuster definierten Frequenzen eine Strahlungscharakteristik [z.B. Abstrahlrichtung; z.B. Hauptkeule] der Antennenanordnung variiert.

[0610] Beispielsweise kann die Resonanzfrequenz der ersten magnetischen Antenne und/oder der zweiten magnetischen Antenne in einem Größenbereich verstimmt werden, der der reziproken Güte entspricht. Bei einer Güte von $Q = 100$ kann die Verstimmung in einem Fenster von nicht mehr als $\pm 1\%$ erfolgen, weil bei noch stärkerer Verstimmung dann kaum mehr Leistung raus geht.

[0611] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung eine Abstimmereinrichtung zum Abstimmen der magnetischen Antenne aufweisen, wobei die Antennenanordnung ausgebildet ist, um die Antenne automatisch abzustimmen.

[0612] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung ferner eine elektrische Antenne aufweisen.

[0613] Bei Ausführungsbeispielen kann die Sende- und/oder Empfangseinrichtung eine Sendeeinrichtung [z.B. Transmitter], eine Empfangseinrichtung [z.B. Receiver] oder eine Sendeempfangseinrichtung [Transceiver] sein.

[0614] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer ausgebildet sein, um im ISM Band zu kommunizieren.

[0615] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer ein Endpunkt des Kommunikationssystems sein.

[0616] Bei Ausführungsbeispielen kann der Endpunkt ein Sensorknoten oder Aktorknoten sein.

[0617] Bei Ausführungsbeispielen kann der Endpunkt batteriebetrieben sein.

[0618] Bei Ausführungsbeispielen kann der Endpunkt ein Energy Harvesting Element zur elektrischen Energiegewinnung aufweisen.

[0619] Bei Ausführungsbeispielen kann der Teilnehmer eine Basisstation des Kommunikationssystems sein.

[0620] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Kommunikationssystem mit zumindest zwei der hierin beschriebenen Teilnehmer.

[0621] Beispielsweise kann es sich bei den zumindest zwei Teilnehmern um einen oder mehrere Endpunkte [z.B. eine Vielzahl von Endpunkten] und eine oder mehrere Basisstation handeln. Natürlich kann es sich bei den zumindest zwei Teilnehmern auch um zumindest zwei Endpunkte oder Basisstationen handeln.

[0622] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Betreiben eines Teilnehmers eines Kommunikationssystems, wobei der Teilnehmer eine Antennenanordnung aufweist, wobei die Antennenanordnung eine magnetische Antenne mit einer einfach oder mehrfach unterbrochenen Schleife aufweist. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Sendens und/oder Empfangens von Kommunikationssignalen unter Verwendung der magnetischen Antenne.

[0623] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Teilnehmer (z.B. einen Endpunkt) eines Kommunikationssystems mit einer magnetischen Antenne.

[0624] Ausführungsbeispiele schaffen eine Antennenanordnung mit einer magnetischen Antenne und einer Abstimmereinrichtung. Die magnetische Antenne umfasst eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement [z.B. ein variabler Kondensator oder eine Kapazitätsdiode] zur Abstimmung der magnetischen Antenne.

Die Abstimmereinrichtung ist mit dem Abstimmeelement verbunden, wobei die Abstimmereinrichtung ausgebildet ist, um ein Steuersignal [z.B. Abstimmungsspannung] zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit von einer Phasenlage eines in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals bereitzustellen, und um das Abstimmeelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um die magnetische Antenne abzustimmen.

[0625] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals und einem Phasensignal bereitzustellen.

[0626] Bei Ausführungsbeispielen kann das Phasensignal auf einem in zumindest einem Abschnitt der Schleife fließenden Strom basieren.

[0627] Bei Ausführungsbeispielen kann das Phasensignal auf einem durch die Schleife [bzw. magnetische Antenne] erzeugten Magnetfeld [z.B. im Nahfeld] basieren.

[0628] Bei Ausführungsbeispielen kann das Phasensignal eine aus der magnetischen Antenne [z.B. induktiv] ausgekoppelte Leistung sein.

[0629] Bei Ausführungsbeispielen kann das Phasensignal ein aus einem Magnetfeld der magnetischen Antenne ausgekoppeltes Signal sein.

[0630] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antennenanordnung oder die Abstimmereinrichtung eine Koppelschleife aufweisen, die ausgebildet ist, um das Phasensignal bereitzustellen.

[0631] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung eine Koppelschleife aufweisen, die ausgebildet ist, um Leistung aus der magnetischen Antenne auszukoppeln, um die aus der magnetischen Antenne [z.B. induktiv] ausgekoppelte Leistung zu erhalten.

[0632] Beispielsweise können die Schleife der magnetischen Antenne und die Koppelschleife auf derselben Leiterplatte angeordnet bzw. implementiert sein.

[0633] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um das Abstimmeelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um eine Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals und dem Phasensignal auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0634] Beispielsweise kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um durch Ansteuerung des Abstimmeelements mit dem Steuersignal die Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals und dem Phasensignal auf den vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0635] Zum Beispiel kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal nachzuführen, um einer Abweichung der Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals und dem Phasensignal von dem vorgegebenen Sollwert entgegenzuwirken.

[0636] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um die Regelung der Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals und dem Phasensignal auf den vorgegebenen Sollwert hin unter Verwendung einer Regelschleife oder einer Feed-Forward-Regelung zu bewirken.

[0637] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um von dem in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals ein Signal abzuleiten, um ein abgeleitetes Signal zu erhalten, wobei die Abstimmereinrichtung ausgebildet, um das Steuersignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen dem abgeleiteten Signal und dem Phasensignal bereitzustellen.

[0638] Beispielsweise kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um das Abstimmeelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um die Phasendifferenz zwischen dem abgeleiteten Signal und dem Phasensignal auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0639] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung einen Signalkombinierer [z.B. Multiplizierer] aufweisen, der ausgebildet ist, um

- das Phasensignal oder eine phasenverschobene Version des Phasensignals, und
- das abgeleitete Signal oder eine phasenverschobene Version des abgeleiteten Signals,

zu kombinieren, um ein kombiniertes Signal zu erhalten, wobei die Abstimmereinrichtung ausgebildet ist, um das Abstimmeelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um einen Gleichanteil des kombinierten Signals oder eine tiefpassgefilterte Version des kombinierten Signals auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0640] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung einen Phasenschieber aufweisen, der ausgebildet ist, um eines aus dem abgeleiteten Signal und dem Phasensignal phasenzuverschieben, um ein phasenverschobenes Signal zu erhalten, wobei der Signalkombinierer [z.B. Multiplizierer] ausgebildet ist, um das phasenverschobene Signal und das andere aus dem abgeleiteten Signal und dem Phasensignal zu kombinieren, um das kombinierte Signal zu erhalten, wobei der Phasenschieber ausgebildet ist, um das eine aus dem abgeleiteten Signal oder dem Phasensignal derart phasenzuverschieben, dass, im Resonanzfall der magnetischen Antenne, das phasenverschobene Signal und das andere aus dem abgeleiteten Signal und dem Phasensignal am Signalkombinierer eine vordefinierte Phasendifferenz [z.B. 90°] aufweisen.

[0641] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung einen Energieauskoppler [z.B. einen Richtkoppler oder eine andere Vorrichtung zum Auskoppeln von Energie] aufweisen, der ausgebildet ist, um einen Teil von dem in die magnetische Antenne vorlaufenden Signal auszukoppeln, um das abgeleitete Signal zu erhalten.

[0642] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung einen Regelverstärker aufweisen, der ausgebildet ist, um das Steuersignal zur Abstimmung der magnetischen Antenne bereitzustellen, wobei der Regelverstärker ausgebildet ist, um das Abstimmeelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um einen Gleichanteil des kombinierten Signals oder eine tiefpassgefilterte Version des kombinierten Signals auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0643] Bei Ausführungsbeispielen kann der Richtkoppler einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss, einen dritten Anschluss und einen vierten Anschluss aufweisen, wobei der Richtkoppler einen ersten Widerstand [z.B. der Größe Z_0/N] aufweist, der zwischen dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss geschaltet ist, wobei der Richtkoppler einen zweiten Widerstand [z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$] aufweist, der zwischen dem ersten Anschluss und dem dritten Anschluss geschaltet ist, wobei der Richtkoppler einen dritten Widerstand [z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$] aufweist, der zwischen dem zweiten Anschluss und dem vierten Anschluss geschaltet ist, wobei der Richtkoppler einen Transformator aufweist, wobei eine erste Spule des Transformators zwischen dem ersten Anschluss und dem dritten Anschluss geschaltet ist, und wobei eine zweite Spule des Transformators zwischen dem zweiten Anschluss und dem vierten Anschluss geschaltet ist [z.B. wobei die erste Spule und die zweite Spule die gleiche Anzahl an Wicklungen aufweisen].

[0644] Bei Ausführungsbeispielen kann der Richtkoppler einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss, einen dritten Anschluss und einen vierten Anschluss aufweisen, wobei der Richtkoppler einen ersten Widerstand [z.B. der Größe Z_0/N] aufweist, der zwischen dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss geschaltet ist, wobei der Richtkoppler einen zweiten Widerstand [z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$] aufweist, der zwischen dem ersten Anschluss und dem dritten Anschluss geschaltet ist, wobei der Richtkoppler einen dritten Widerstand [z.B. der Größe $2N \cdot Z_0$] aufweist, der zwischen dem zweiten Anschluss und dem vierten Anschluss geschaltet ist, wobei der Richtkoppler einen Transformator aufweist, wobei eine erste Spule des Transformators zwischen dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss geschaltet ist, und wobei eine zweite Spule des Transformators zwischen dem dritten Anschluss und dem vierten Anschluss geschaltet ist [z.B. wobei die erste Spule und die zweite Spule die gleiche Anzahl an Wicklungen aufweisen].

[0645] Weitere Ausführungsbeispiele umfassen eine Antennenanordnung mit einer magnetischen Antenne und einer Abstimmereinrichtung. Die magnetische Antenne umfasst eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmeelement [z.B. einen variablen Kondensator oder eine Kapazitätsdiode] zur Abstimmung der magnetischen Antenne. Die Abstimmereinrichtung ist mit dem Abstimmeelement verbunden, wobei die Abstimmereinrichtung ausgebildet ist, um ein Steuersignal [z.B. Abstimmspannung] zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit einer Amplitude eines Signals, das auf einem durch die Schleife [bzw. magnetische Antenne] erzeugten Magnetfeld [z.B. im Nahfeld] basiert, bereitzustellen, und um das Abstimmeelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um die magnetische Antenne abzustimmen.

[0646] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung eine Induktionsschleife oder Induktionsspule aufweisen, die ausgebildet ist, um das Signal, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, bereitzustellen.

[0647] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife der magnetischen Antenne und die Induktionsschleife oder die Induktionsspule auf derselben Leiterplatte angeordnet [z.B. implementiert] sein.

[0648] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um das Abstimmeelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um die Amplitude des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln [z.B. so dass die Amplitude größer oder gleich einem vorgegebenen Sollwert ist].

[0649] Beispielsweise kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um durch Ansteuerung des Abstimmeelements mit dem Steuersignal die Amplitude des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, auf den vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

[0650] Zum Beispiel kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal nachzuführen, um einer Abweichung der Amplitude des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, von dem vorgegebenen Sollwert entgegenzuwirken.

[0651] Bei Ausführungsbeispielen kann der vorgegebene Sollwert im Vorfeld [z.B. bei einer werkseitigen Kalibrierung] durch eine Referenzmessung im ungestörten Fall der magnetischen Antenne und/oder im Resonanzfall der magnetischen Antenne ermittelt sein.

[0652] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmereinrichtung ausgebildet sein, um den vorgegebenen Sollwert durch eine Referenzmessung im ungestörten Fall der magnetischen Antenne und/oder im Resonanzfall der magnetischen Antenne zu ermitteln.

[0653] Bei Ausführungsbeispielen kann bei der Referenzmessung ein vorgegebenes Signal mit der magnetischen Antenne ausgesendet werden.

[0654] Beispielsweise kann das vorgegebene Signal eine vorgegebene Signalform, vorgegebene Sendefrequenz, vorgegebene Bandbreite, vorgegebene Amplitude und/oder vorgegebene Modulationsart aufweisen.

[0655] Beispielsweise kann das vorgegebene Signal ein Sinussignal mit einer normierten Sendespannung sein.

[0656] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmrichtung ausgebildet sein, um in Abhängigkeit der Amplitude des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, ein Steuersignalparameter aus einem Satz von hinterlegten Steuersignalparametern, die mit entsprechenden Amplitudenwerten verknüpft sind, auszuwählen, und um das Steuersignal in Abhängigkeit von dem Steuersignalparameter [z.B. Steuersignalamplitude] bereitzustellen.

[0657] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmrichtung ausgebildet sein, um, bei einer breitbandigen Aussendung eines Sendesignals oder einer Aussendung des Sendesignals auf mehreren Frequenzen, eine frequenzabhängige Amplitudenverteilung des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, zu ermitteln, und um das Steuersignal in Abhängigkeit von der frequenzabhängigen Amplitudenverteilung bereitzustellen.

[0658] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmrichtung ausgebildet sein, um, bei einer Aussendung eines Sendesignals auf zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzen, eine Abstimmrichtung, in der das Abstimmsignal nachzuregeln ist, basierend auf zumindest zwei durch die zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzen des Sendesignals resultierenden Amplituden des Signals, das auf dem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert, zu ermitteln, und um das Abstimmsignal in Abhängigkeit der ermittelten Abstimmrichtung nachzuregeln.

[0659] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen eine Antennenanordnung mit einer Antenne und einer Abstimmrichtung. Die Antenne umfasst zumindest ein Abstimmelement [z.B. einen variablen Kondensator oder einer Kapazitätsdiode] zur Abstimmung der Antenne. Die Abstimmrichtung ist mit dem Abstimmelement verbunden, wobei die Abstimmrichtung ausgebildet ist, um ein Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit von einer Leistungs- oder Stromaufnahme einer mit der Antenne verbundenen Sendeeinrichtung oder zumindest eines aktiven Bauelements [z.B. Leistungstransistors] der Sendeeinrichtung bereitzustellen, und um das Abstimmelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um die Antenne abzustimmen.

[0660] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antenne eine elektrische Antenne sein.

[0661] Bei Ausführungsbeispielen kann die Antenne eine magnetische Antenne mit einer einfach oder mehrfach unterbrochenen Schleife sein.

[0662] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimmrichtung ausgebildet sein, um das Abstimmelement mit dem Steuersignal anzusteuern, um die Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung oder des zumindest eines aktiven Bauelements der Sendeeinrichtung auf einen vorgegebenen Sollwertebereich hin zu regeln.

[0663] Beispielsweise kann die Abstimmrichtung ausgebildet sein, um durch Ansteuerung des Abstimmelements mit dem Steuersignal die Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung oder des zumindest eines aktiven Bauelements der Sendeeinrichtung auf den vorgegebenen Sollwertebereich hin zu regeln.

[0664] Zum Beispiel kann die Abstimmrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal nachzuführen, um einer Abweichung der Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung oder des zumindest eines aktiven Bauelements der Sendeeinrichtung von dem vorgegebenen Wertebereich entgegenzuwirken.

[0665] Bei Ausführungsbeispielen kann der vorgegebene Sollwertebereich [z.B. im Vorfeld / werkseitig] durch eine Systemsimulation unter Annahme einer idealen oder nahezu idealen Anpassung der Antenne ermittelt sein.

[0666] Bei Ausführungsbeispielen kann der vorgegebene Sollwertebereich [z.B. im Vorfeld / werkseitig] bei Abschluss der Sendeeinrichtung mit einer vordefinierten Impedanz [z.B. 50 Ohm] ermittelt sein.

[0667] Beispielsweise kann die Sendeeinrichtung mit einer vordefinierten Impedanz [z.B. 50 Ohm] abgeschlossen werden und hierbei die Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung ermittelt [z.B. gemessen] werden, um den vorgegebenen Sollwertebereich zu erhalten. Der vorgegebene Sollwertebereich kann beispielsweise der ermittelten Leistungs- oder Stromaufnahme mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ (oder $\pm 5\%$ oder $\pm 3\%$) entsprechen.

[0668] Bei Ausführungsbeispielen kann der vorgegebene Sollwertebereich basierend auf einer Antennenmessung [z.B. mittels eines Antennentuners] ermittelt sein.

[0669] Beispielsweise kann bei der Antennenmessung der Punkt der maximalen Abstrahlungsleistung ermittelt werden und die Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung in diesem Punkt ermittelt werden, um den vorgegebenen Sollwertebereich zu erhalten. Der vorgegebene Sollwertebereich kann beispielsweise der ermittelten Leistungs- oder Stromaufnahme mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ (oder $\pm 5\%$ oder $\pm 3\%$) entsprechen.

[0670] Bei Ausführungsbeispielen kann der vorgegebene Sollwertebereich [z.B. im Vorfeld / werkseitig] basierend auf einem Mittelwert der Leistungs- oder Stromaufnahme bei kurzgeschlossenem Abschluss und offenem Abschluss der Sendeeinrichtung ermittelt sein.

[0671] Beispielsweise kann die Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung bei kurzgeschlossenem Abschluss und mit offenem Anschluss ermittelt und der Mittelwert der Leistungs- oder Stromaufnahme der Sendeeinrichtung bei kurzgeschlossenem Abschluss und mit offenem Anschluss gebildet werden, um den vorgegebenen Sollwertebereich zu erhalten. Der vorgegebene Sollwertebereich kann beispielsweise dem Mittelwert der Leistungs- oder Stromaufnahme mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ (oder $\pm 5\%$ oder $\pm 3\%$) entsprechen.

[0672] Bei Ausführungsbeispielen kann der vorgegebene Sollwertebereich [z.B. im Vorfeld / werkseitig] basierend auf einer Messung einer Abstrahlungsleistung ermittelt sein.

[0673] Beispielsweise kann bei der Messung der Abstrahlungsleistung die maximale Abstrahlungsleistung ermittelt werden und die Leistungs- oder Stromaufnahme bei der maximalen Abstrahlungsleistung ermittelt [z.B. gemessen] werden.

den, um den vorgegebene Sollwertebereich zu erhalten. Der vorgegebene Sollwertebereich kann beispielsweise der ermittelten Leistungs- oder Stromaufnahme mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ (oder $\pm 5\%$ oder $\pm 3\%$) entsprechen.

[0674] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstrahlungsleistung mit einer externen Antenne oder durch die Abstimm-einrichtung selber mit einer Antenne der Abstimm-einrichtung gemessen werden.

[0675] Beispielsweise kann die Antenne der Abstimm-einrichtung eine Koppelschleife sein, die auf derselben Platine angeordnet [z.B. implementiert] ist wie die Schleife der magnetischen Antenne.

[0676] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit einer Stromaufnahme zumindest eines Leistungstransistors eines Verstärkers der Sendeeinrichtung bereitzustellen.

[0677] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit einer Differenz von Versorgungsströmen von zwei Leistungstransistoren des Verstärkers der Sendeeinrichtung bereitzustellen.

[0678] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit eines Biasstroms zumindest eines Leistungstransistors des Verstärkers der Sendeeinrichtung bereitzustellen.

[0679] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um den Biasstrom des zumindest einen Leistungstransistors durch eine Messung einer Spannung über einen Widerstand im Biaszweig des Leistungstransistors zu ermitteln.

[0680] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit einer Differenz zwischen Biasströmen zumindest zweier Leistungstransistoren des Verstärkers der Sendeeinrichtung bereitzustellen.

[0681] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit einer Differenz von Versorgungsströmen eines Balanced-Verstärkers der Sendeeinrichtung bereitzustellen.

[0682] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit einer Differenz von Versorgungsströmen eines Doherty-Verstärkers der Sendeeinrichtung bereitzustellen.

[0683] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit einer Differenz von Versorgungsströmen eines Gegentakt-Verstärkers der Sendeeinrichtung bereitzustellen.

[0684] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit einer Gleichtaktimpedanz der Antenne bereitzustellen.

[0685] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um die Gleichtaktimpedanz der Antenne mittels eines Messsignals zu ermitteln.

[0686] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um den Stromverbrauch der Sendeeinrichtung bei abwechselnder Einspeisung eines Gegentaktsignals und Gleichtaktsignals in die Antenne zu ermitteln.

[0687] Bei Ausführungsbeispielen kann das Gleichtaktsignal mittels eine Baluns, das einen Zugriff auf die Gleichtaktmode ermöglicht, eingespeist werden.

[0688] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das Steuersignal zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit eines reflektierten Gleichtaktsignals der Antenne bereitzustellen.

[0689] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das reflektierte Gleichtaktsignal mittels eines Baluns, das einen Zugriff auf die Gleichtaktmode ermöglicht, zu ermitteln [z.B. zu messen].

[0690] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um das reflektierte Gleichtaktsignal über nichtlineare Eigenschaften eines Magnetkerns des Baluns zu ermitteln [z.B. zu messen].

[0691] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um einen magnetischen Gleichstrom des Magnetkerns mittels eines Hallsensors zu ermitteln [z.B. zu messen].

[0692] Bei Ausführungsbeispielen kann die Abstimm-einrichtung ausgebildet sein, um einen magnetischen Gleichstrom des Magnetkerns mittels einer Messwicklung am Magnetkern zu ermitteln [z.B. zu messen].

[0693] Bei Ausführungsbeispielen kann der Balun ein Ringkoppler sein.

[0694] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife einfach unterbrochen sein, wobei die Schleife durch das Abstimm-element unterbrochen ist.

[0695] Bei Ausführungsbeispielen kann die Schleife mehrfach unterbrochen sein, wobei die Schleife durch das Abstimm-element und durch ein oder mehrere Kapazitätselemente unterbrochen ist.

[0696] Bei Ausführungsbeispielen kann das Abstimm-element ein variabler Kondensator oder eine Kapazitätsdiode sein.

[0697] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen einen Teilnehmer eines drahtlosen Kommunikationssystems, wobei der Teilnehmer eine Sende- und/oder Empfangseinrichtung und eine mit der Sende- und/oder-Empfangseinrichtung verbundene Antennenanordnung gemäß einem der hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen aufweist.

[0698] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Abstimmen einer magnetischen Antenne mit einer einfach oder mehrfach unterbrochenen Schleife. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Bereitstellens eines Steuersignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit von einer Phasenlage eines in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ansteuerns eines Abstimmelements der magnetischen Antenne mit dem Steuersignal, um die magnetische Antenne abzustimmen.

[0699] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Abstimmen einer magnetischen Antenne mit einer einfach oder mehrfach unterbrochenen Schleife. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Bereitstellens eines Steuersignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne in Abhängigkeit einer Amplitude eines Signals, das auf einem durch die Schleife erzeugten Magnetfeld basiert. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ansteuerns eines Abstimmelements der magnetischen Antenne mit dem Steuersignal, um die magnetische Antenne abzustimmen.

[0700] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Abstimmen einer Antenne. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Bereitstellens eines Steuersignals zur Abstimmung der Antenne in Abhängigkeit von einer Leistungs- oder Stromaufnahme einer mit der Antenne verbundenen Sendeeinrichtung oder zumindest eines aktiven Bauelements der Sendeeinrichtung. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Ansteuerns eines Abstimmelements der Antenne mit dem Steuersignal, um die Antenne abzustimmen.

[0701] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung ausgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0702] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

[0703] Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

[0704] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahingehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

[0705] Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

[0706] Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

[0707] Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

[0708] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist. Der Datenträger, das digitale Speichermedium oder das computerlesbare Medium sind typischerweise gegenständlich und/oder nichtvergänglich bzw. nichtvorübergehend.

[0709] Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahingehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

[0710] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahingehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

[0711] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

[0712] Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren

zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

[0713] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

[0714] Die hierin beschriebenen Vorrichtungen können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

[0715] Die hierin beschriebenen Vorrichtungen, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Vorrichtungen können zumindest teilweise in Hardware und/oder in Software (Computerprogramm) implementiert sein.

[0716] Die hierin beschriebenen Verfahren können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

[0717] Die hierin beschriebenen Verfahren, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Verfahren können zumindest teilweise durch Hardware und/oder durch Software ausgeführt werden.

[0718] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Literaturverzeichnis

[0719]

[1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwingkreis>

[2] J. Bollenbeck, R. Oppelt: "Ein neuartiges Tracking-Filter für hochwertige LO-Signale", UKW-Berichte 3/2013, S. 157 - 176

[3] US 7,890,070

[4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Gilbertzelle>

[5] J. v. Parpart: "Breitbandige Ferrit-Hochfrequenztransformatoren", Hüthig GmbH, Heidelberg, 1997

[6] DE 10 2011 082 098 B4

[7] ETSI TS 103 357

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100), mit folgenden Merkmalen:

einer magnetischen Antenne (106), wobei die magnetische Antenne (106) eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife (108) und zumindest ein Abstimmelement (111) zur Abstimmung der magnetischen Antenne (106) aufweist, und

einer Abstimmeinrichtung (120), wobei die Abstimmeinrichtung (120) eine Regelschleife (121) aufweist, die konfiguriert ist, um ein Abstimmsignal (122) zur Abstimmung der magnetischen Antenne (106) bereitzustellen, und um das Abstimmelement (111) mit dem Abstimmsignal (122) anzusteuern, um die magnetische Antenne (106) abzustimmen,

wobei die Vorrichtung (100) **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sie konfiguriert ist, um die Regelschleife (121) oder eine

Komponente der Regelschleife (121) nur bei Bedarf von einem Ruhemodus in einen normalen Betriebsmodus zu versetzen;

wobei die Vorrichtung (100) konfiguriert ist, um die Regelschleife (121) oder die Komponente der Regelschleife (121) nur

- während einer Aussendung eines Signals (124),

- von Beginn einer Aussendung eines Signals (124) oder eine definierte Zeit vor dem Beginn der Aussendung des Signals (124) bis zu einem Ende der Aussendung des Signals (124) oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals (124),

- von Beginn einer Aussendung eines Signals (124) bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne (106), oder

- während einer Aussendung eines Signals (124) bis zu dem Ende der Aussendung des Signals (124) oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals (124)

von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen.

2. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1

wobei die Vorrichtung (100) eine Sendeeinrichtung (102) aufweist, die mit der magnetischen Antenne (106) verbunden ist, wobei die Sendeeinrichtung (102) konfiguriert ist, um ein Signal (124) mit der magnetischen Antenne (106) auszusenden.

3. Vorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Abstimmeinrichtung (120) konfiguriert ist, um das Abstimmsignal (122) nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne (106) mittels eines Halteglieds zu halten und weiterhin bereitzustellen.

4. Vorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Abstimmeinrichtung (120) eine Steuereinheit (123) aufweist, wobei ein Regler (222) der Regelschleife (121) in der Steuereinheit (123) implementiert ist.

5. Vorrichtung (100) nach Anspruch 4,

wobei die Steuereinheit (123) konfiguriert ist, um das Abstimmsignal (122) nach erfolgter Abstimmung der magnetischen Antenne (106) zu halten und weiterhin bereitzustellen.

6. Vorrichtung (100) nach Anspruch 4,

wobei die Vorrichtung (100) eine Sendeeinrichtung (102) aufweist, die mit der magnetischen Antenne (106) verbunden ist, wobei die Sendeeinrichtung (102) konfiguriert ist, um ein Signal (124) mit der magnetischen Antenne (106) auszusenden,

wobei die Sendeeinrichtung (102) konfiguriert ist, um ein Haltesignal (234) bereit zu stellen,

wobei die Steuereinheit (123) konfiguriert ist, um das Abstimmsignal (122) ansprechend auf das Haltesignal (234) zu halten und weiterhin bereitzustellen.

7. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 6,

wobei die Vorrichtung (100) eine Sendeeinrichtung (102) aufweist, die mit der magnetischen Antenne (106) verbunden ist, wobei die Sendeeinrichtung (102) konfiguriert ist, um ein Signal (124) mit der magnetischen Antenne (106) auszusenden,

wobei die Sendeeinrichtung (102) konfiguriert ist, um zeitlich synchronisiert zu der Aussendung des Signals (124) ein Aktivierungssignal (230) bereitzustellen,

wobei die Abstimmeinrichtung (120) konfiguriert ist, um die Regelschleife (121) oder eine Komponente der Regelschleife (121) ansprechend auf das Aktivierungssignal (230) von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus zu versetzen,

wobei die Steuereinheit (123) konfiguriert ist, um ansprechend auf das Aktivierungssignal (230) eine Regelung eines Wertes des Abstimmsignals (122) ausgehend von einem Startwert zu beginnen.

8. Vorrichtung (100) nach Anspruch 7,

wobei die Steuereinheit (123) konfiguriert ist, um den Startwert in Abhängigkeit von einer Frequenz des Signals (124) der Sendeeinrichtung (102) zu ermitteln.

9. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 8,

wobei die Abstimmereinrichtung (120) eine Steuereinheit (123) aufweist, wobei ein Regler (222) der Regelschleife (121) in der Steuereinheit (123) implementiert ist, wobei die Steuereinheit (123) einen Speicher (229) aufweist oder mit einem Speicher (229) verbunden ist, wobei in dem Speicher (123) ein Referenzwert hinterlegt ist, wobei die Steuereinheit (123) konfiguriert ist, um den Startwert in Abhängigkeit von dem in dem Speicher (229) hinterlegten Referenzwert zu ermitteln.

10. Vorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Abstimmereinrichtung (120) eine Koppelschleife (128) aufweist.

11. Vorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Abstimmereinrichtung (120) konfiguriert ist, um das Abstimmssignal (122) zur Abstimmung der magnetischen Antenne (106) in Abhängigkeit von einer Phasenlage eines in die magnetische Antenne (106) vorlaufenden Signals (124) bereitzustellen, wobei die Abstimmereinrichtung (120) konfiguriert ist, um das Abstimmssignal (122) zur Abstimmung der magnetischen Antenne (106) in Abhängigkeit von einer Phasenbeziehung zwischen des in die magnetische Antenne (106) vorlaufenden Signals (124) und einem Phasensignal (126) bereitzustellen, wobei die Abstimmereinrichtung (120) konfiguriert ist, um das Abstimmelement (111) mit dem Abstimmssignal (122) anzusteuern, um eine Phasendifferenz zwischen des in die magnetische Antenne (106) vorlaufenden Signals (124) und dem Phasensignal (126) auf einen vorgegebenen Sollwert hin zu regeln.

12. Vorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Frequenz eines in die magnetische Antenne vorlaufenden Signals oder eines mit der magnetischen Antenne auszusendenden Sendesignals oder zu empfangenden Empfangssignals innerhalb eines ISM Bands liegt.

13. Vorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die magnetische Antenne eine Güte von 20 bis 500 aufweist.

14. Verfahren (300) zum Abstimmen einer magnetischen Antenne, wobei die magnetische Antenne eine einfach oder mehrfach unterbrochene Schleife und zumindest ein Abstimmelement zur Abstimmung der magnetischen Antenne aufweist, wobei das Verfahren aufweist:

Erzeugen (302) eines Abstimmssignals zur Abstimmung der magnetischen Antenne mittels einer Regelschleife, Ansteuern (304) der magnetischen Antenne mit dem Abstimmssignal, um die magnetische Antenne abzustimmen, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass** die Regelschleife oder eine Komponente der Regelschleife nur bei Bedarf von einem Ruhemodus in einen normalen Betriebsmodus versetzt wird; wobei die Regelschleife oder die Komponente der Regelschleife nur

- während einer Aussendung eines Signals,
- von Beginn einer Aussendung eines Signals (124) bis zu einem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals,
- von Beginn einer Aussendung eines Signals bis zu einer erfolgten Abstimmung der magnetischen Antenne, oder
- während einer Aussendung eines Signals bis zu dem Ende der Aussendung des Signals oder eine definierte Zeit nach dem Ende der Aussendung des Signals von dem Ruhemodus in den normalen Betriebsmodus versetzt wird.

15. Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 14, wenn das Computerprogramm auf einem Computer, Microprozessor, ASIC oder auf einem softwarebasierten Sender und/oder Empfänger abläuft.

Claims

1. An apparatus (100) comprising:

5 a magnetic antenna (106), the magnetic antenna (106) comprising a singly or multiply interrupted loop (108) and at least one tuning element (111) for tuning the magnetic antenna (106), and a tuning device (120), the tuning device (120) comprising a control loop (121) configured to provide a tuning signal (122) for tuning the magnetic antenna (106), and to drive the tuning element (111) with the tuning signal (122) to tune the magnetic antenna (106),

10 wherein the apparatus (100) is **characterized in that** it is configured to transfer the control loop (121) or a component of the control loop (121) from an idle mode to a normal operating mode only when required; wherein the apparatus (100) is configured to transfer the control loop (121) or the component of the control loop (121) from the idle mode to the normal operating mode only

15 - during emission of a signal (124),

- from the start of an emission of a signal (124) or a defined time before the start of the emission of the signal (124) until an end of the emission of the signal (124) or a defined time after the end of the emission of the signal (124),

- from the start of emission of a signal (124) until the magnetic antenna (106) has been tuned, or

20 - during emission of a signal (124) until the end of the emission of the signal (124) or a defined time after the end of the emission of the signal (124).

2. The apparatus (100) according to claim 1,

25 wherein the apparatus (100) comprises a transmitting device (102) connected to the magnetic antenna (106), wherein the transmitting device (102) is configured to emit a signal (124) with the magnetic antenna (106).

3. The apparatus (100) according to any of the preceding claims,

30 wherein the tuning device (120) is configured to hold and further provide the tuning signal (122) by means of a holding member after the magnetic antenna (106) has been tuned.

4. The apparatus (100) according to any of the preceding claims,

wherein the tuning device (120) comprises a control unit (123), wherein a controller (222) of the control loop (121) is implemented in the control unit (123).

5. The apparatus (100) according to claim 4,

35 wherein the control unit (123) is configured to hold and further provide the tuning signal (122) after the magnetic antenna (106) has been tuned.

6. The apparatus (100) according to claim 4,

40 wherein the apparatus (100) comprises a transmitting device (102) connected to the magnetic antenna (106), wherein the transmitting device (102) is configured to emit a signal (124) with the magnetic antenna (106), wherein the transmitting device (102) is configured to provide a hold signal (234), wherein the control unit (123) is configured to hold and further provide the tuning signal (122) responsive to the hold signal (234).

7. The apparatus (100) according to any of claims 4 to 6,

50 wherein the apparatus (100) comprises a transmitting device (102) connected to the magnetic antenna (106), wherein the transmitting device (102) is configured to emit a signal (124) with the magnetic antenna (106), wherein the transmitting device (102) is configured to provide an activation signal (230) synchronized in time with the emission of the signal (124),

wherein the tuning device (120) is configured to transfer the control loop (121) or a component of the control loop (121) from the idle mode to the normal operating mode responsive to the activation signal (230),

55 wherein the control unit (123) is configured to start controlling a value of the tuning signal (122) from a starting value responsive to the activation signal (230).

8. The apparatus (100) according to claim 7,

wherein the control unit (123) is configured to determine the starting value as a function of a frequency of the signal (124) of the transmitting device (102).

9. The apparatus (100) according to any of claims 7 to 8,

wherein the tuning device (120) comprises a control unit (123), wherein a controller (222) of the control loop (121) is implemented in the control unit (123),
 wherein the control unit (123) comprises a memory (229) or is connected to a memory (229),
 wherein a reference value is stored in the memory (123),
 wherein the control unit (123) is configured to determine the starting value as a function of the reference value stored in the memory (229).

10. The apparatus (100) according to any of the preceding claims,
 wherein the tuning device (120) comprises a coupling loop (128).

11. The apparatus (100) according to any of the preceding claims,

wherein the tuning device (120) is configured to provide the tuning signal (122) for tuning the magnetic antenna (106) as a function of a phase position of a signal (124) leading into the magnetic antenna (106),
 wherein the tuning device (120) is configured to provide the tuning signal (122) for tuning the magnetic antenna (106) as a function of a phase relationship between the signal (124) leading into the magnetic antenna (106) and a phase signal (126),
 wherein the tuning device (120) is configured to drive the tuning element (111) with the tuning signal (122) to control a phase difference between the signal (124) leading into the magnetic antenna (106) and the phase signal (126) to a predetermined set value.

12. The apparatus (100) according to any of the preceding claims,
 wherein a frequency of a signal leading into the magnetic antenna or of a transmitted signal to be emitted with the magnetic antenna or of a received signal to be received is within an ISM band.

13. The apparatus (100) according to any of the preceding claims,
 wherein the magnetic antenna has a quality of 20 to 500.

14. A method (300) for tuning a magnetic antenna, the magnetic antenna comprising a singly or multiply interrupted loop and at least one tuning element for tuning the magnetic antenna, the method comprising:

generating (302) a tuning signal for tuning the magnetic antenna by means of a control loop,
 driving (304) the magnetic antenna with the tuning signal to tune the magnetic antenna,
 wherein the method is **characterized in that** the control loop or a component of the control loop is transferred from an idle mode to a normal operating mode only when required;
 wherein the control loop or the component of the control loop transfers only from the idle mode to the normal operating mode

- during emission of a signal,
- from the start of an emission of a signal (124) until an end of the emission of the signal or a defined time after the end of the emission of the signal,
- from the start of the emission of a signal until the magnetic antenna has been tuned, or
- during emission of a signal until the end of the emission of the signal or a defined time after the end of the emission of the signal.

15. A computer program for performing the method according to claim 14, when the computer program runs on a computer, microprocessor, ASIC or on a software-based transmitter and/or receiver.

Revendications

1. Dispositif (100) aux caractéristiques suivantes:

une antenne magnétique (106), laquelle antenne magnétique (106) comportant une boucle interrompue une ou plusieurs fois (106) et au moins un élément d'accordage (111) pour l'accordage de l'antenne magnétique (106), et

un composant d'accordage (120), le composant d'accordage (120) comportant une boucle de réglage (121) qui est configurée pour fournir un signal d'accordage (122) pour l'accordage de l'antenne magnétique (106) et pour commander l'élément d'accordage (111) avec le signal d'accordage (122) pour accorder l'antenne magnétique (106),

le dispositif (100) étant **caractérisé en ce qu'il** est configuré pour faire passer la boucle de réglage (121) ou un composant de la boucle de réglage (121) d'un mode de repos à un mode de fonctionnement normal uniquement en cas de besoin,

le dispositif (100) étant configuré pour faire passer la boucle de réglage (121) ou le composant de la boucle de réglage (121) du mode de repos au mode de fonctionnement normal uniquement

- pendant une émission d'un signal (124),

- depuis le début d'une émission d'un signal (124) ou un laps de temps défini avant le début de l'émission du signal (124) jusqu'à la fin de l'émission du signal (124) ou un laps de temps défini après la fin de l'émission du signal (124),

- depuis le début d'une émission d'un signal (124) jusqu'à un accordage réussi de l'antenne magnétique (106) ou

- pendant une émission d'un signal (124) jusqu'à la fin de l'émission du signal (124) ou un laps de temps défini après la fin de l'émission du signal (124).

2. Dispositif (100) selon la revendication 1,

dans lequel le dispositif (100) comporte un composant d'émission (102) qui est relié à l'antenne magnétique (106), le composant d'émission (102) étant configuré pour envoyer un signal (124) avec l'antenne magnétique (106).

3. Dispositif (100) selon une des revendications précédentes,

dans lequel le composant d'accordage (120) est configuré pour maintenir le signal d'accordage (122) après l'accordage réussi de l'antenne magnétique (106) au moyen d'un élément de maintien et continuer à le fournir.

4. Dispositif (100) selon une des revendications précédentes,

dans lequel le composant d'accordage (120) comporte une unité de commande (123), un régulateur (222) de la boucle de réglage (121) étant implanté dans cette unité de commande (123).

5. Dispositif (100) selon la revendication 4,

dans lequel l'unité de commande (123) est configurée pour maintenir le signal d'accordage (122) après l'accordage réussi de l'antenne magnétique (106) et continuer à le fournir.

6. Dispositif (100) selon la revendication 4,

le dispositif (100) comportant un composant d'émission (102) qui est relié à l'antenne magnétique (106), le composant d'émission (102) étant configuré pour envoyer un signal (124) avec l'antenne magnétique (106).

le composant d'émission (102) étant configuré pour fournir un signal de maintien (234) et

l'unité de commande (123) étant configurée pour maintenir le signal d'accordage (122) conformément au signal de maintien (234) et continuer à le fournir.

7. Dispositif (100) selon une des revendications 4 à 6,

le dispositif (100) comportant un composant d'émission (102) qui est relié à l'antenne magnétique (106), le composant d'émission (102) étant configuré pour envoyer un signal (124) avec l'antenne magnétique (106).

le composant d'émission (102) étant configuré pour fournir un signal d'activation (230) de façon synchronisée dans le temps avec l'émission du signal (124),

le composant d'accordage (120) étant configuré pour faire passer la boucle de réglage (121) ou un composant de la boucle de réglage (121) du mode de repos au mode de fonctionnement normal conformément au signal d'activation (230) et

l'unité de commande (123) étant configurée pour lancer un réglage d'une valeur du signal d'accordage (122) à partir d'une valeur de départ conformément au signal d'activation (230).

8. Dispositif (100) selon la revendication 7,
dans lequel l'unité de commande (123) est configurée pour déterminer la valeur de départ en fonction d'une fréquence
du signal (124) du composant d'émission (102).
- 5 9. Dispositif (100) selon une des revendications 7 à 8,

dans lequel le composant d'accordage (120) comporte une unité de commande (123), un régulateur (222) de
la boucle de réglage (121) étant implanté dans l'unité de commande (123),
l'unité de commande (123) comportant une mémoire (229) ou étant reliée à une mémoire (229),
10 une valeur de référence étant stockée dans la mémoire (123) et
l'unité de commande (123) étant configurée pour déterminer la valeur de départ en fonction de la valeur de
référence stockée dans la mémoire (229).
- 15 10. Dispositif (100) selon une des revendications précédentes,
dans lequel le composant d'accordage (120) comporte une boucle de couplage (128).
11. Dispositif (100) selon une des revendications précédentes,

dans lequel le composant d'accordage (120) est configuré pour fournir le signal d'accordage (122) pour l'ac-
cordage de l'antenne magnétique (106) en fonction d'une position de phase d'un signal (124) avançant dans
20 l'antenne magnétique (106).
le composant d'accordage (120) étant configuré pour fournir le signal d'accordage (122) pour l'accordage de
l'antenne magnétique (106) en fonction d'une relation de phase entre le signal (124) avançant dans l'antenne
magnétique (106) et un signal de phase (126) et
25 le composant d'accordage (120) étant configuré pour commander l'élément d'accordage (111) avec le signal
d'accordage (122) pour régler la différence de phase entre le signal (124) avançant dans l'antenne magnétique
(106) et le signal de phase (126) sur une valeur de consigne prédéfinie.
- 30 12. Dispositif (100) selon une des revendications précédentes,
dans lequel une fréquence d'un signal avançant dans l'antenne magnétique ou d'un signal d'émission à émettre ou
d'un signal de réception à recevoir avec l'antenne magnétique est située sur une bande ISM.
13. Dispositif (100) selon une des revendications précédentes,
dans lequel l'antenne magnétique présente une valeur de 20 à 500.
- 35 14. Procédé (300) pour l'accordage d'une antenne magnétique, laquelle antenne magnétique comportant une boucle
interrompue une ou plusieurs fois et au moins un élément d'accordage pour l'accordage de l'antenne magnétique,
ce procédé comprenant :

40 générer (302) un signal d'accordage pour l'accordage de l'antenne magnétique au moyen d'une boucle de
réglage,
commander (304) l'antenne magnétique avec le signal d'accordage pour accorder l'antenne magnétique,
le procédé étant **caractérisé en ce que** la boucle de réglage ou un composant de la boucle de réglage passe
d'un mode de repos à un mode de fonctionnement normal uniquement en cas de besoin,
45 la boucle de réglage ou le composant de la boucle de réglage passant du mode de repos au mode de fon-
ctionnement normal uniquement

- pendant une émission d'un signal,
- depuis le début d'une émission d'un signal (124) jusqu'à la fin de l'émission du signal ou un laps de temps
50 défini après la fin de l'émission du signal,
- depuis le début d'une émission d'un signal jusqu'à un accordage réussi de l'antenne magnétique ou
- pendant une émission d'un signal jusqu'à la fin de l'émission du signal ou un laps de temps défini après
la fin de l'émission du signal.
- 55 15. Programme informatique pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 14 quand ce programme infor-
matique est exécuté sur un ordinateur, un microprocesseur, un ASIC ou un émetteur et/ou récepteur logiciel.

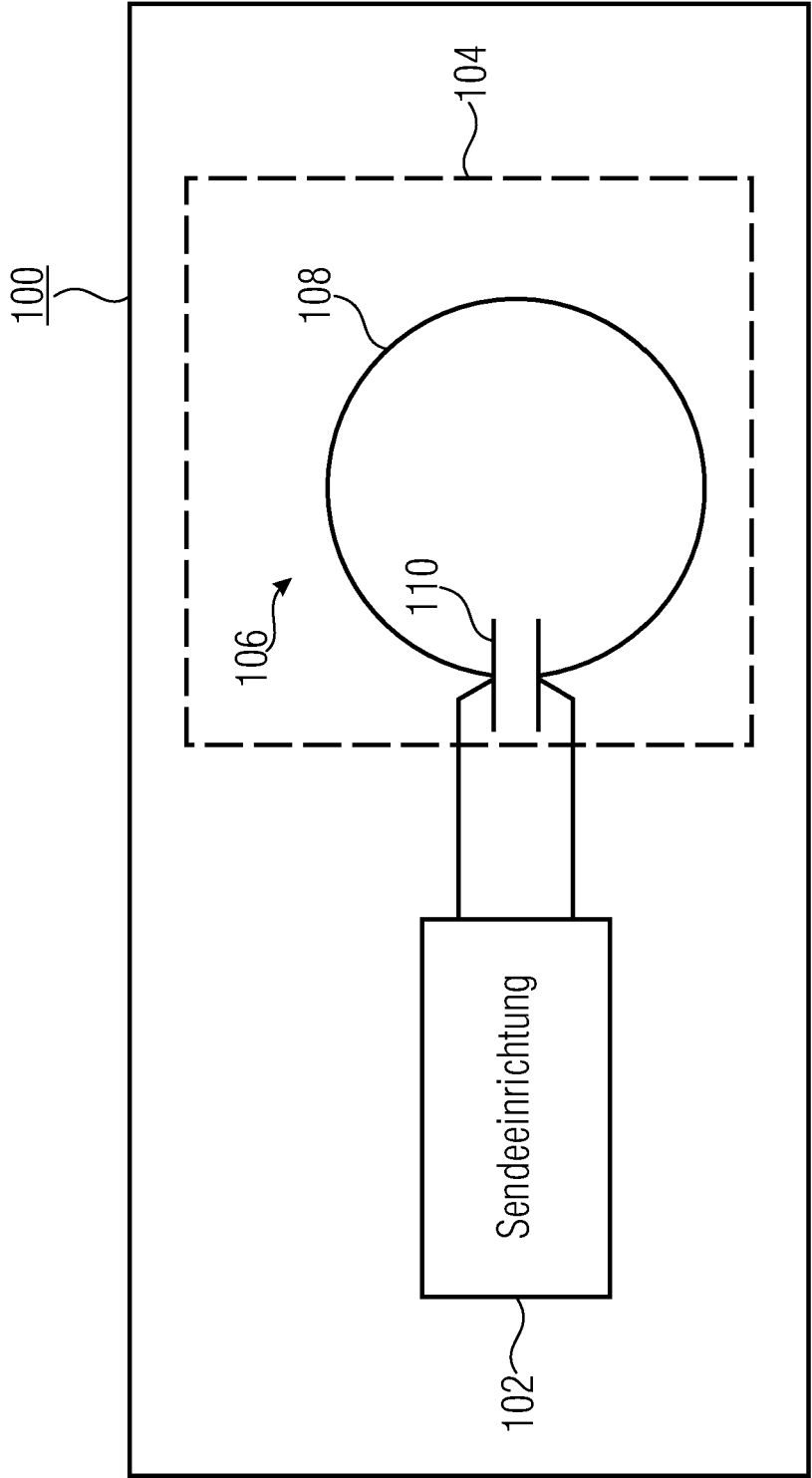


Fig. 1a

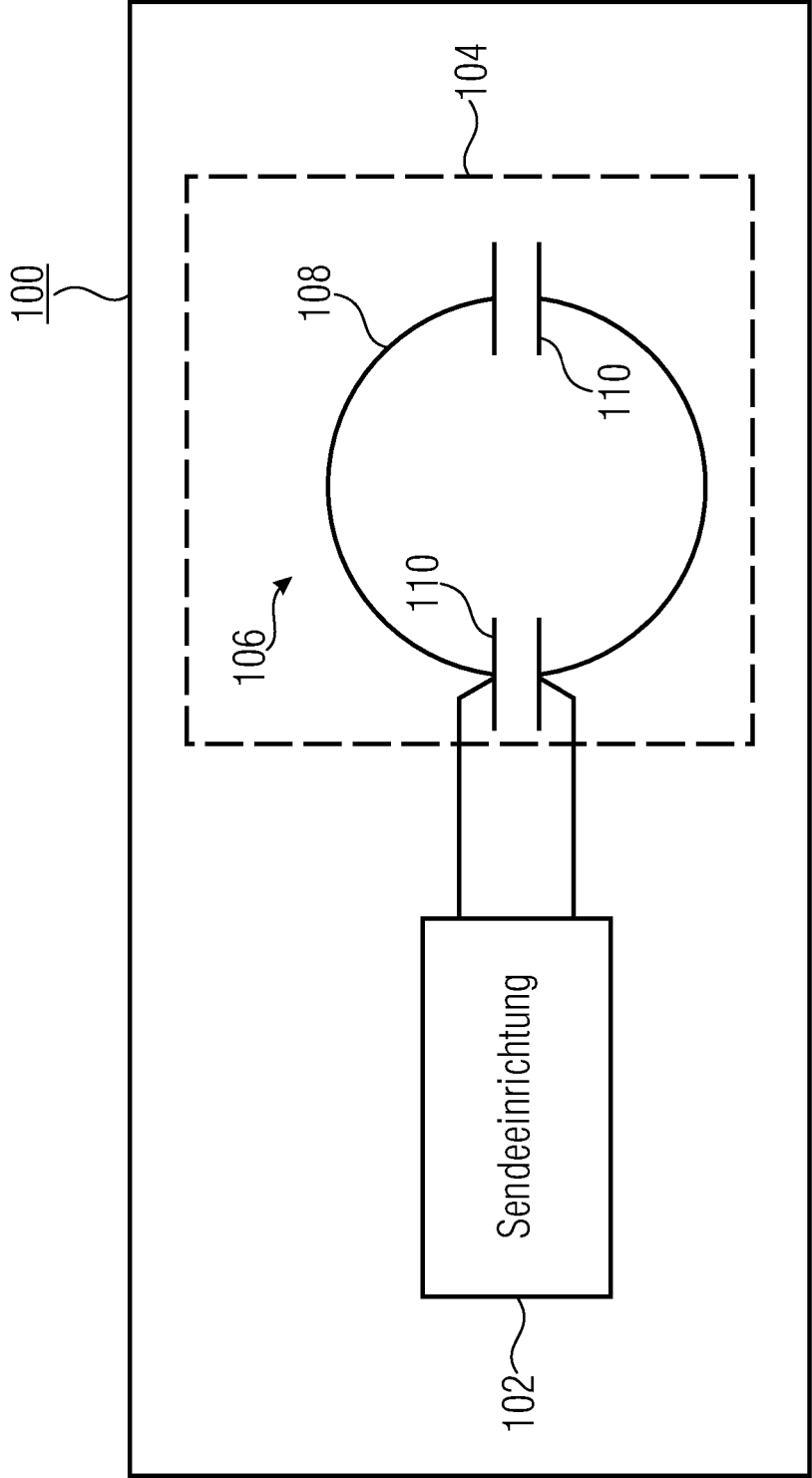


Fig. 1b

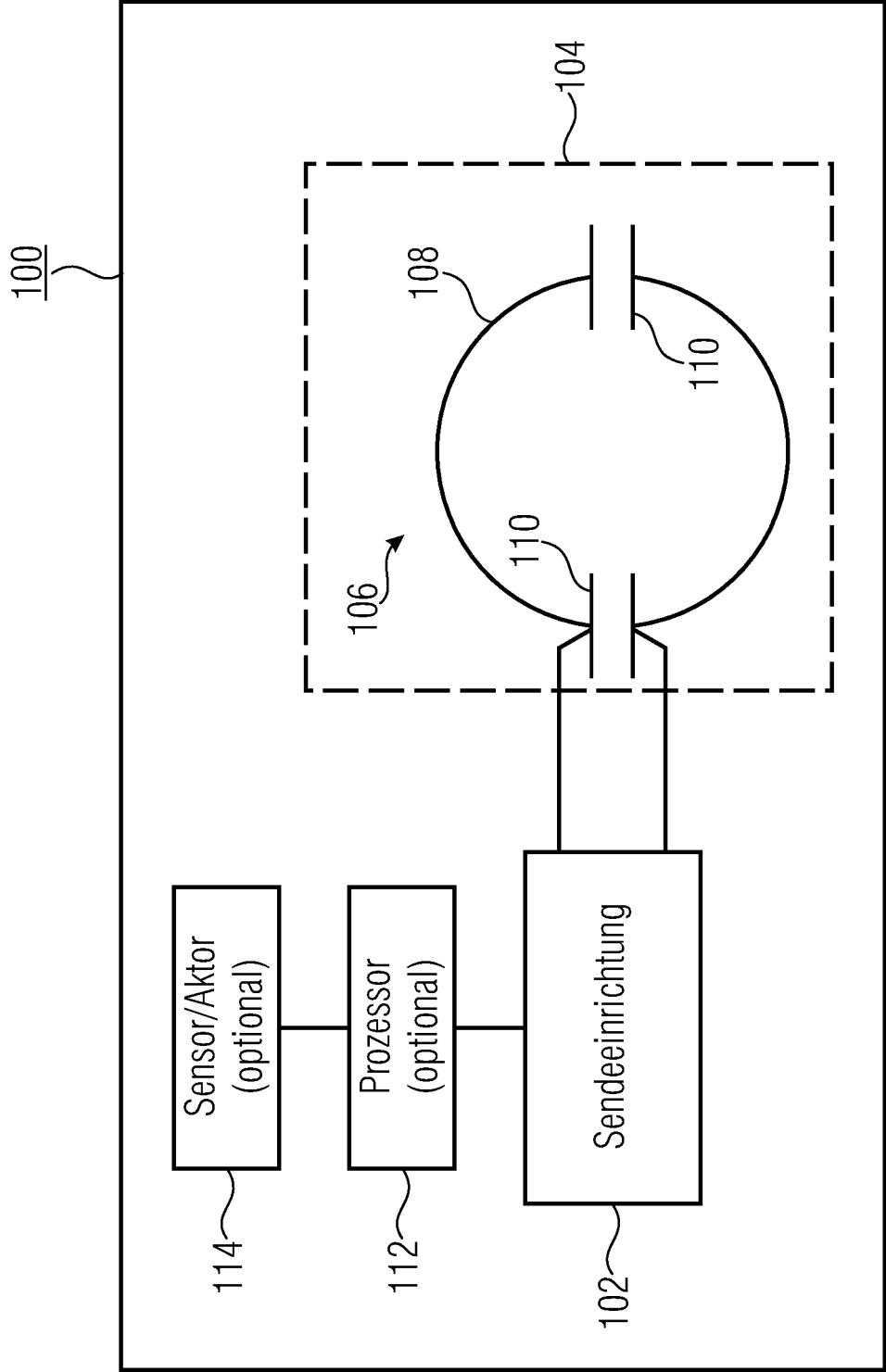


Fig. 1c

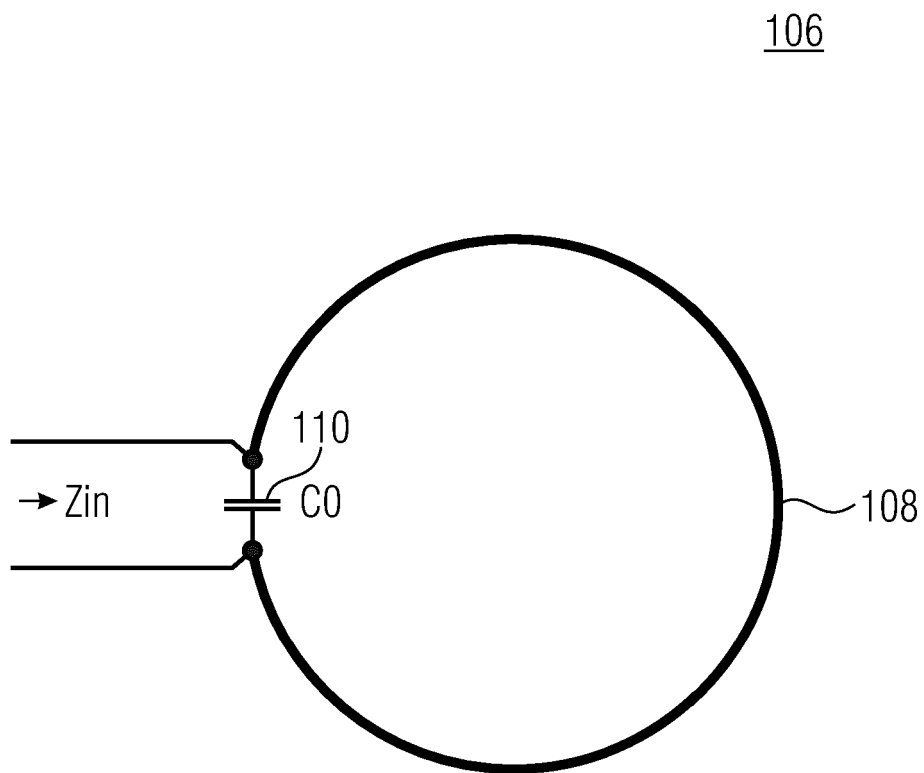


Fig. 2

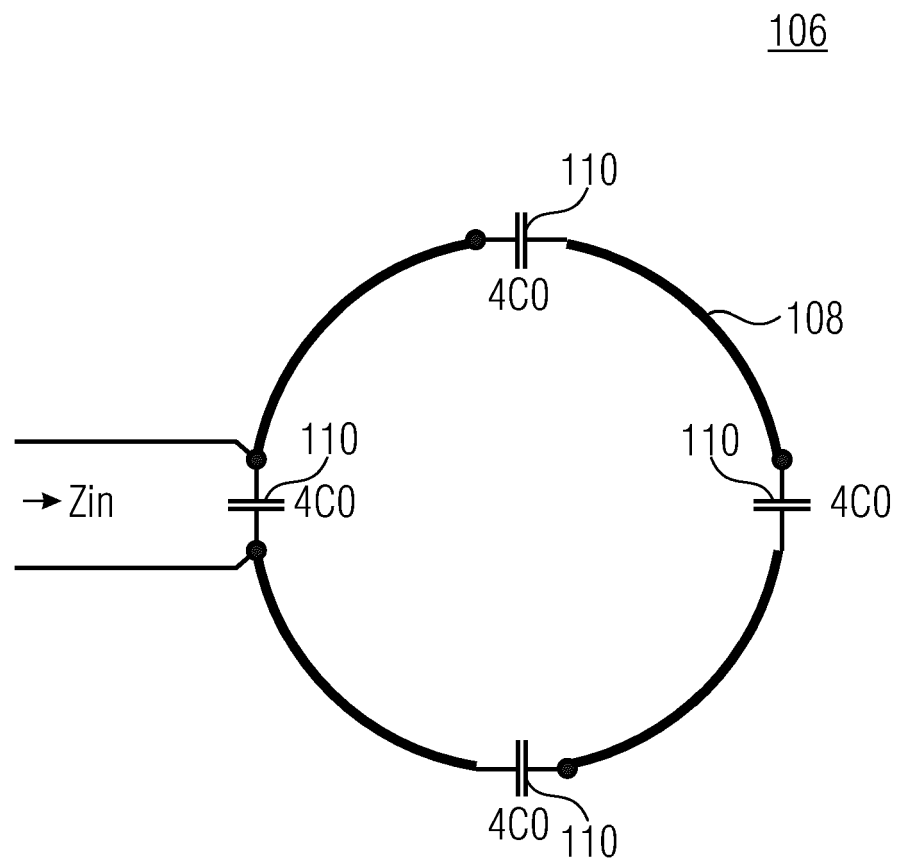


Fig. 3

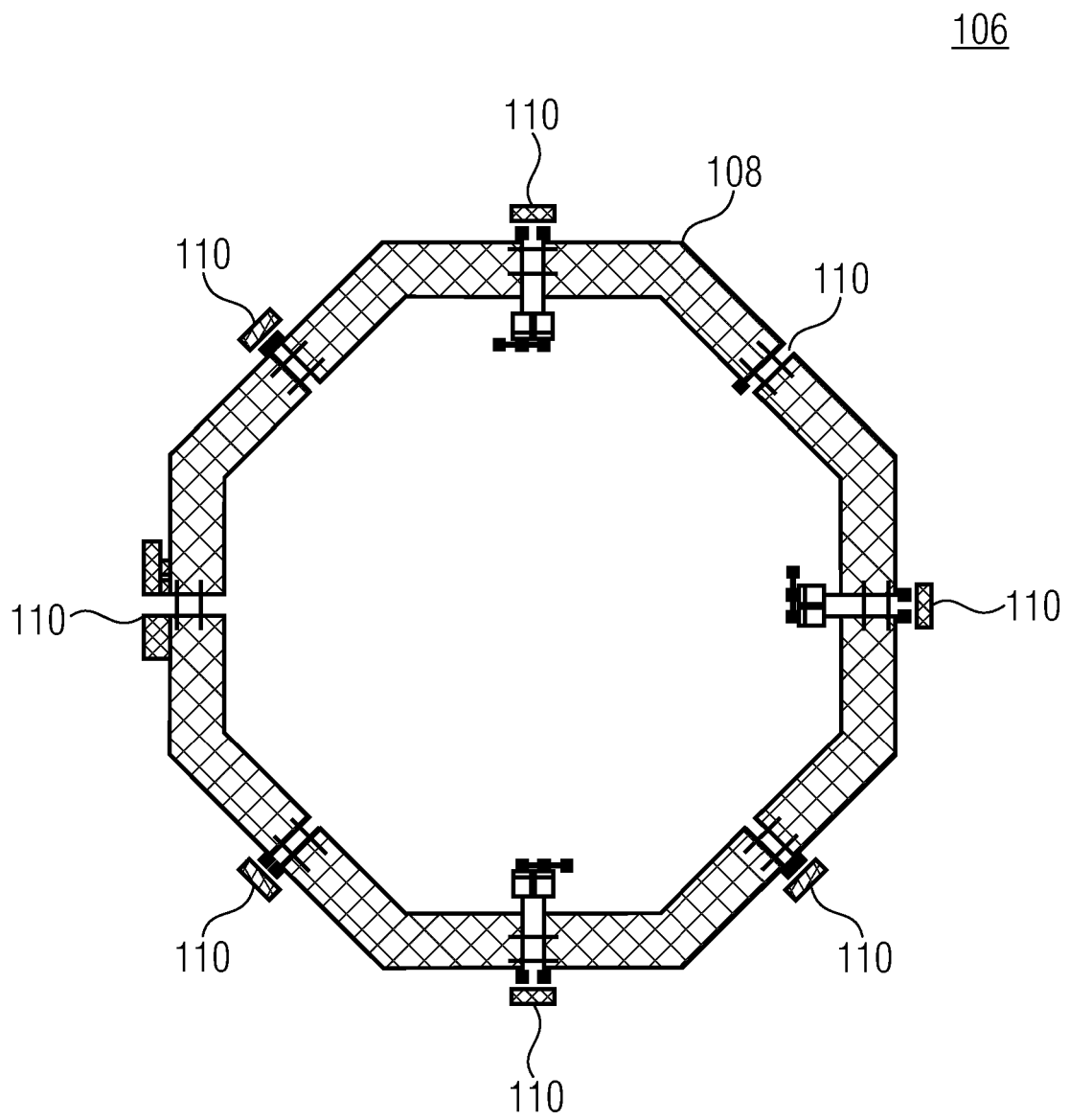


Fig. 4

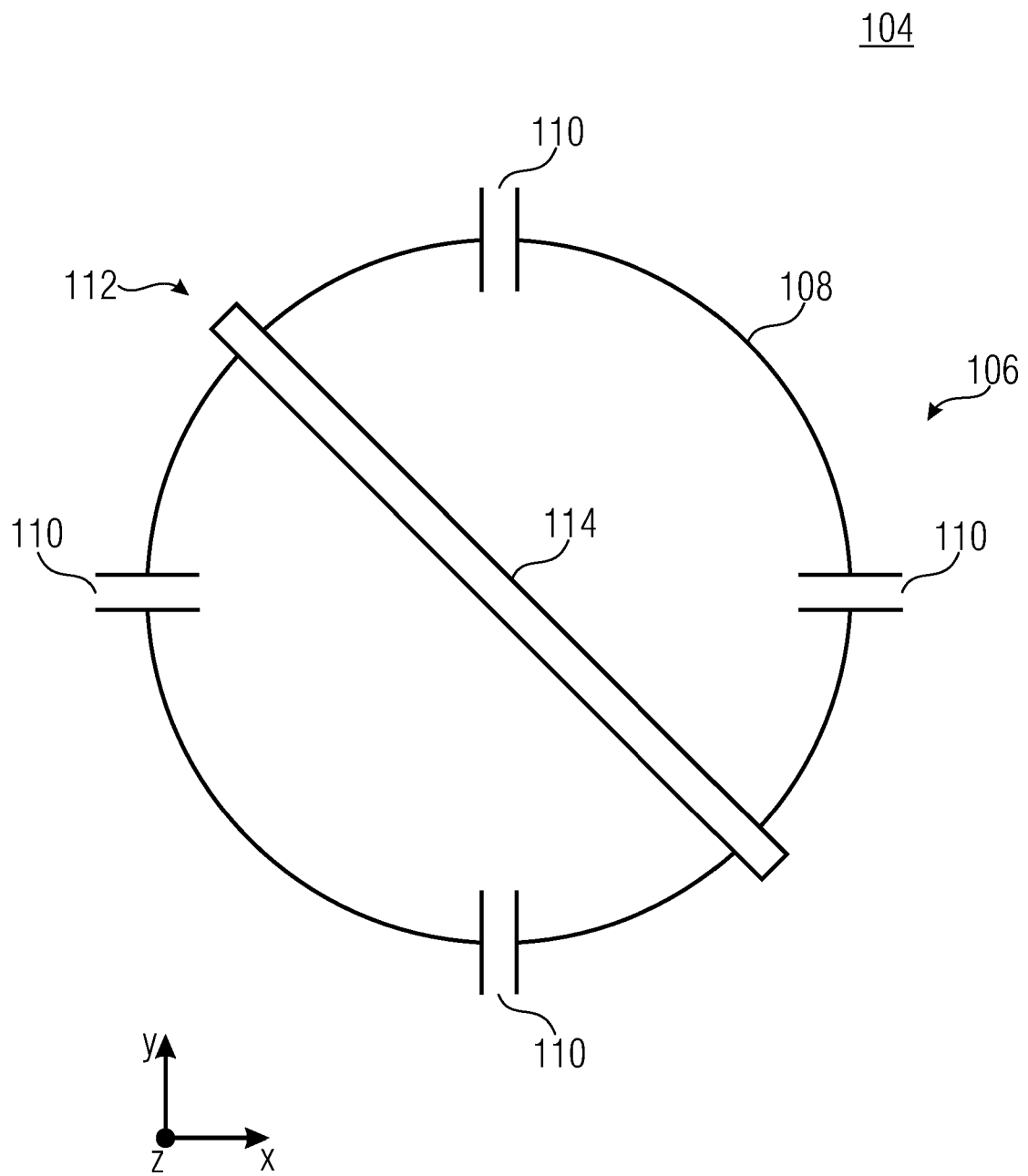


Fig. 5

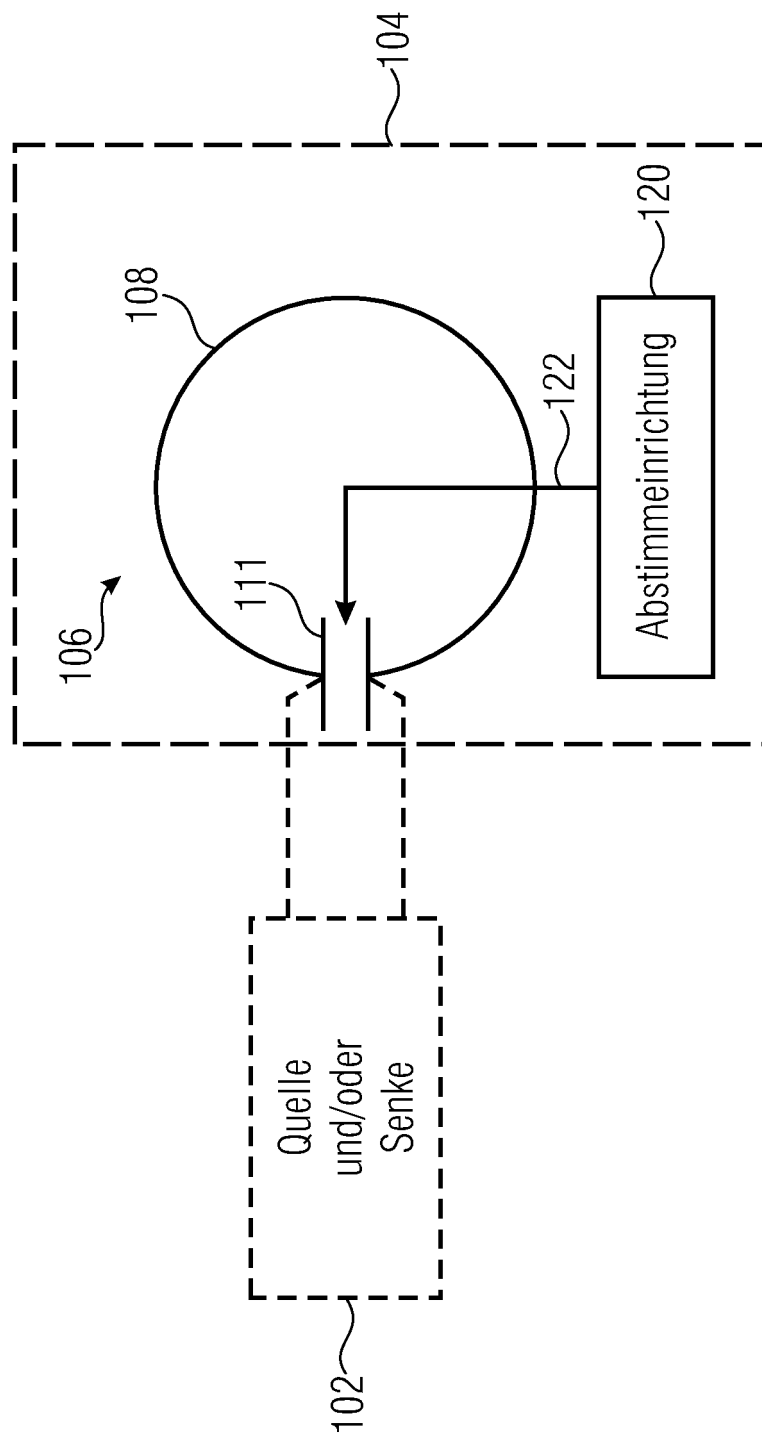


Fig. 6a

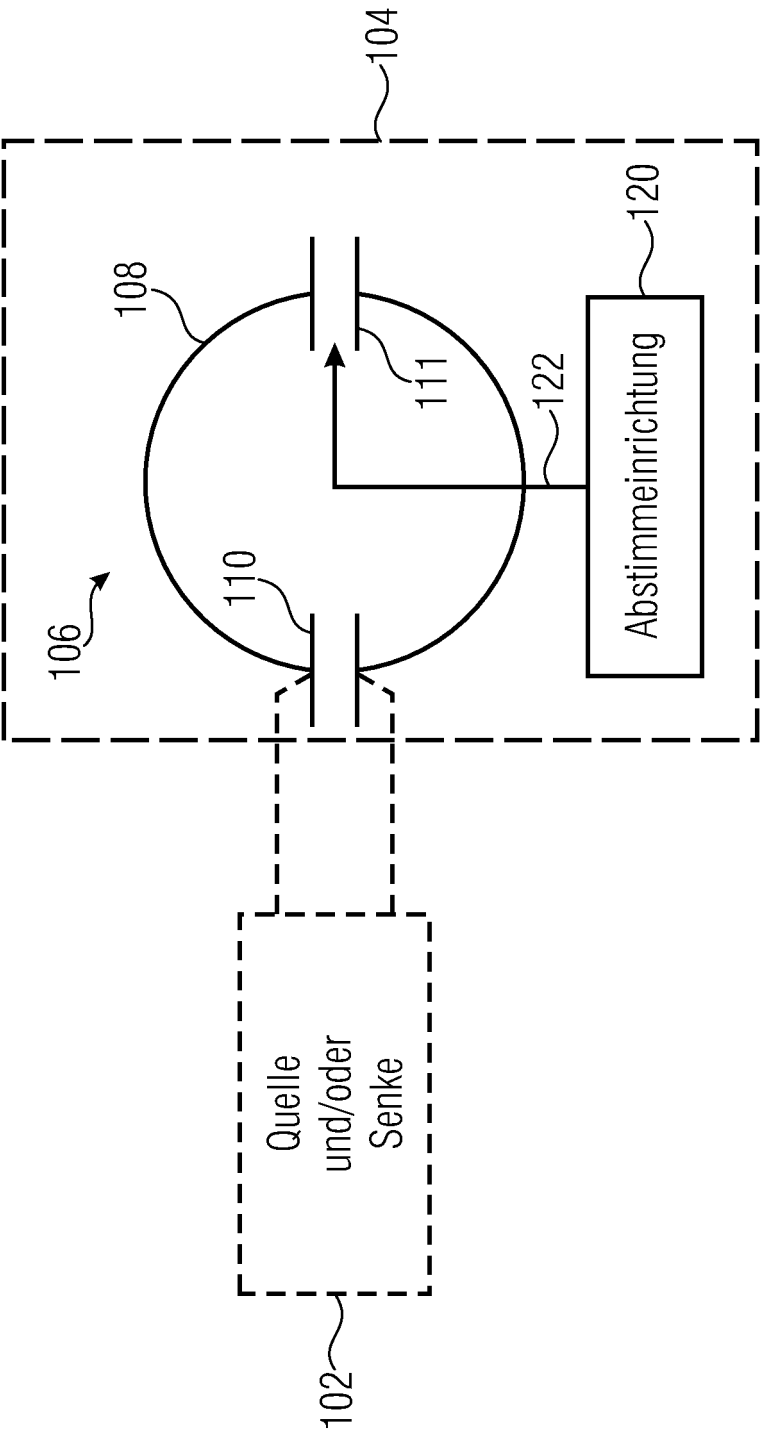


Fig. 6b

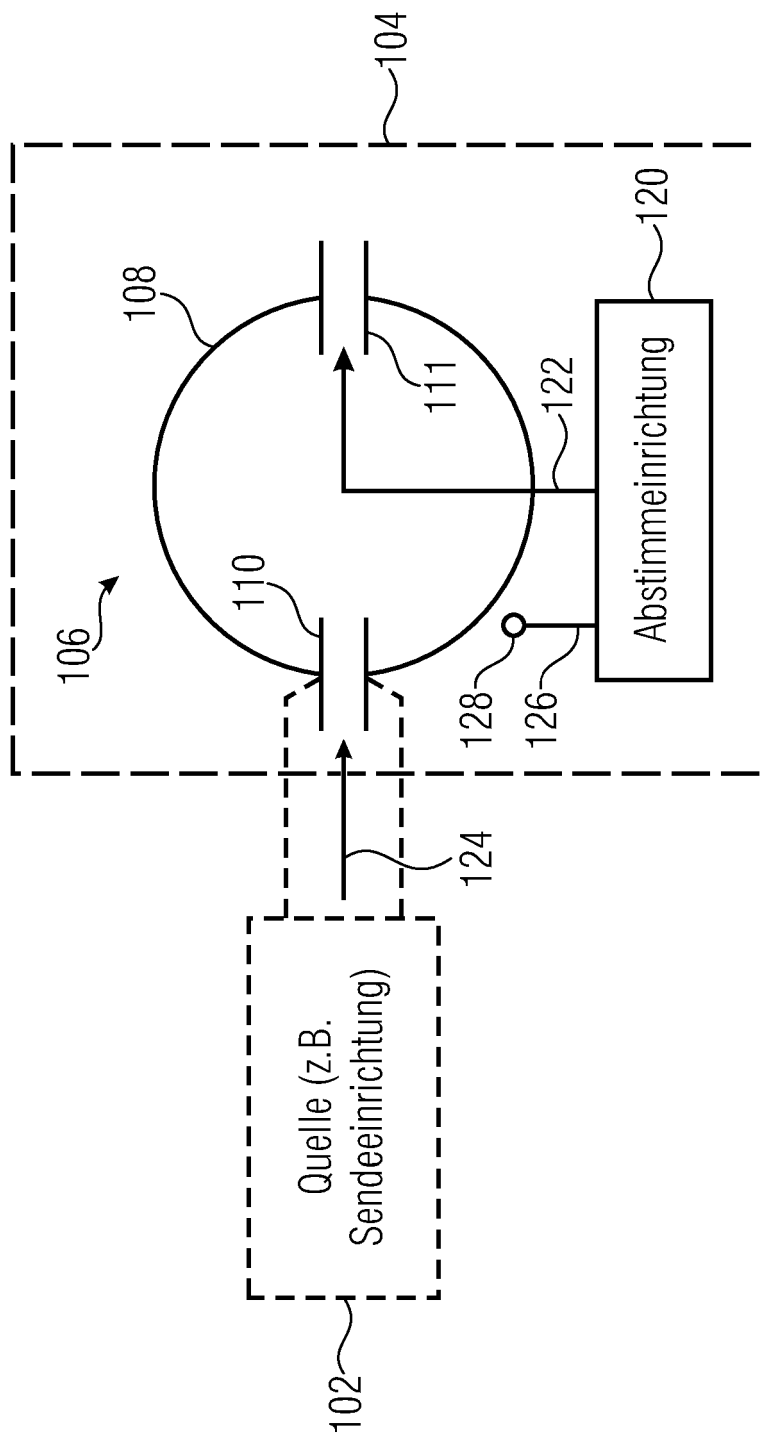
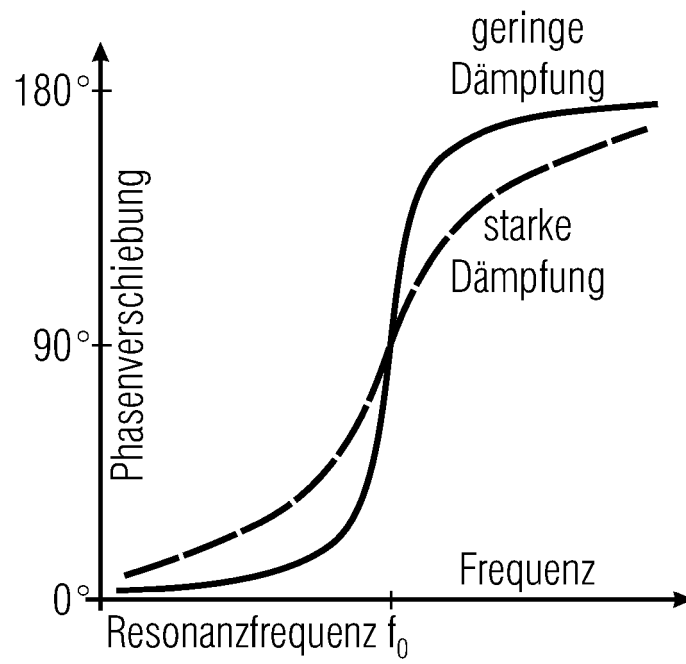


Fig. 7



Phasenverschiebung am Schwingkreis
bei geringer und starker Dämpfung

Fig. 8

104

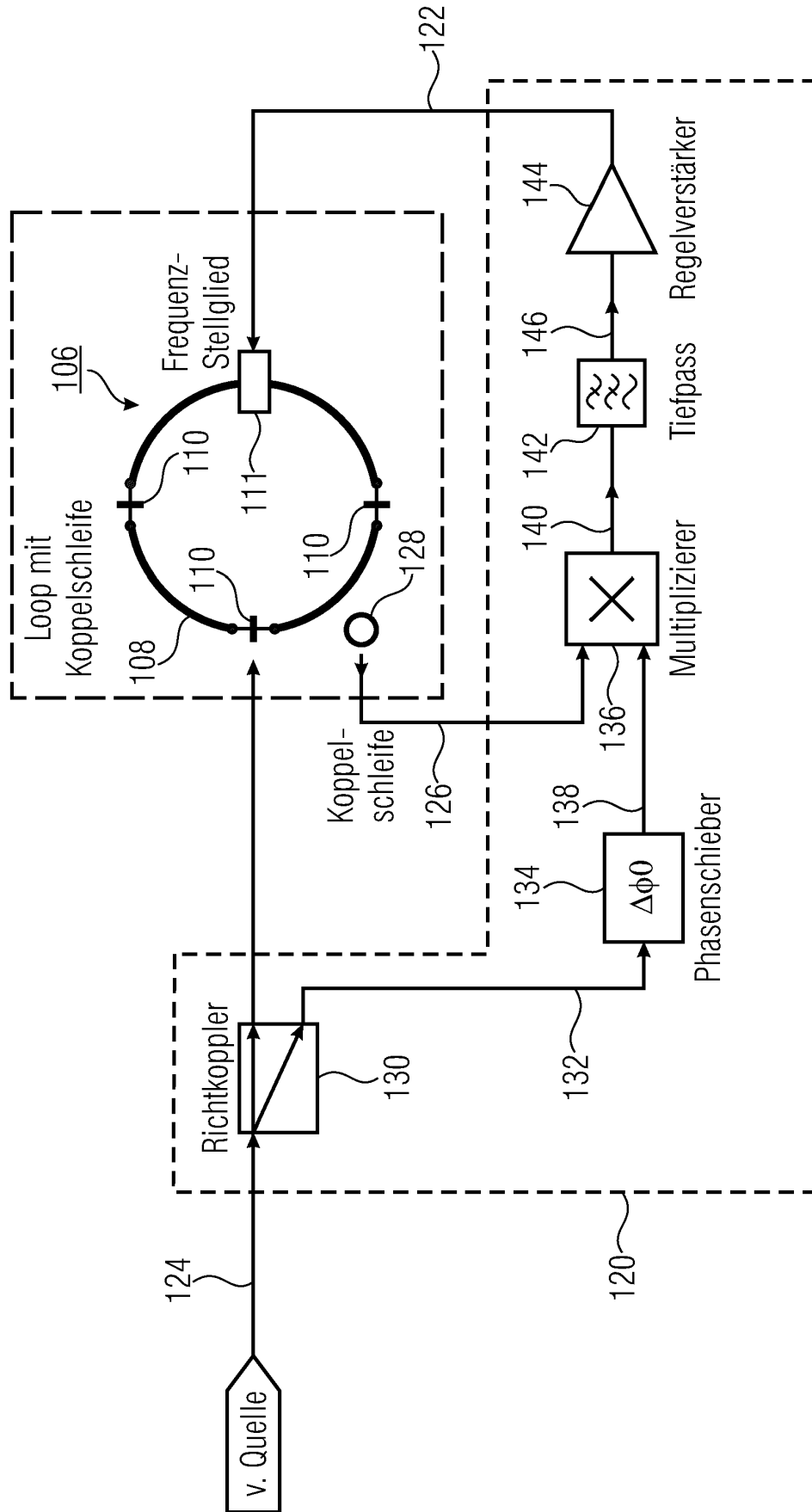


Fig. 9

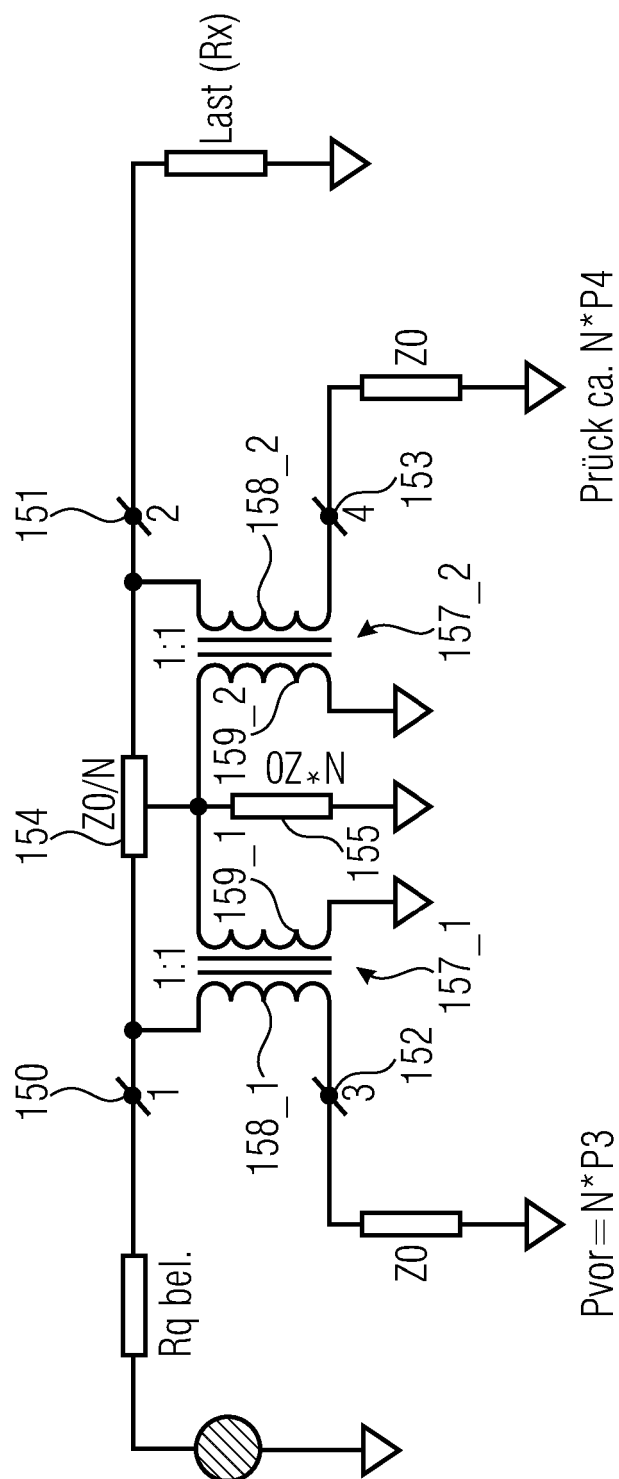


Fig. 10a
(STAND DER TECHNIK)

(STAND DER TECHNIK)

traforeduzierte Version 1

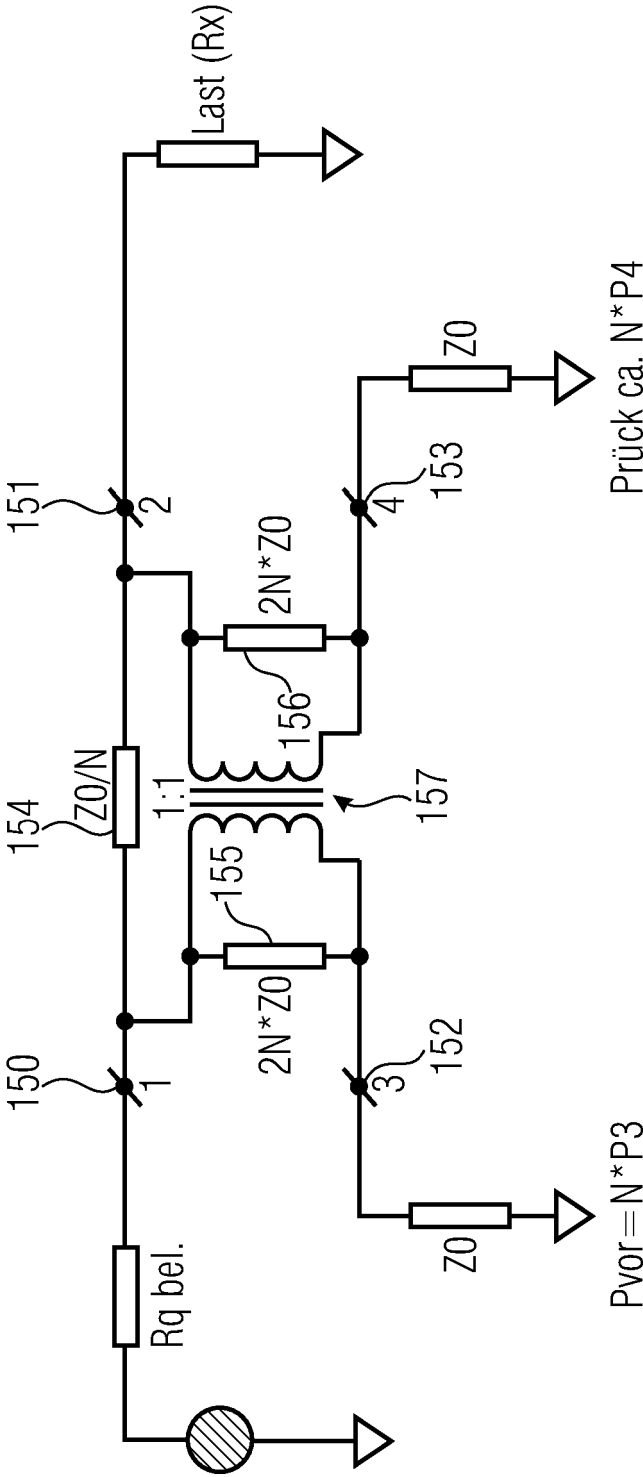


Fig. 10b

130

traforeduzierte Version 2

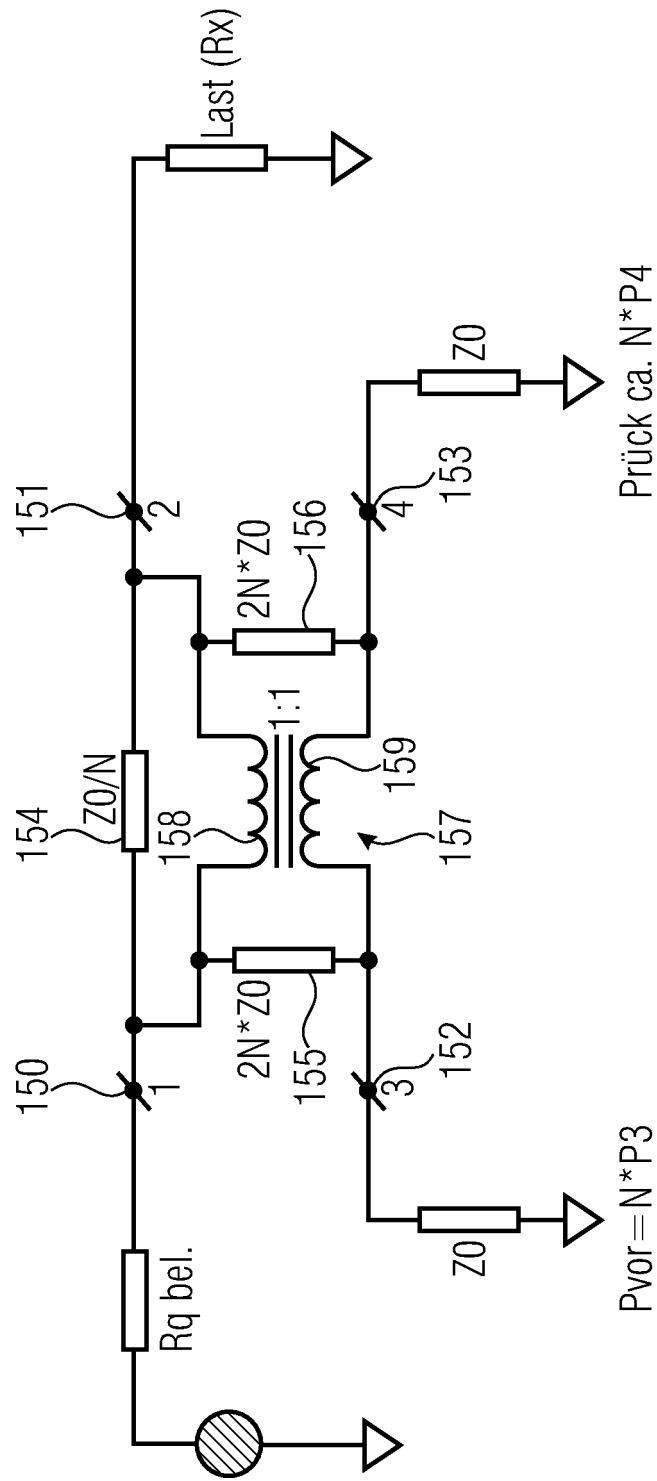


Fig. 10c

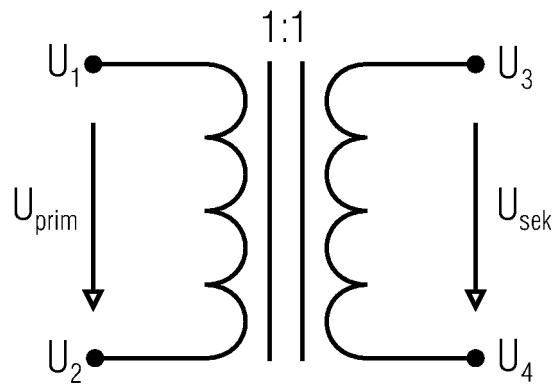


Fig. 11a

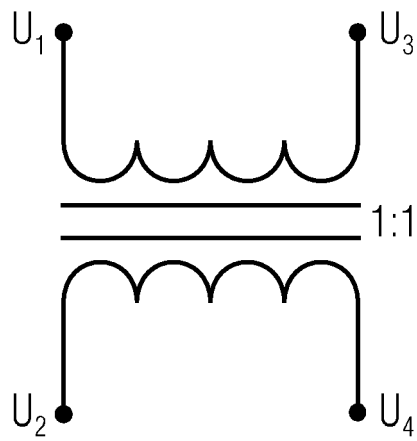


Fig. 11b

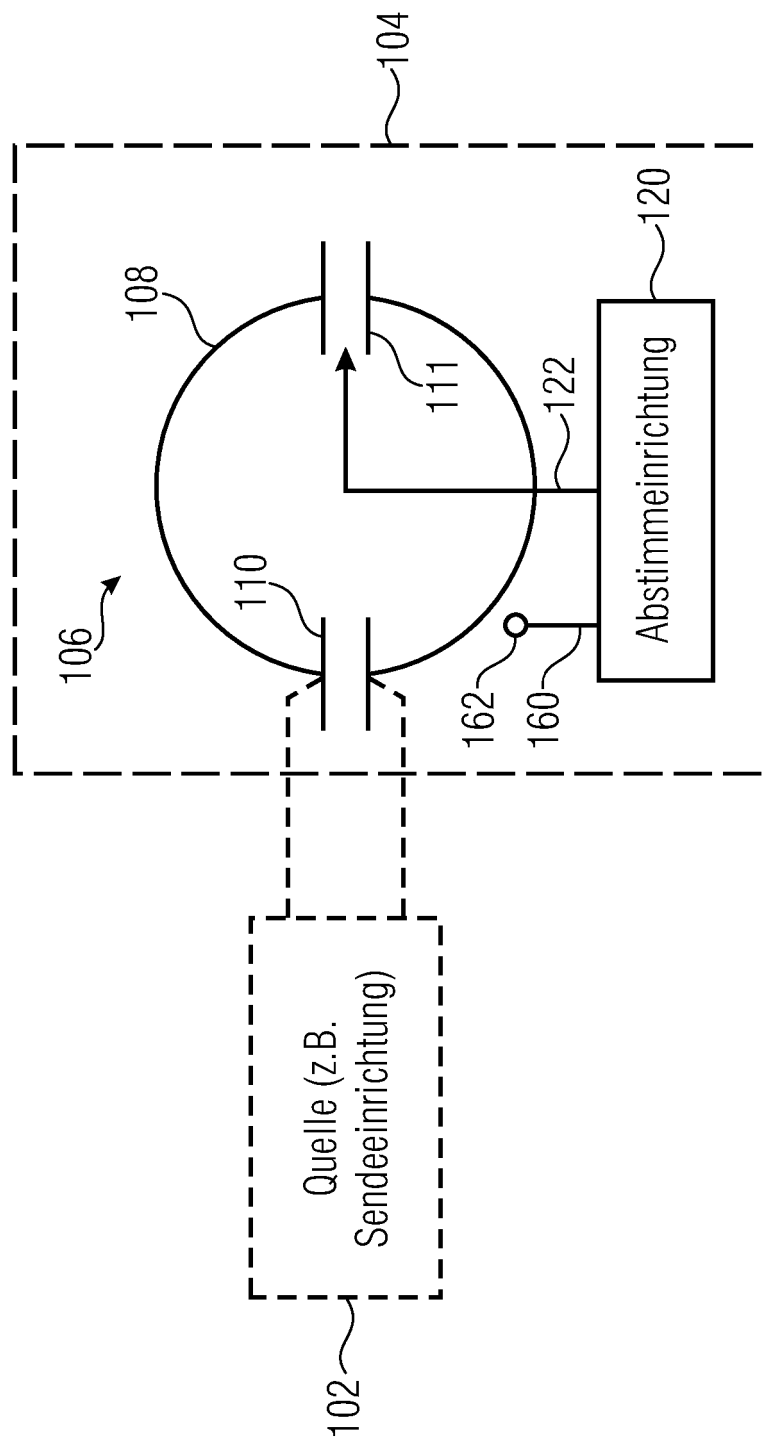


Fig. 12

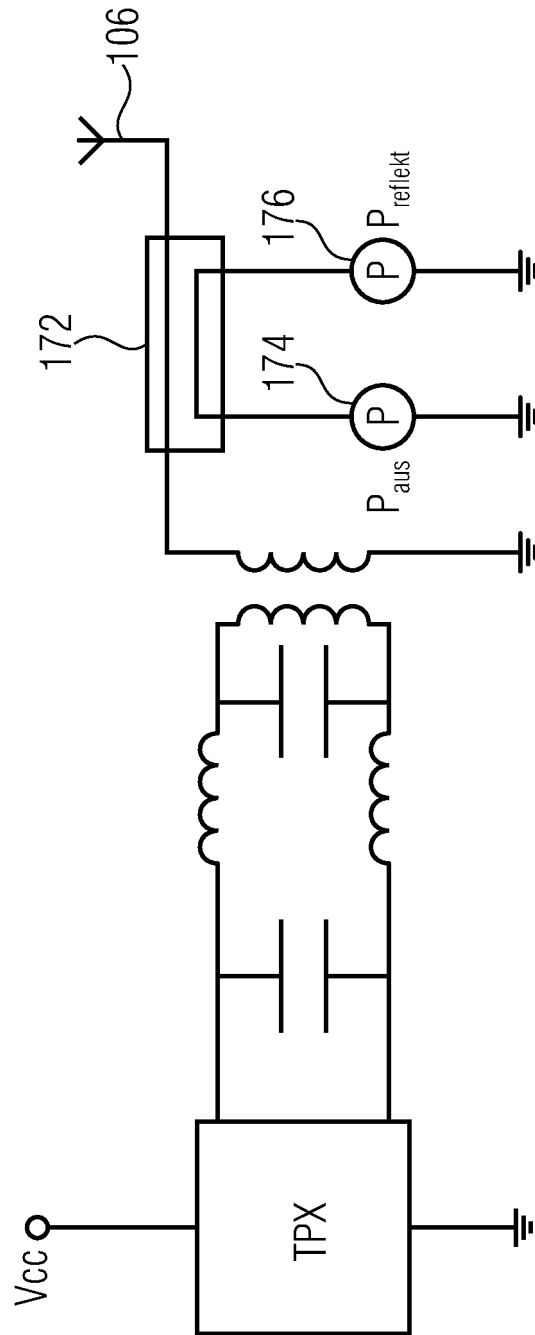


Fig. 13

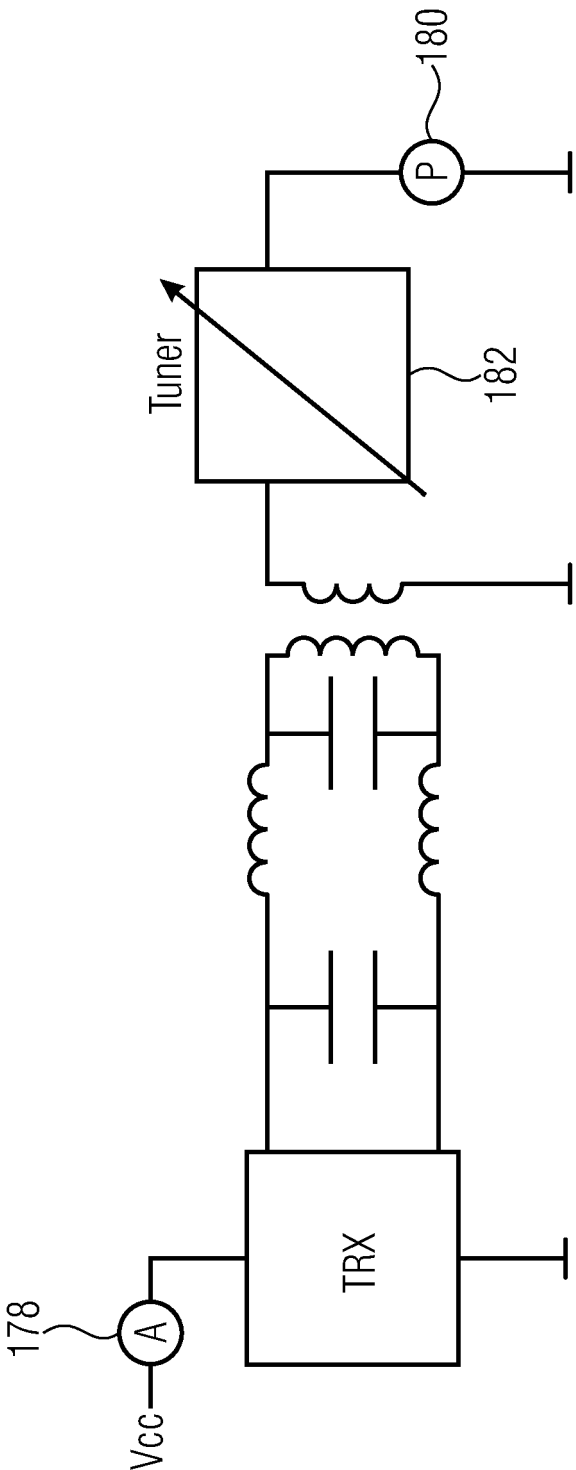


Fig. 14

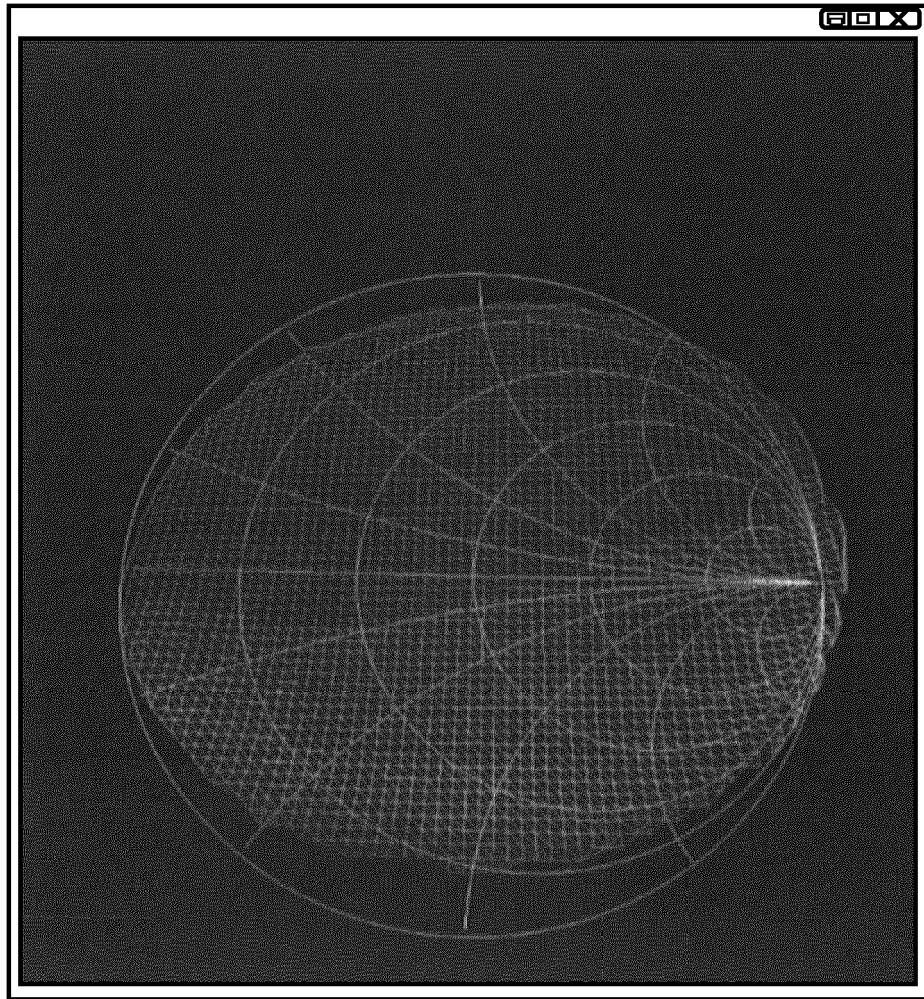


Fig. 15

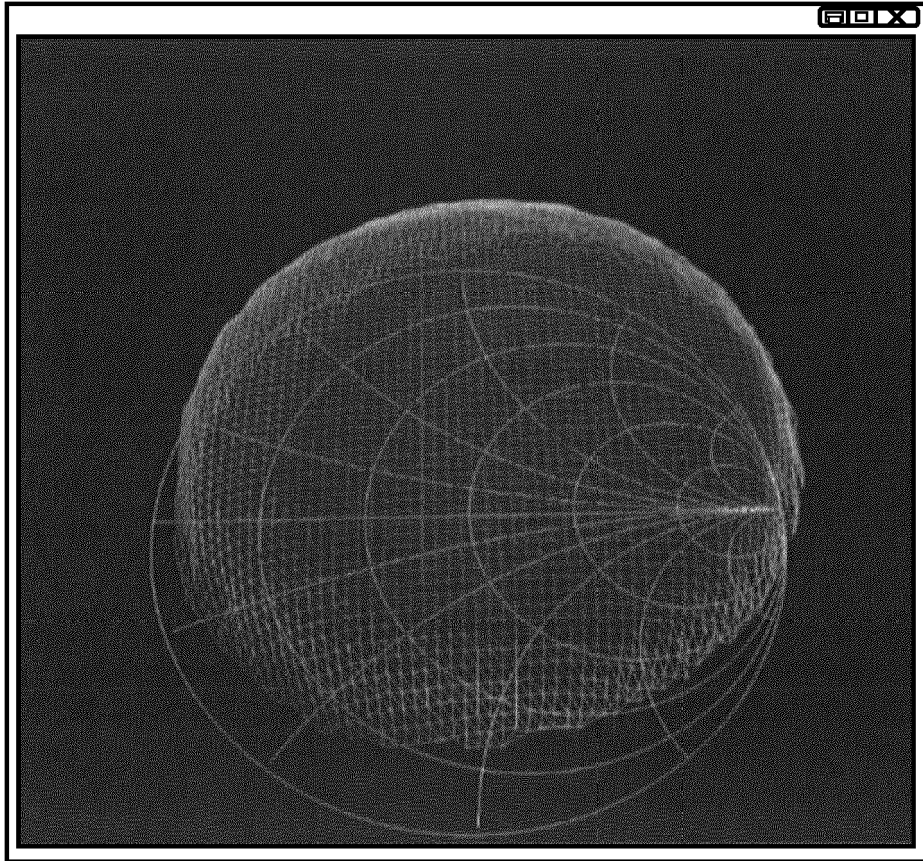


Fig. 16

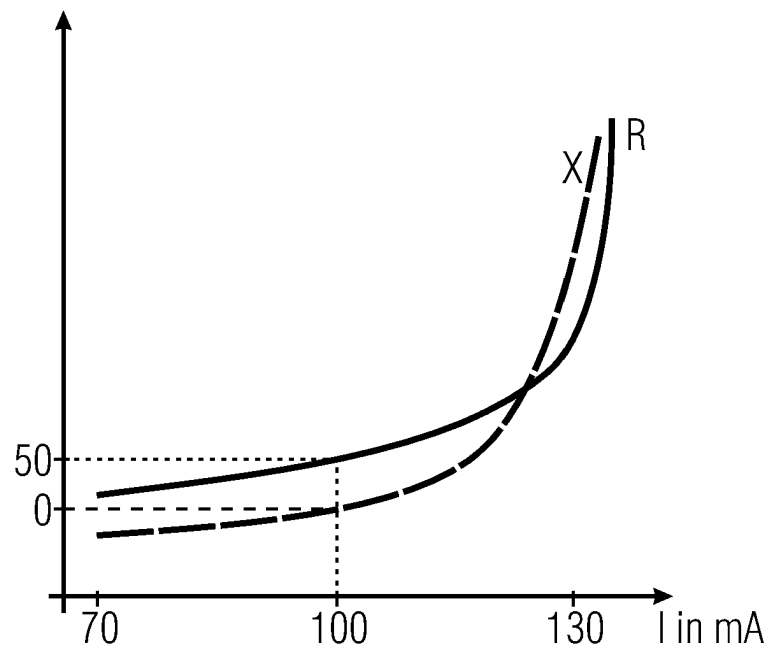


Fig. 17a

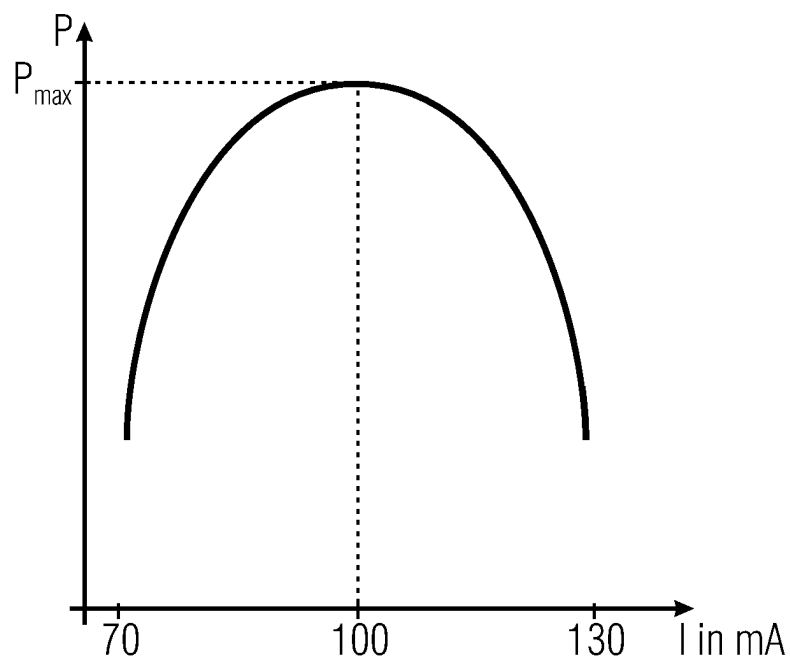


Fig. 17b

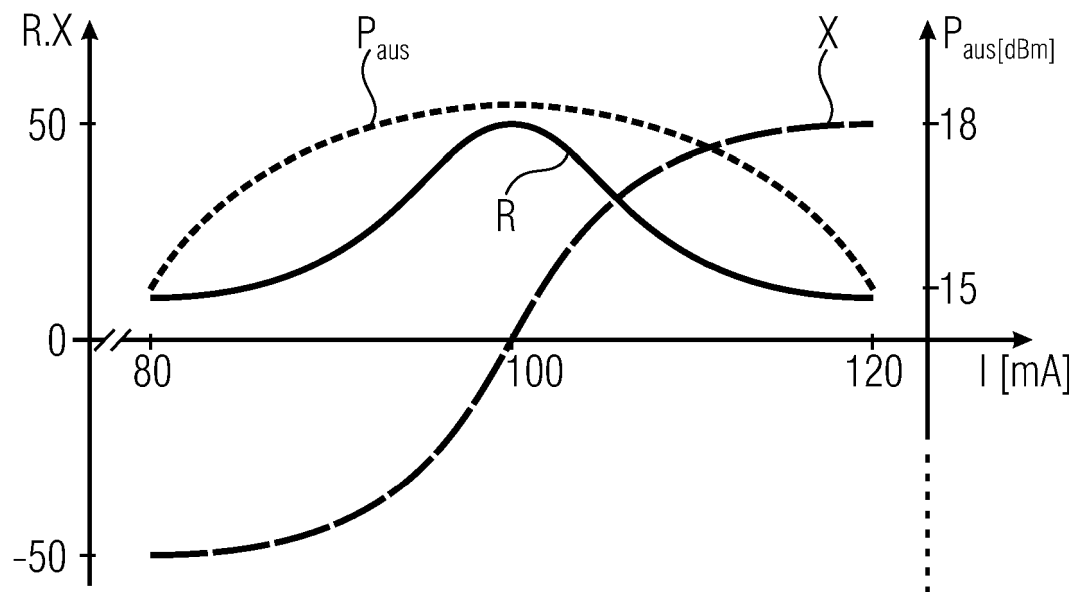


Fig. 18

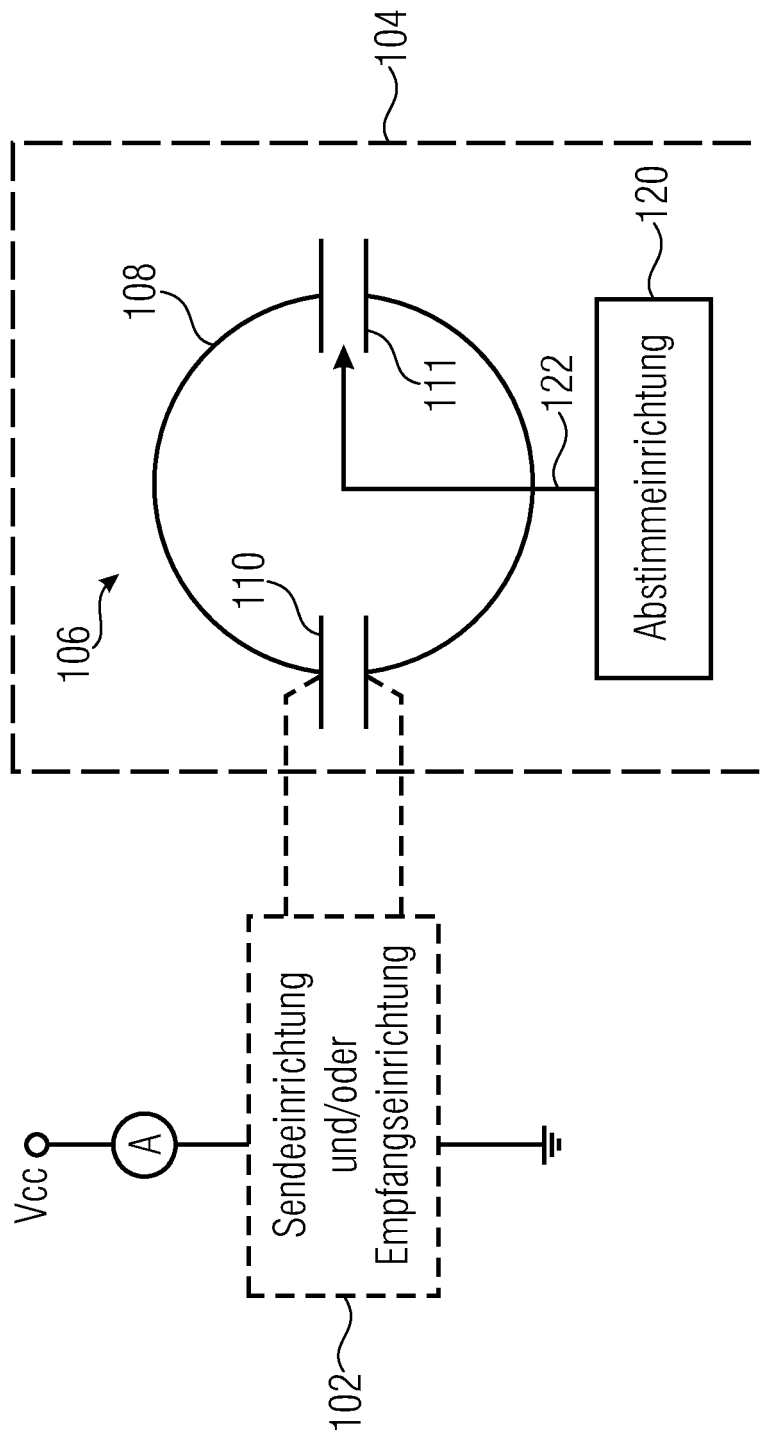


Fig. 19

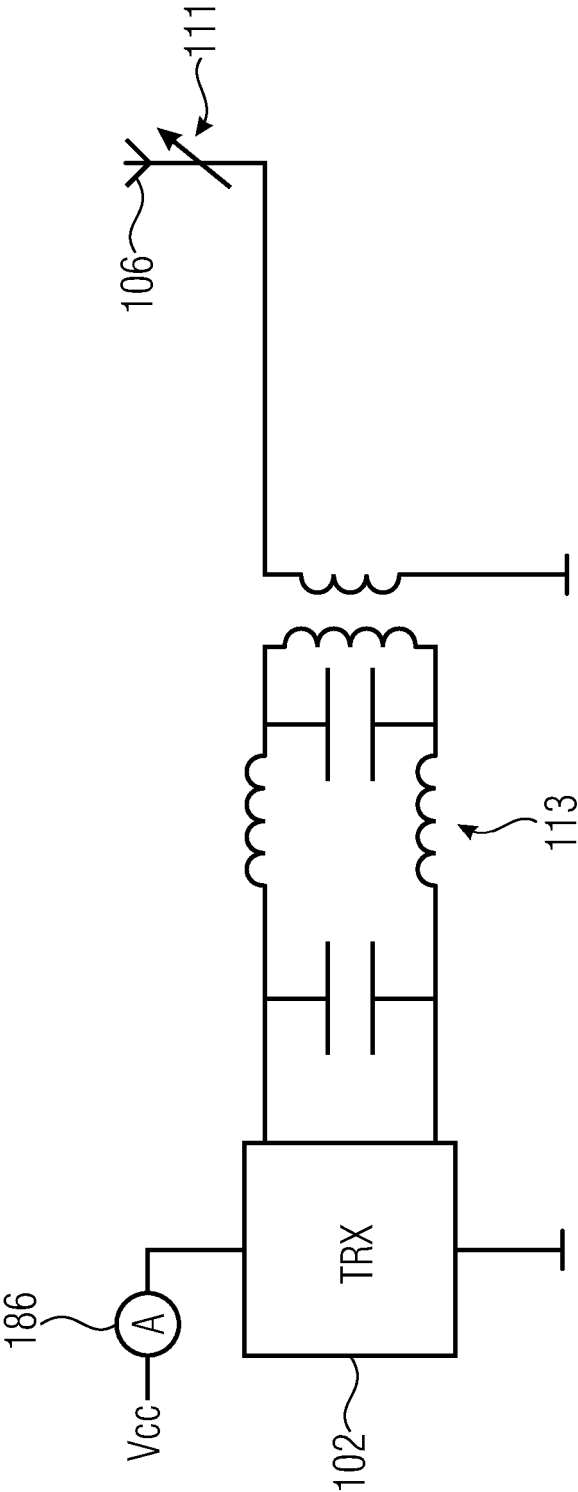


Fig. 20

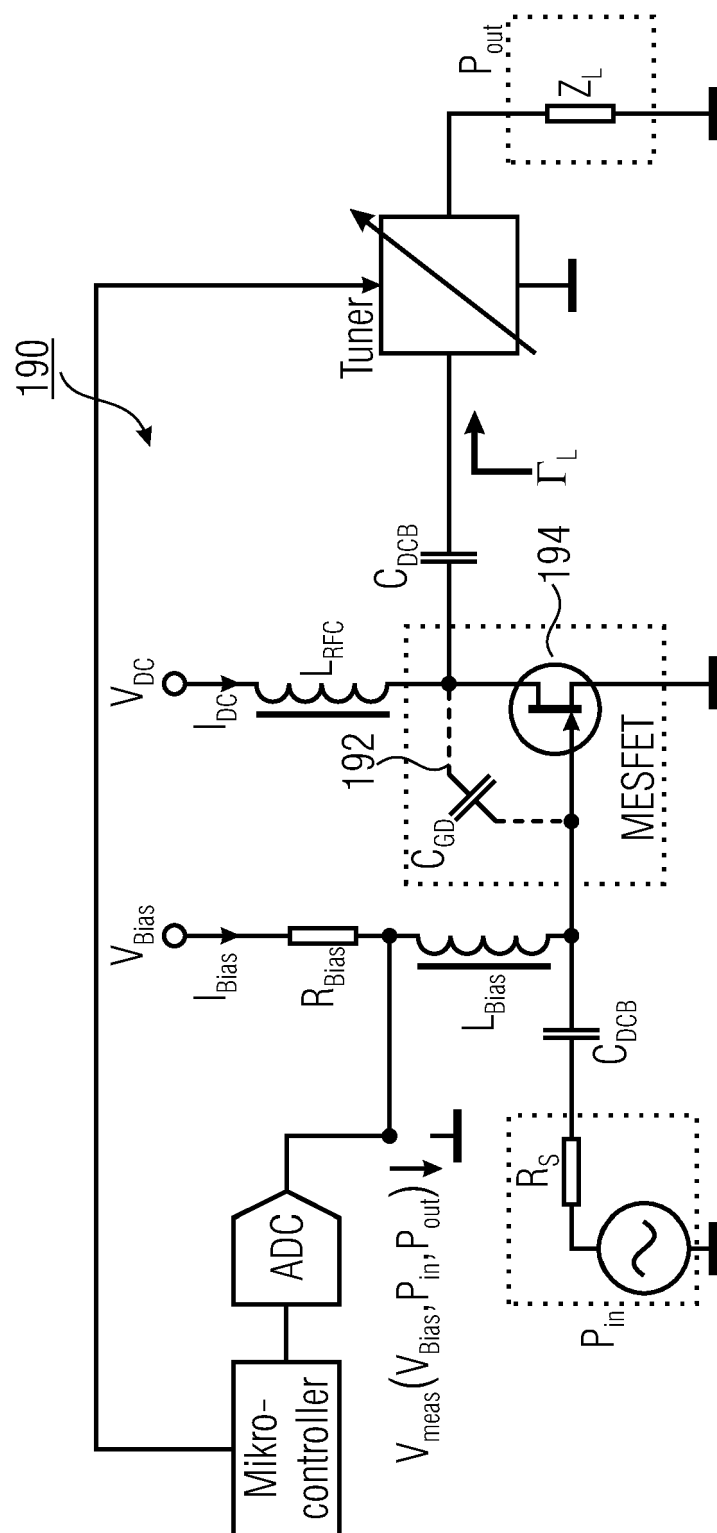


Fig. 21

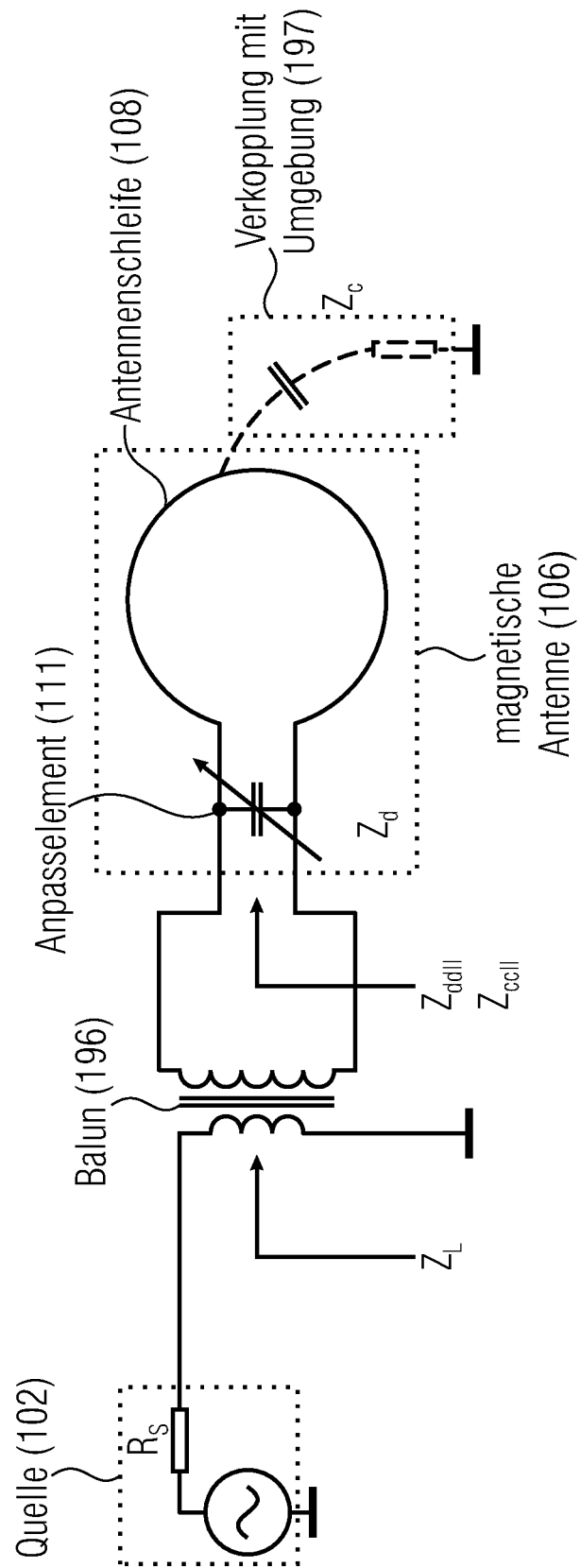


Fig. 22

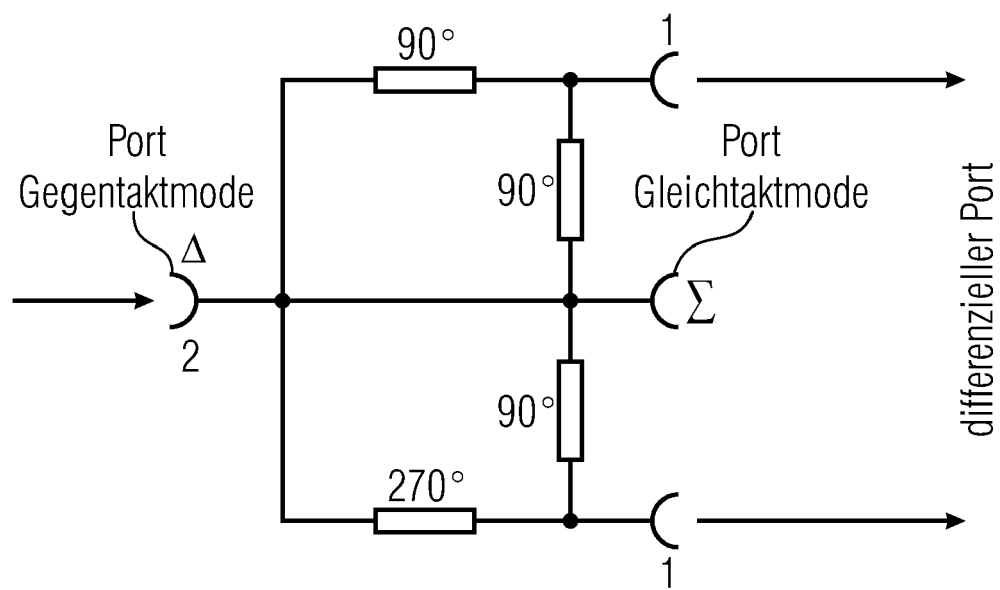


Fig. 23

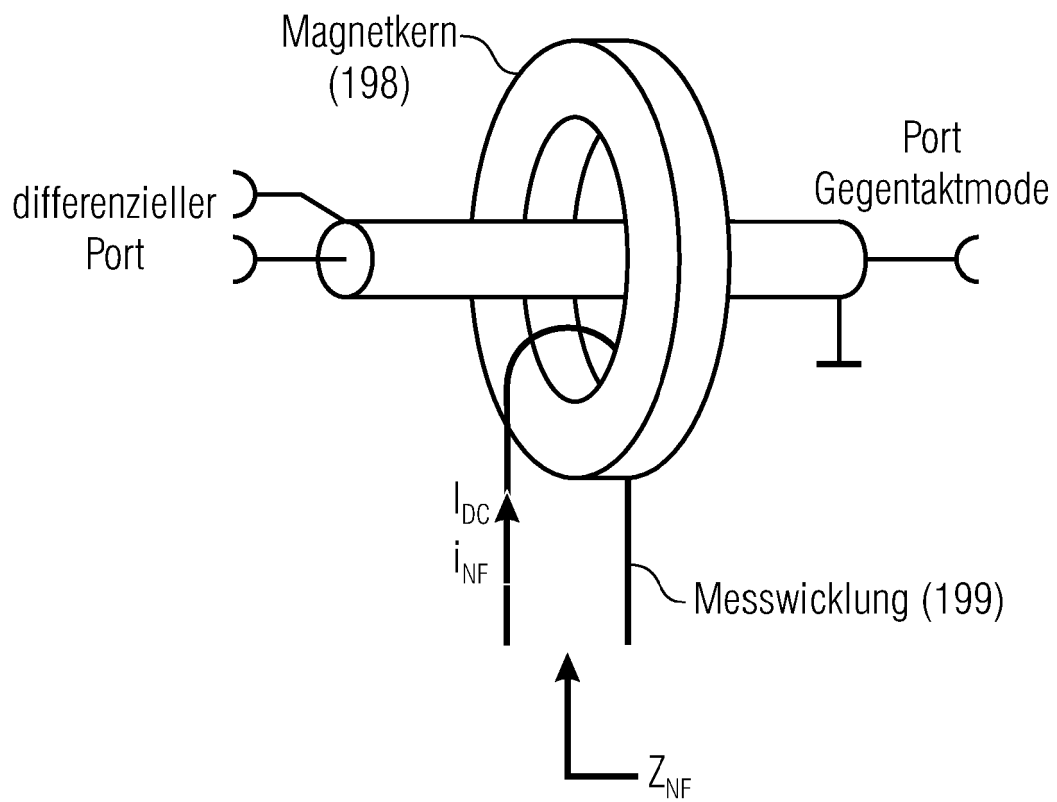


Fig. 24

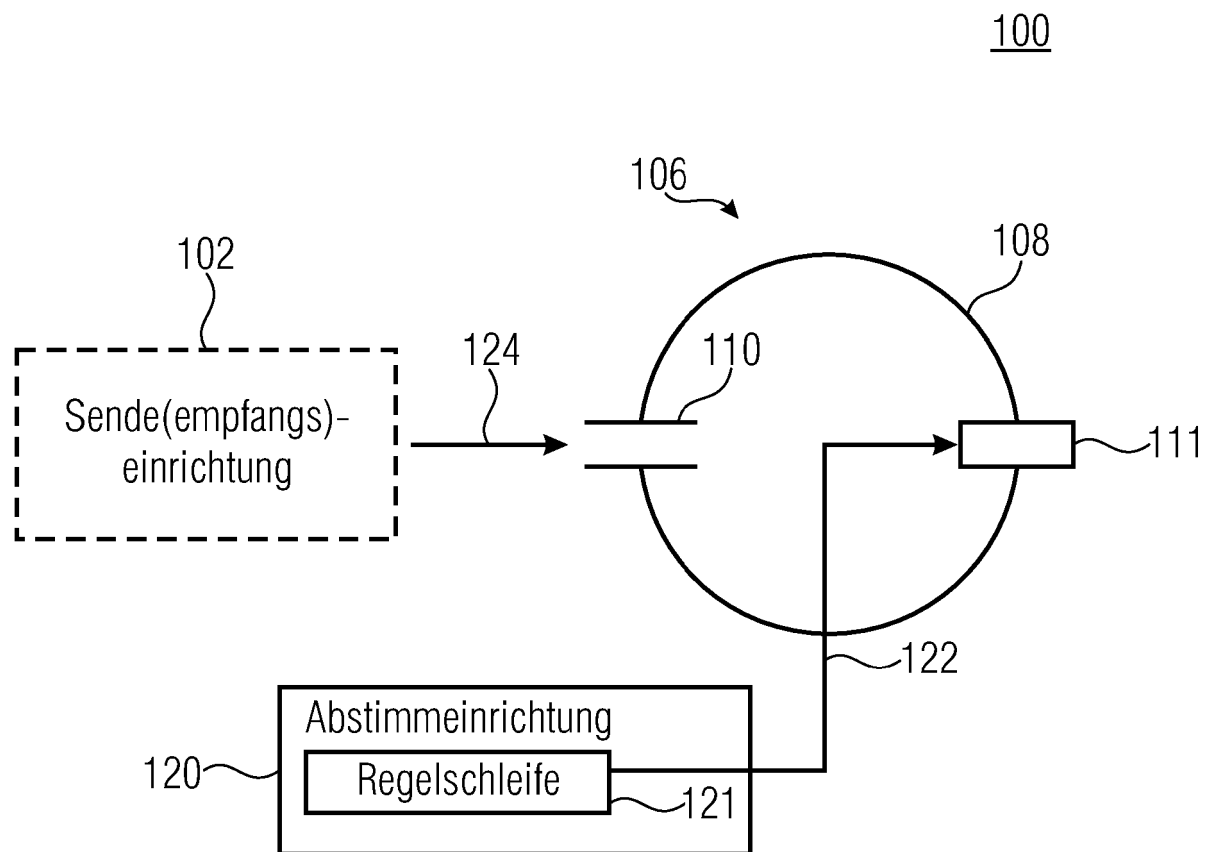


Fig. 25

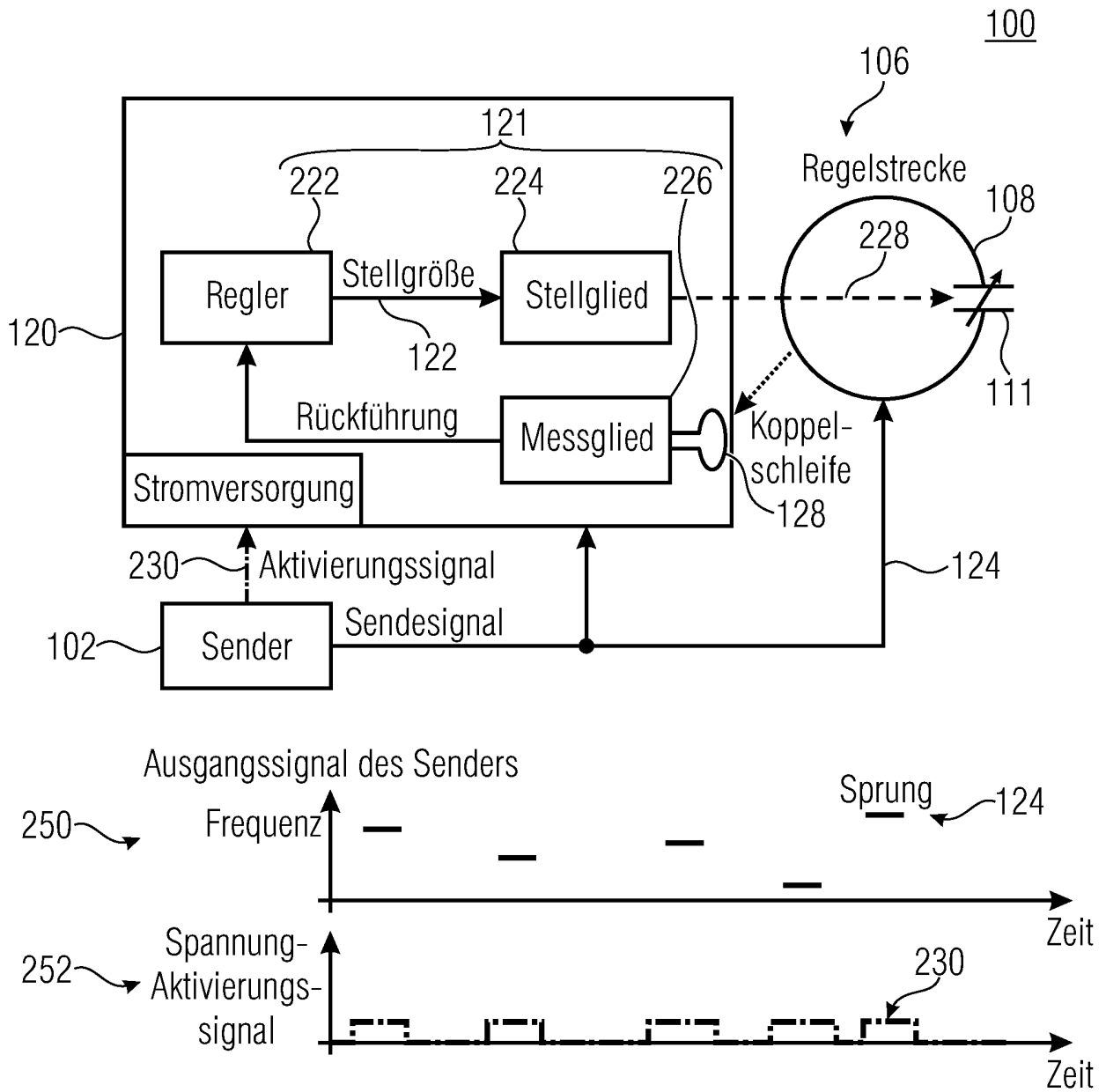


Fig. 26

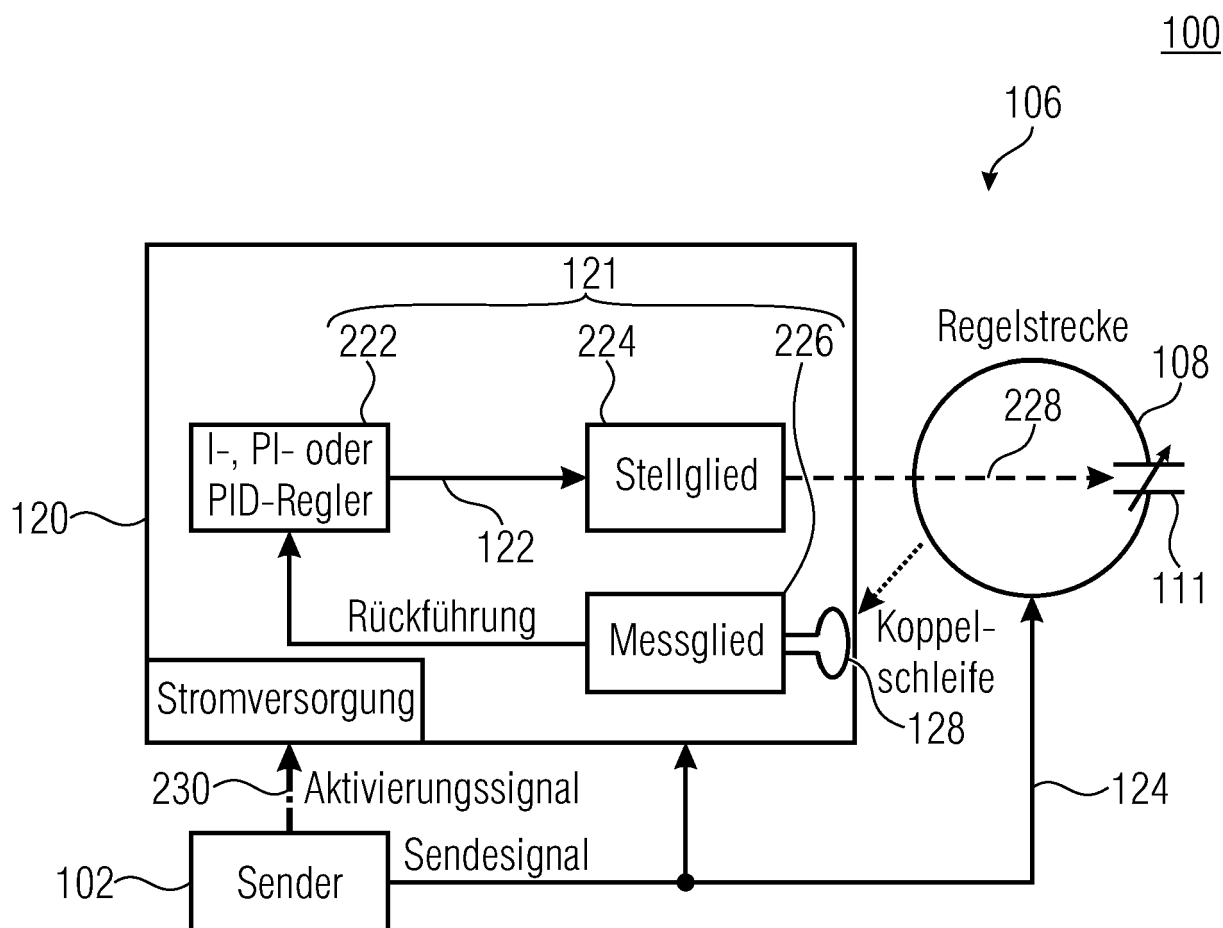


Fig. 27

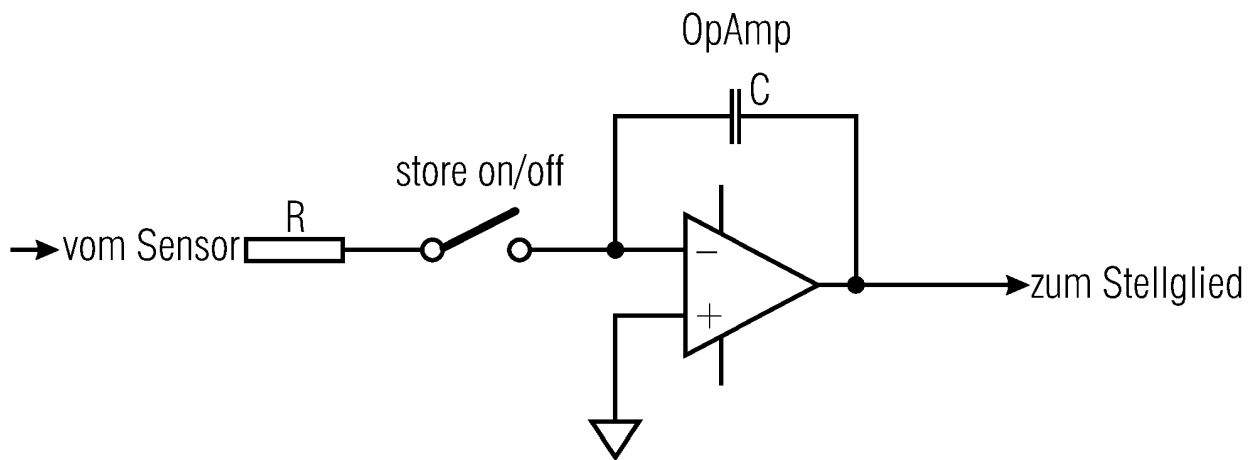


Fig. 28a

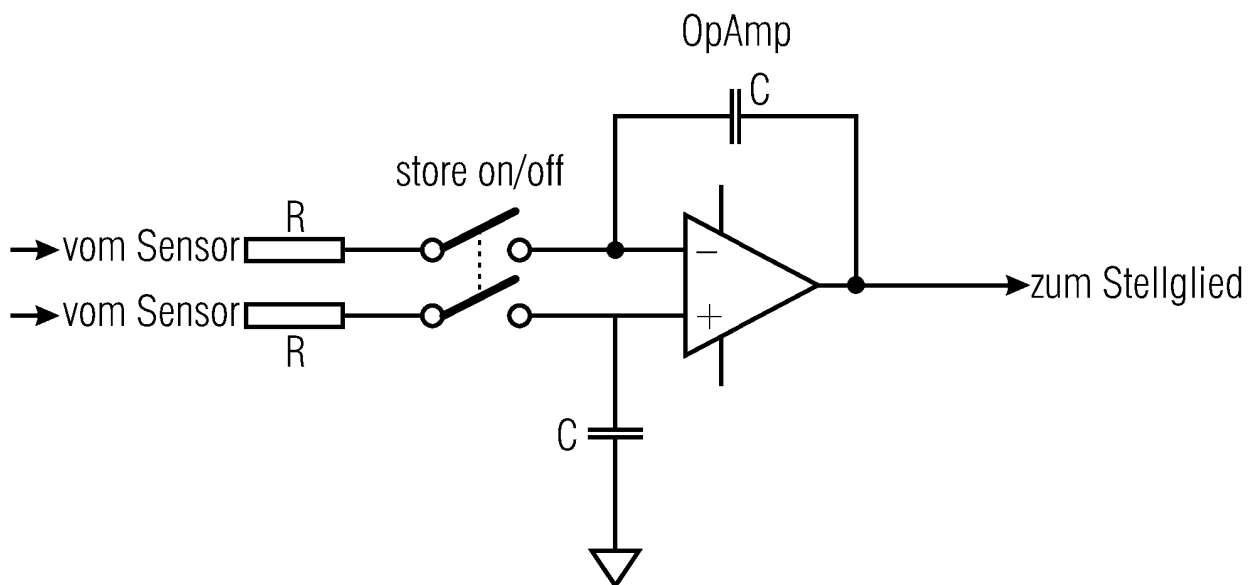


Fig. 28b

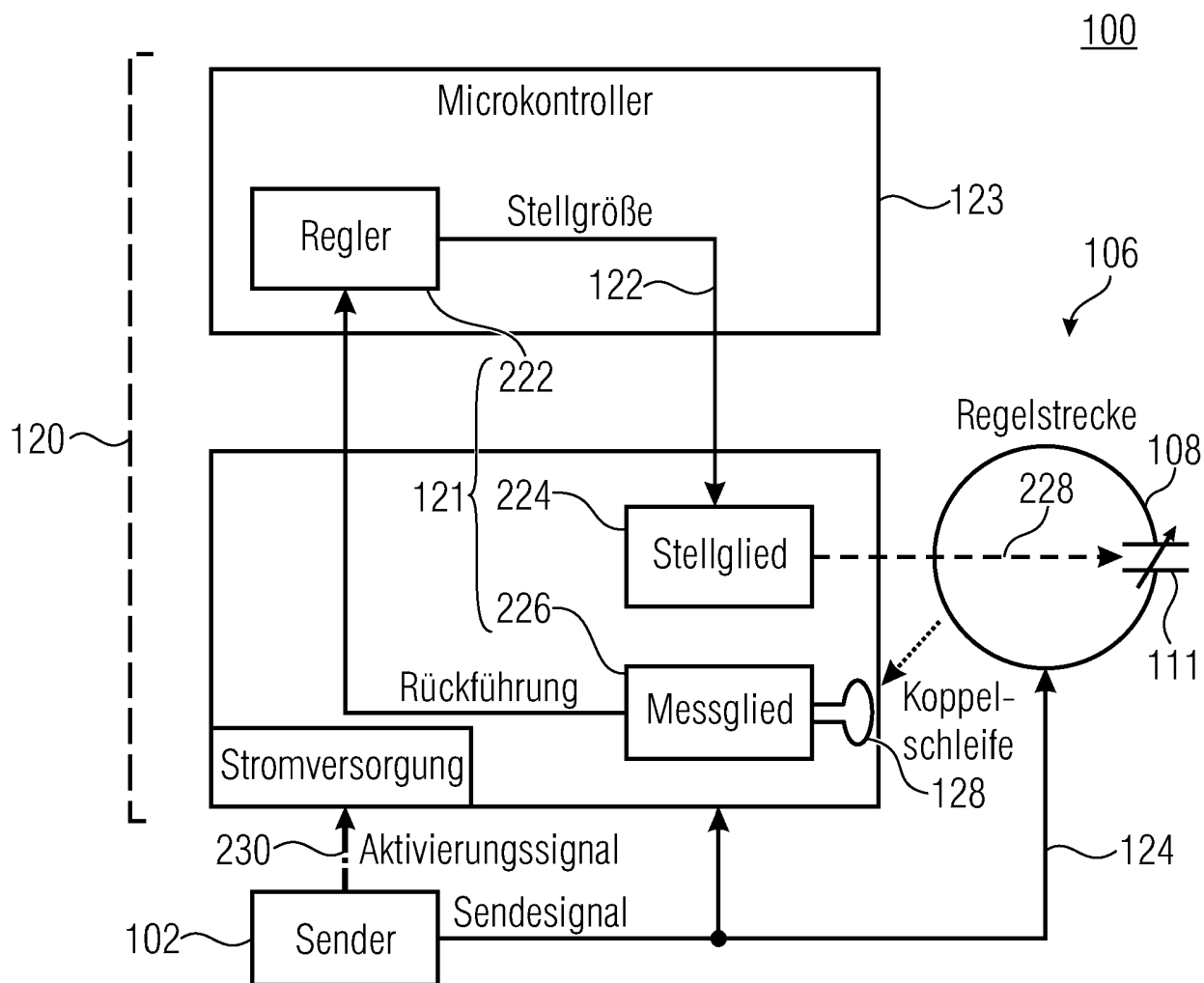


Fig. 29

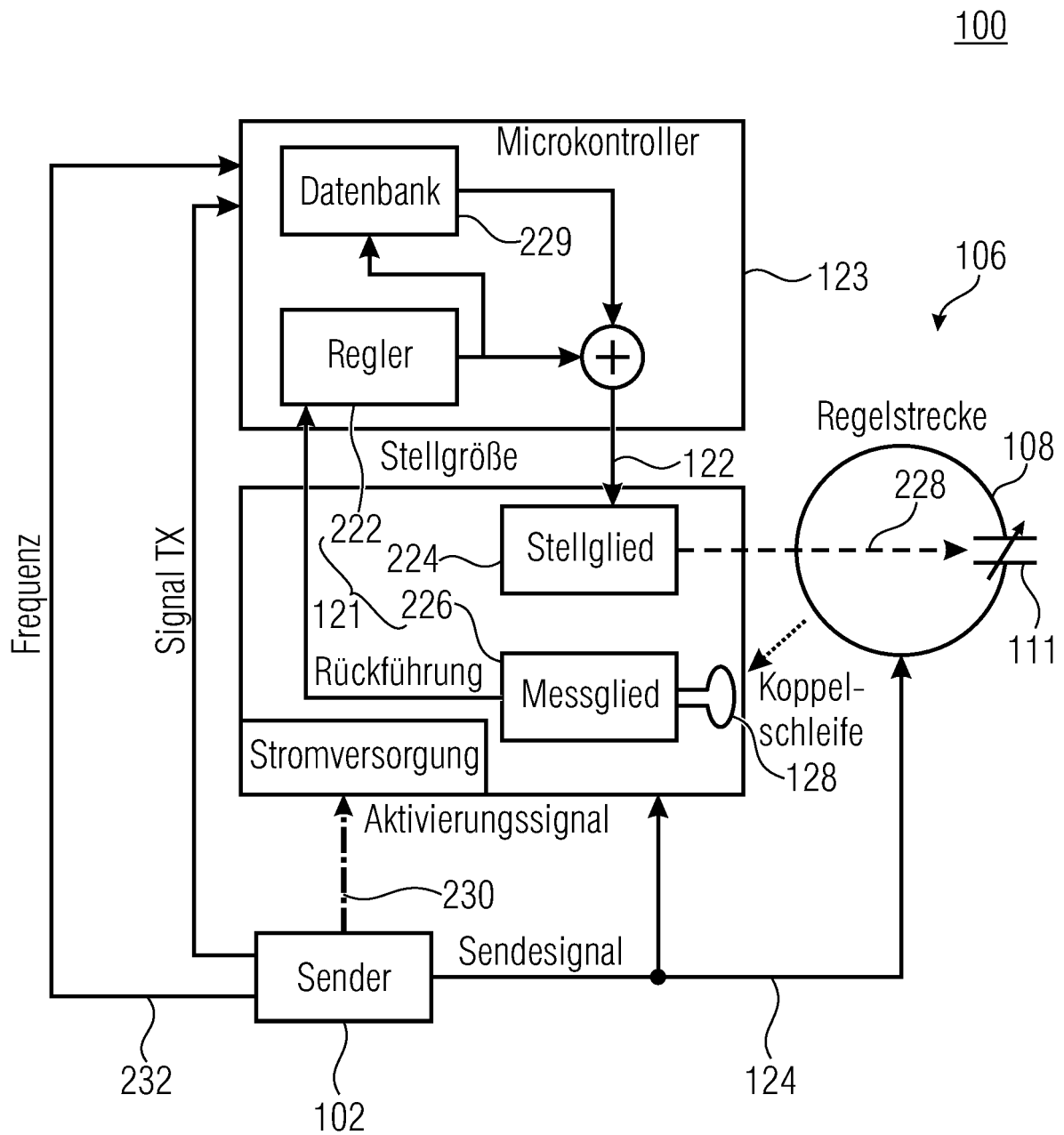


Fig. 30

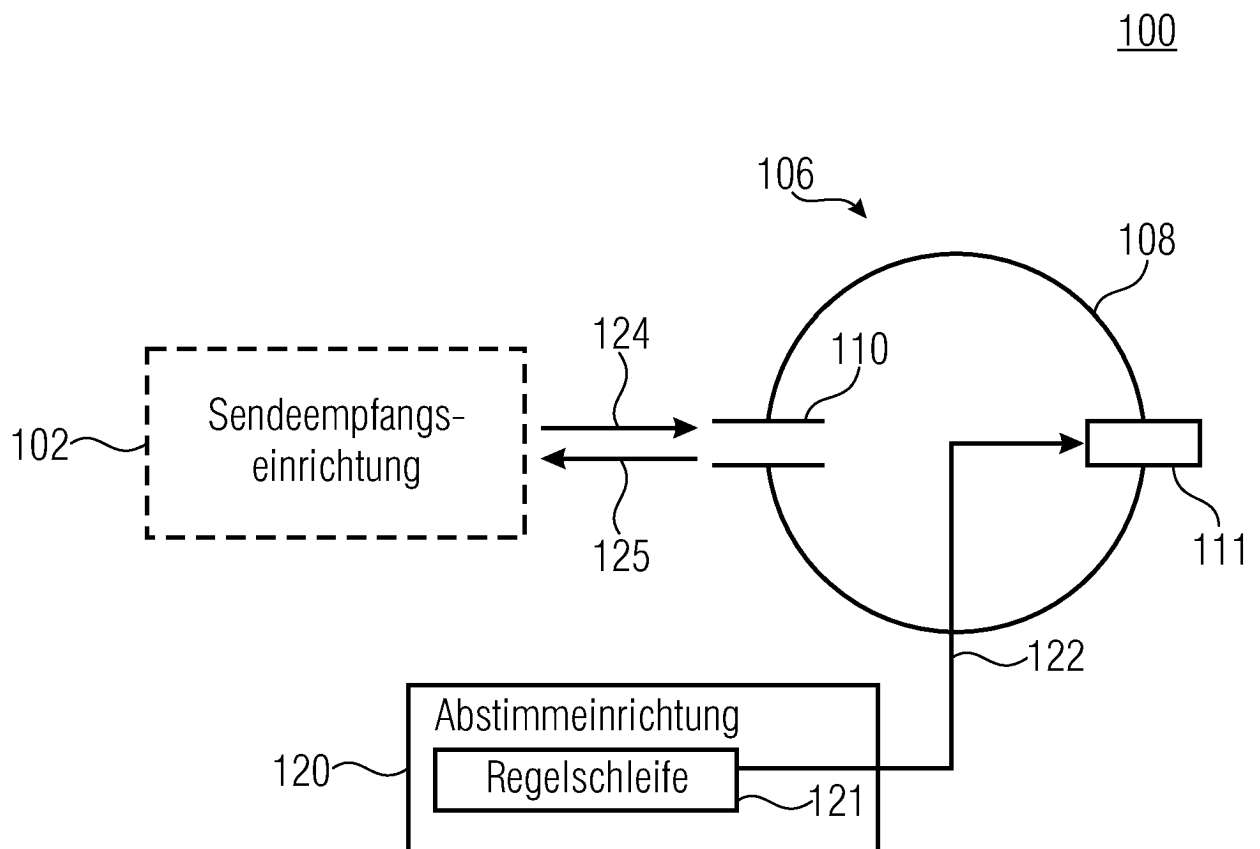
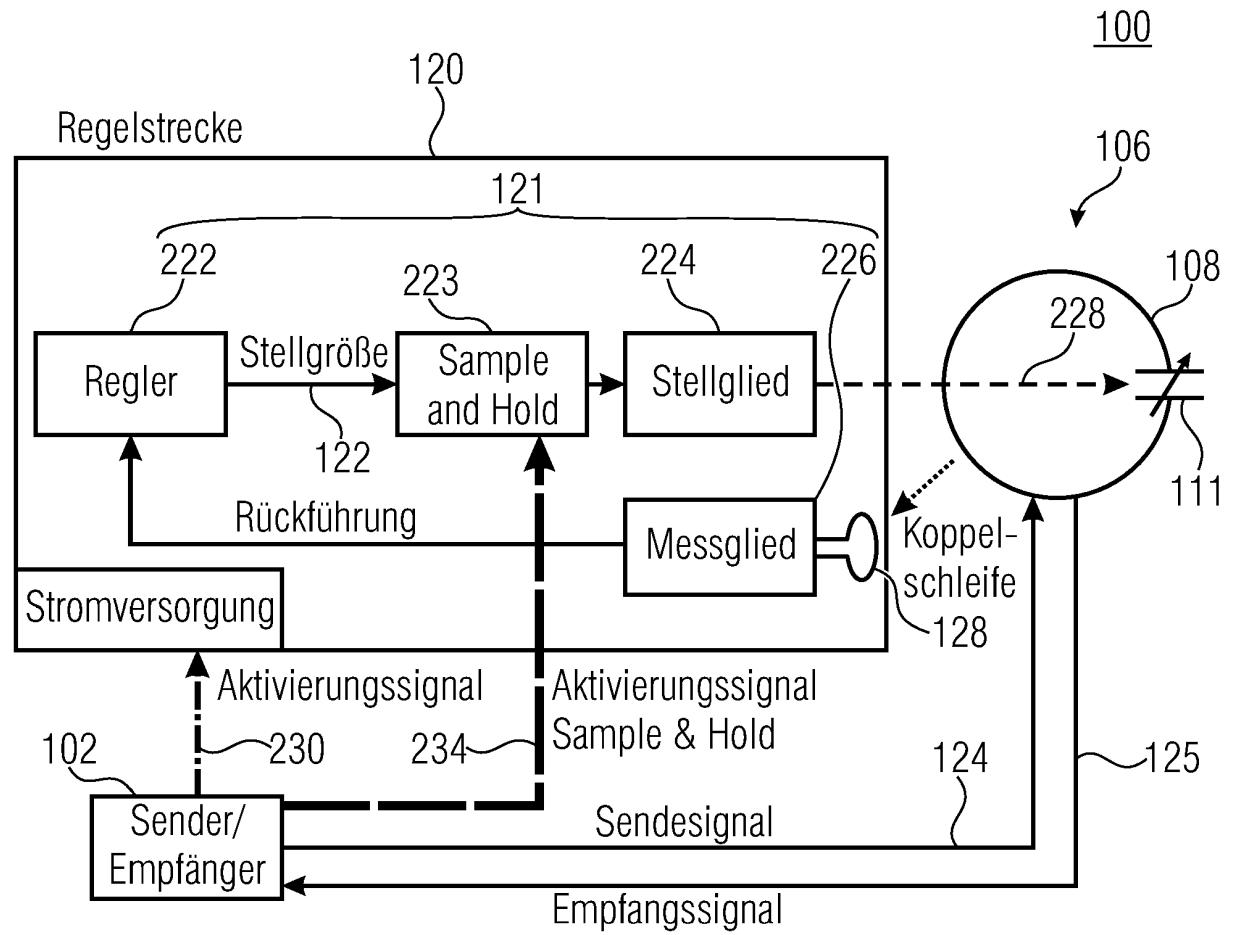


Fig. 31



Ausgangssignal des Senders

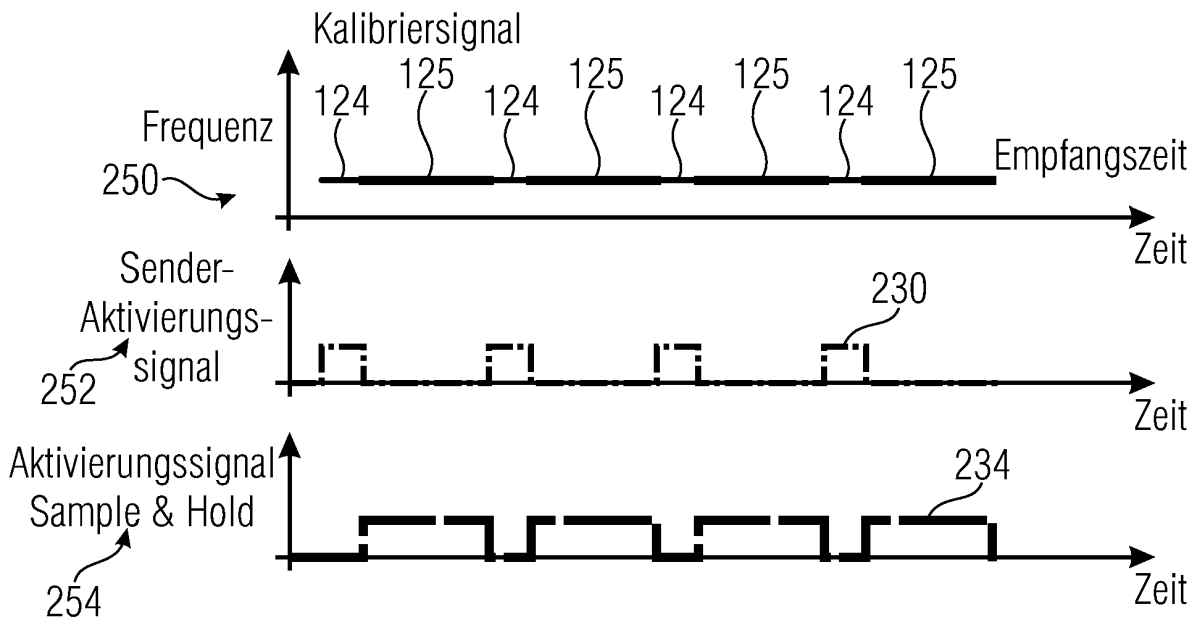


Fig. 32

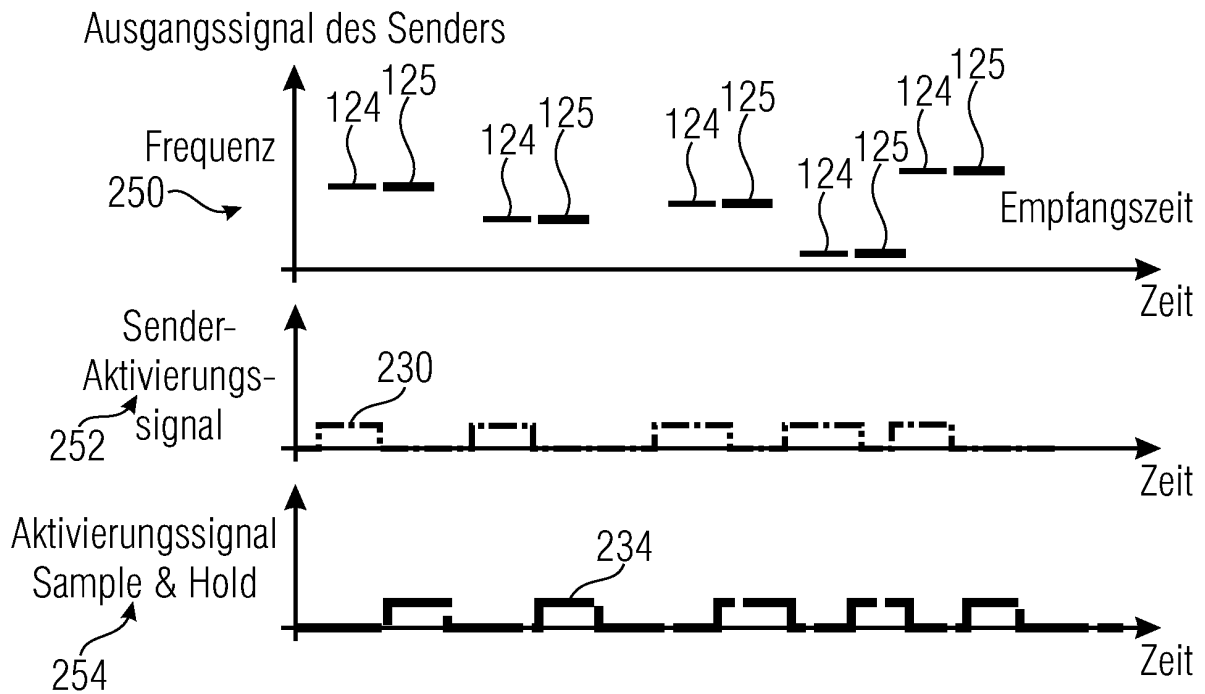
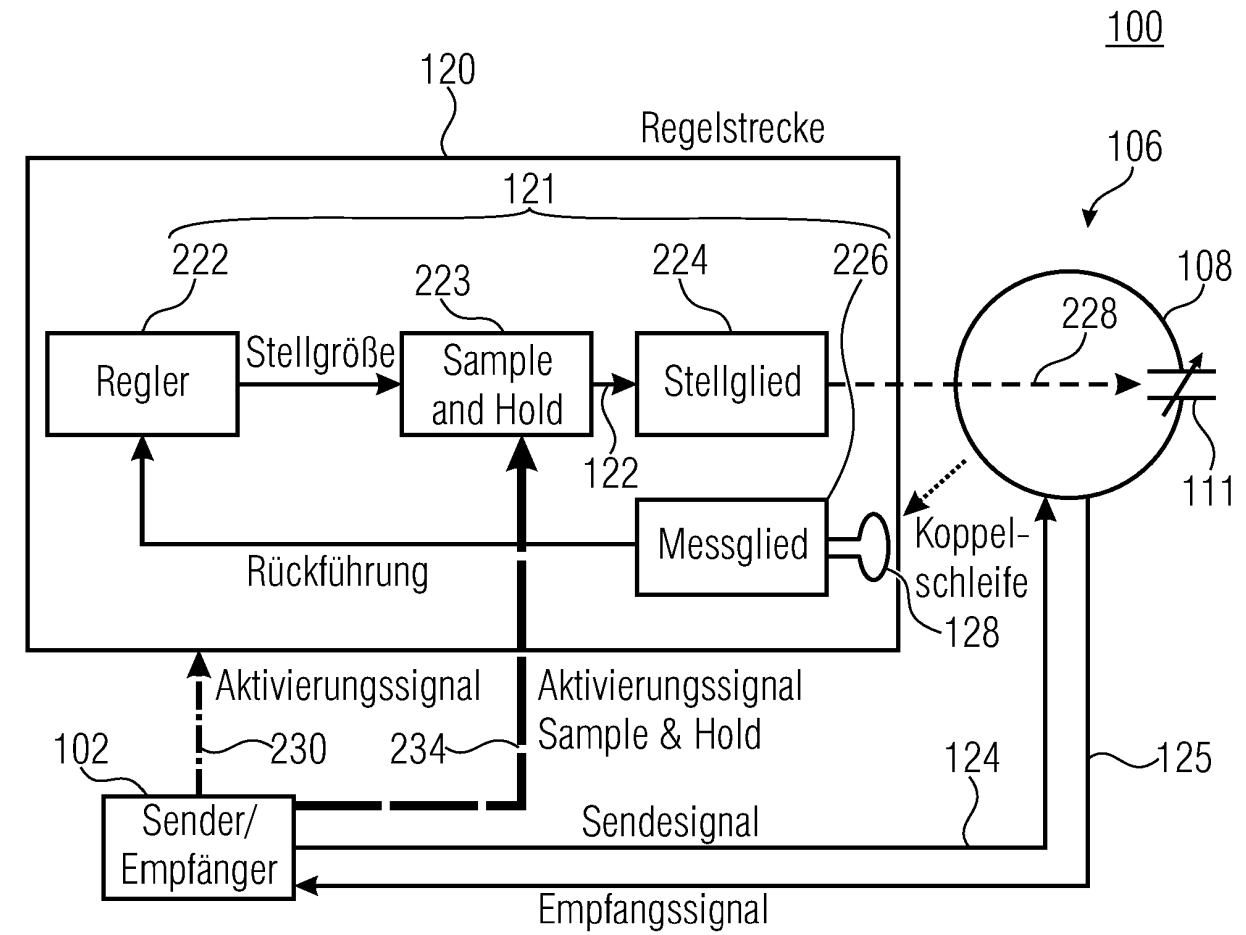


Fig. 33

100

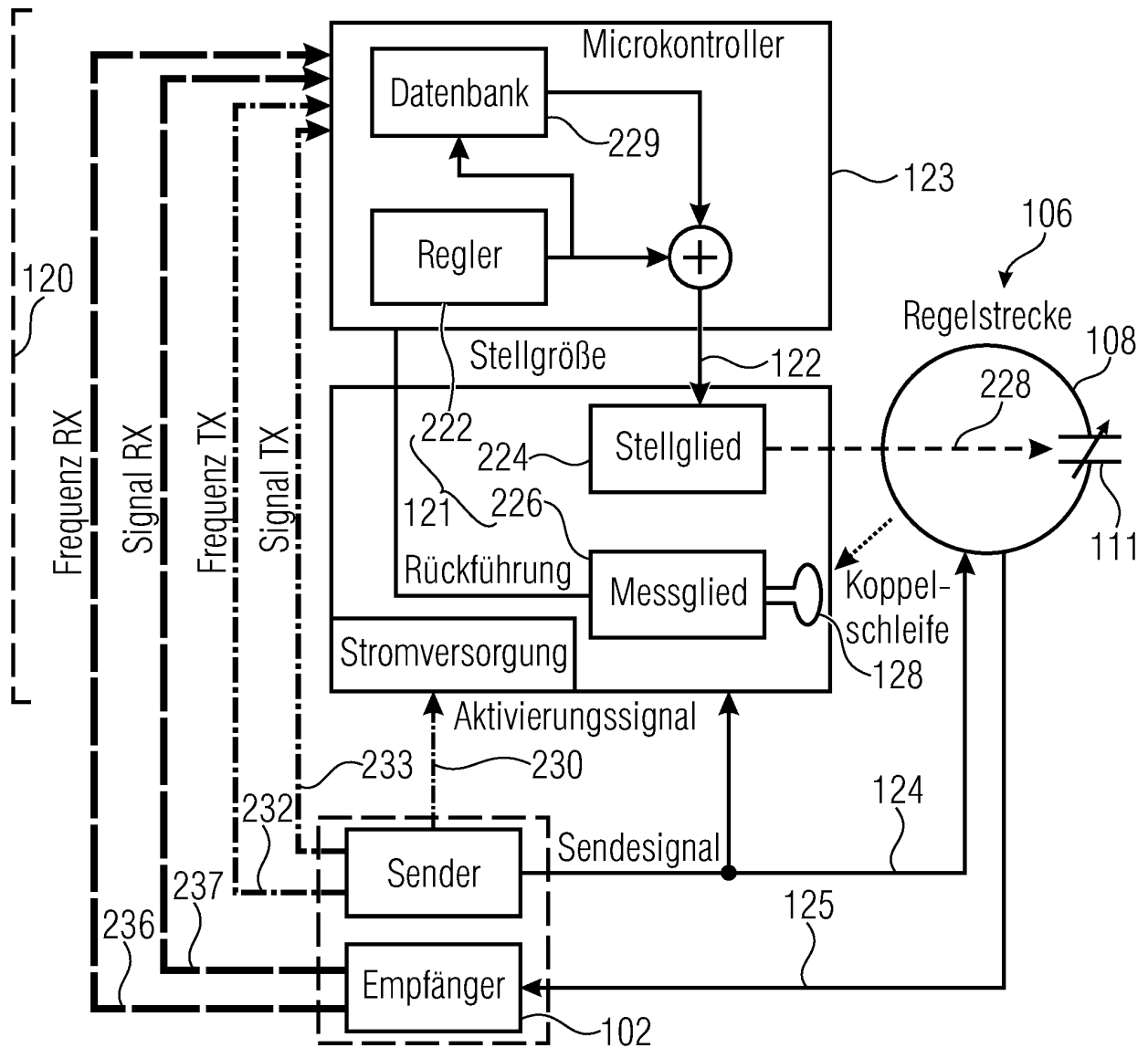
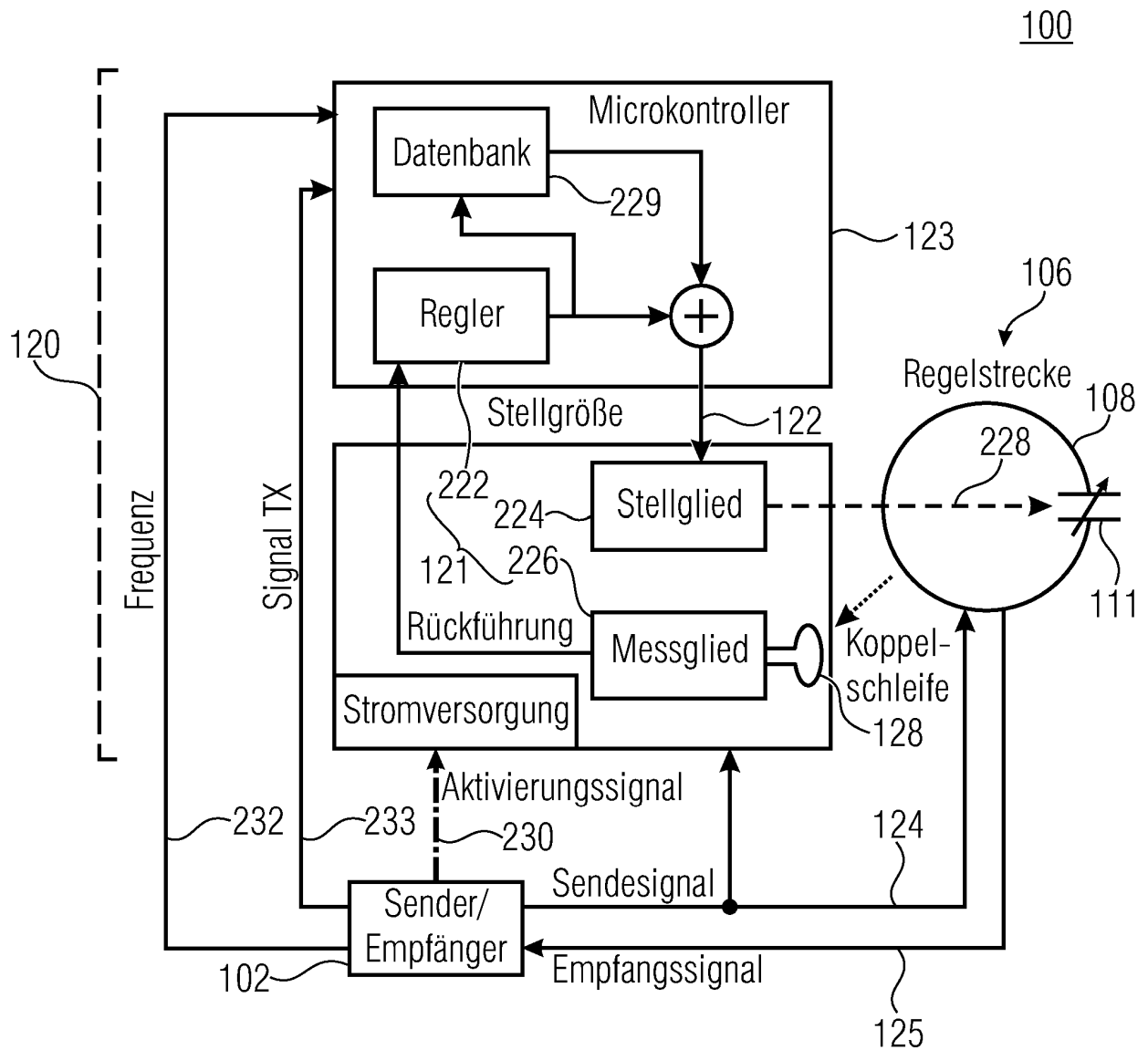


Fig. 34



Ausgangssignal des Kalibrierungs-Senders

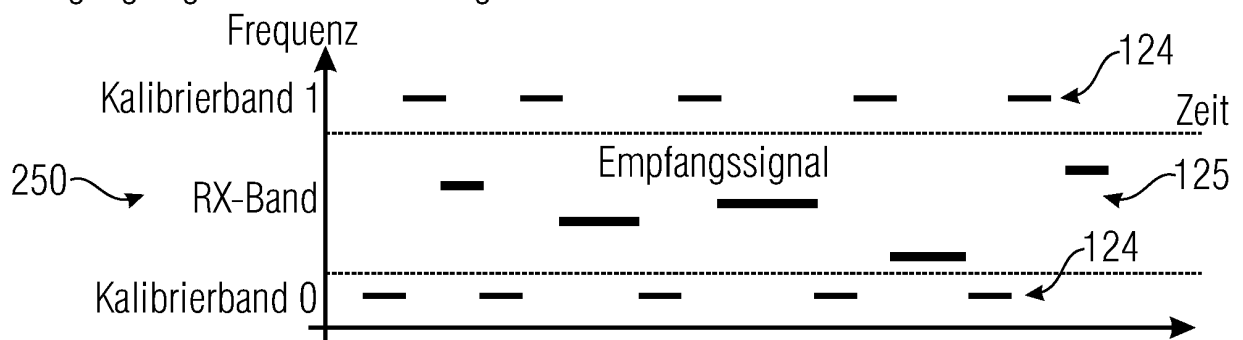


Fig. 35

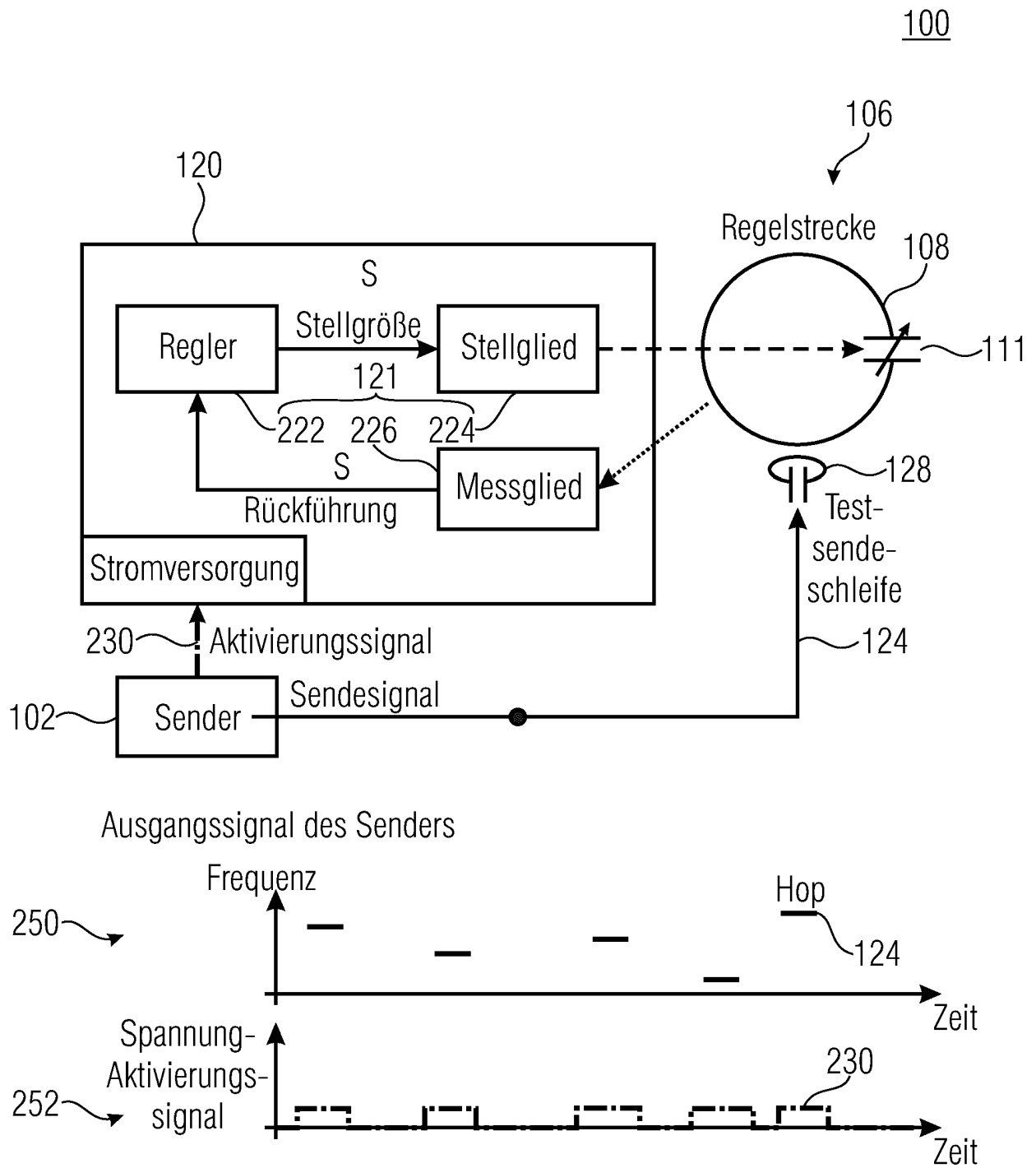


Fig. 36

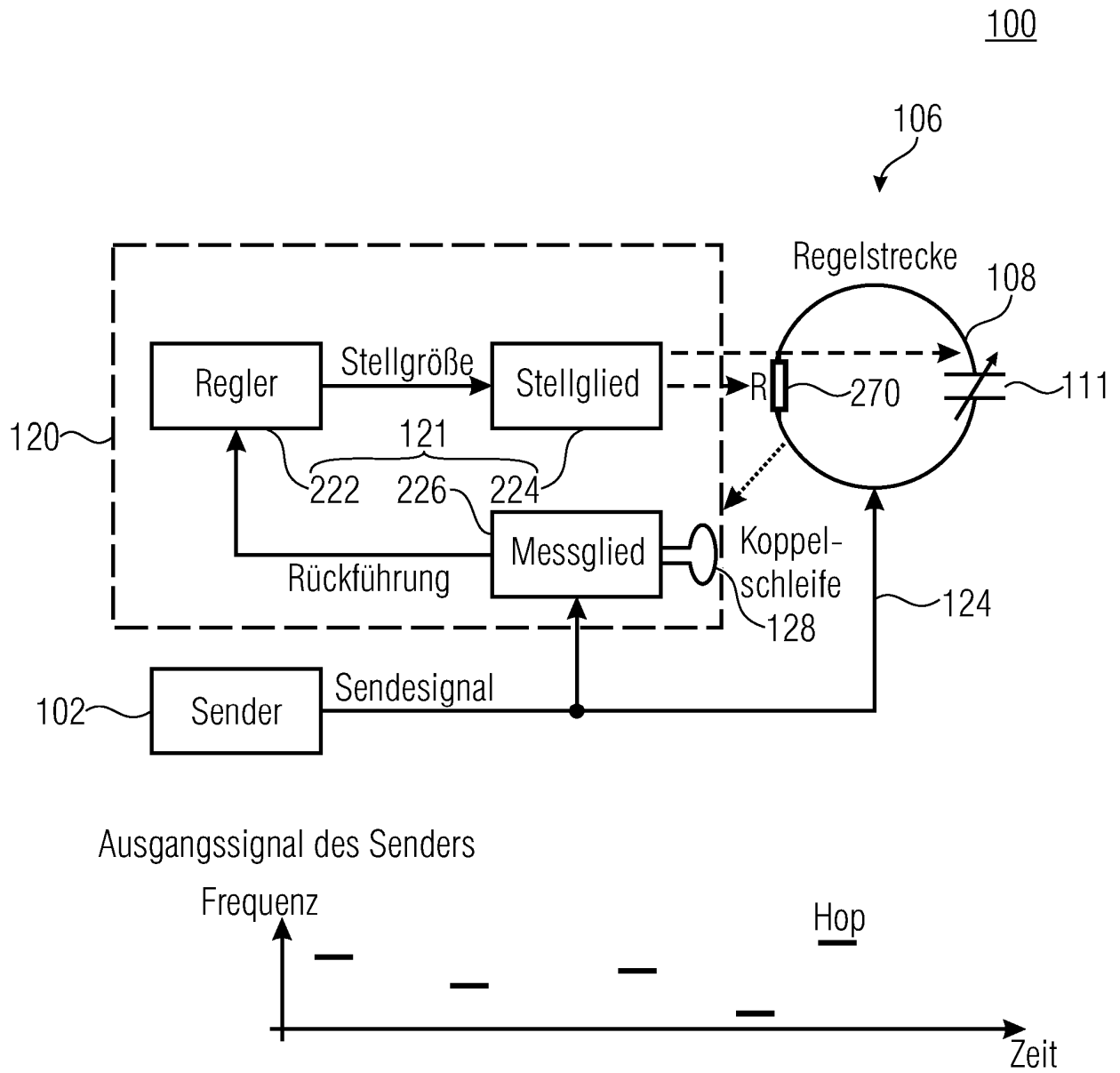


Fig. 37

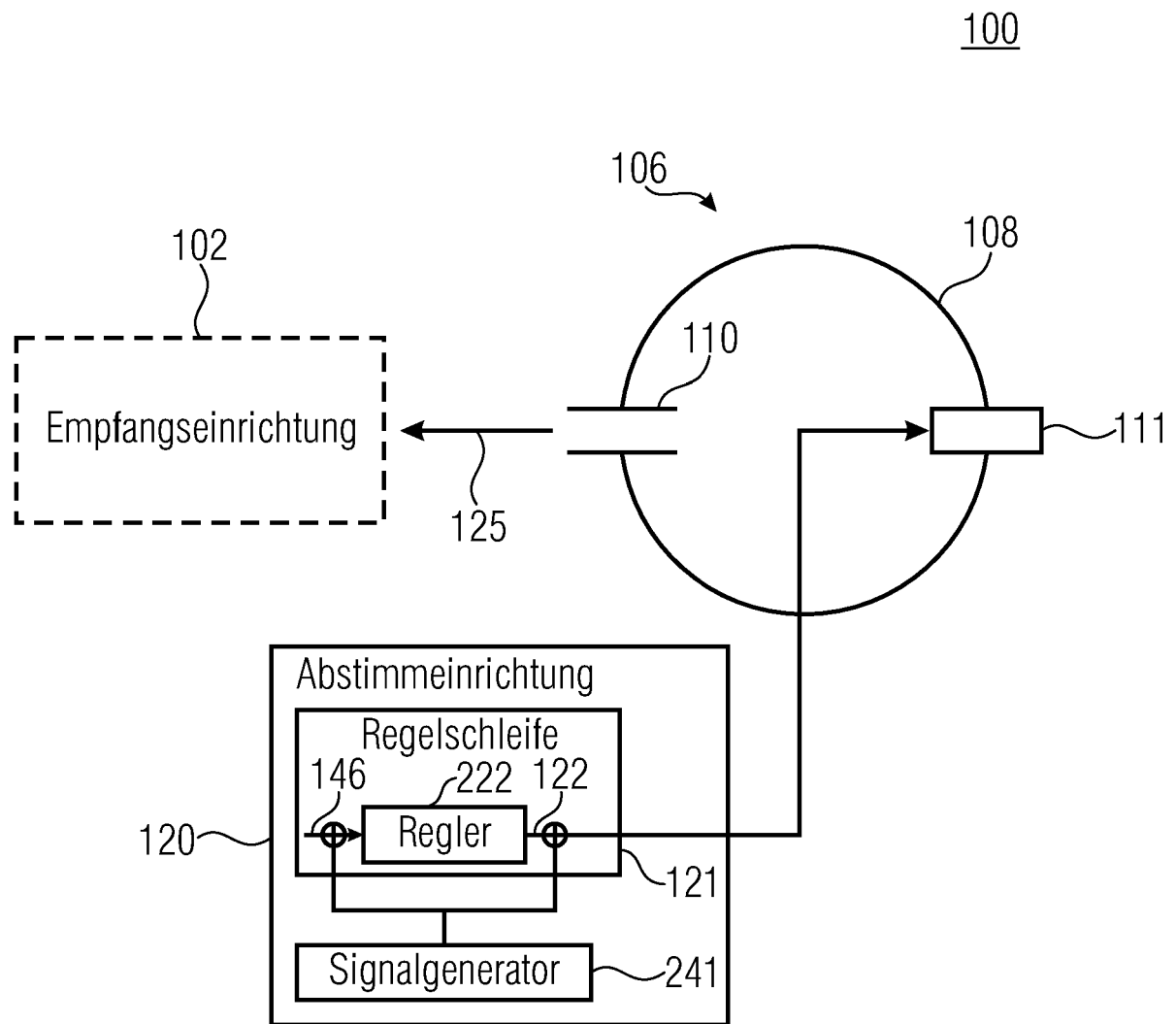


Fig. 38

100

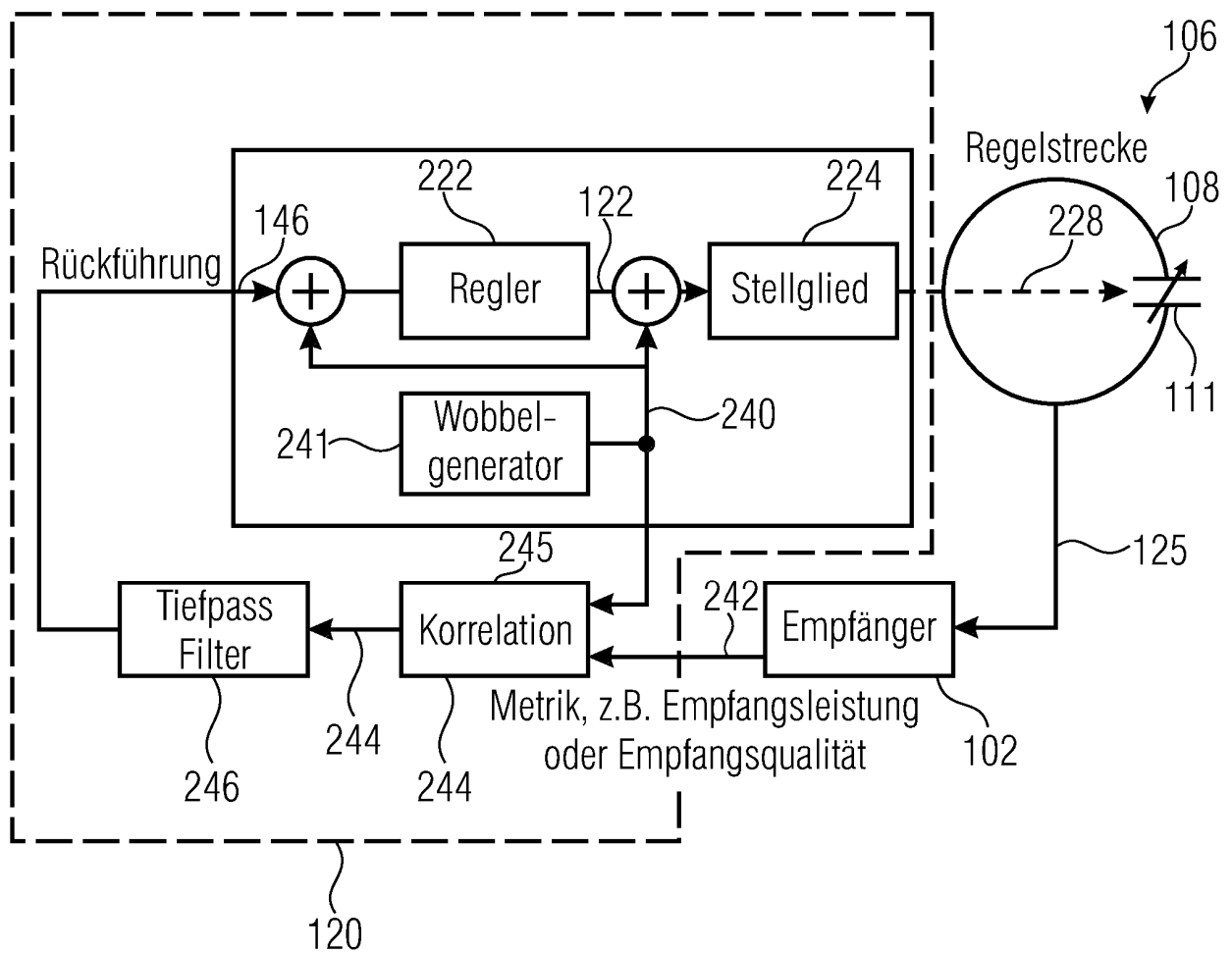


Fig. 39

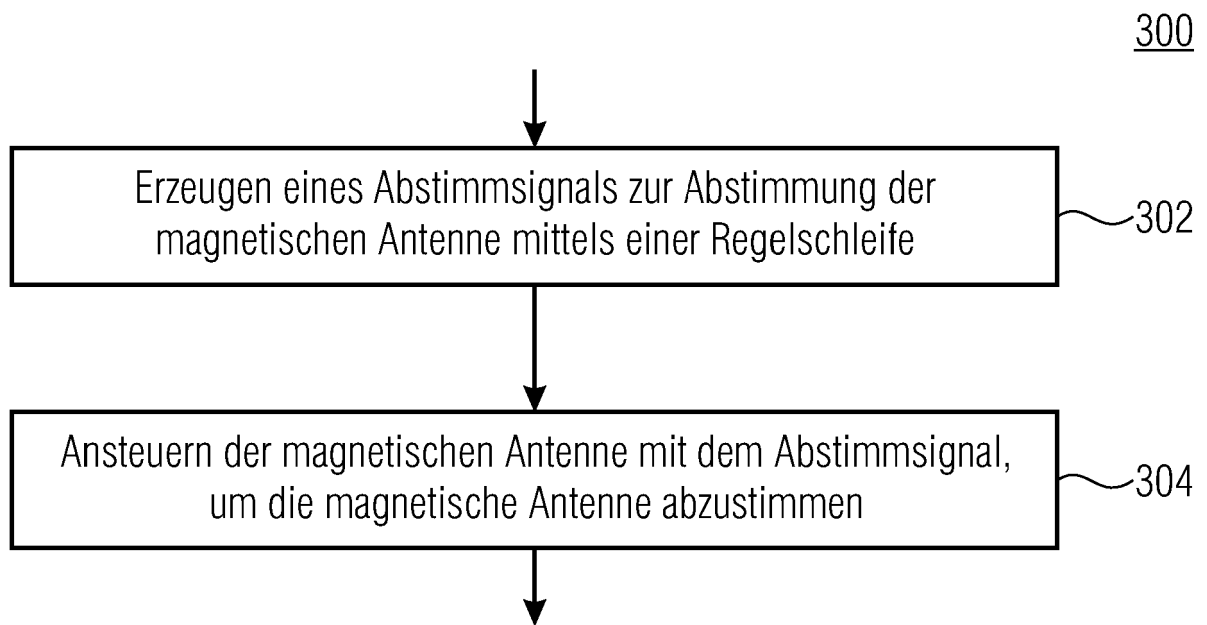


Fig. 40

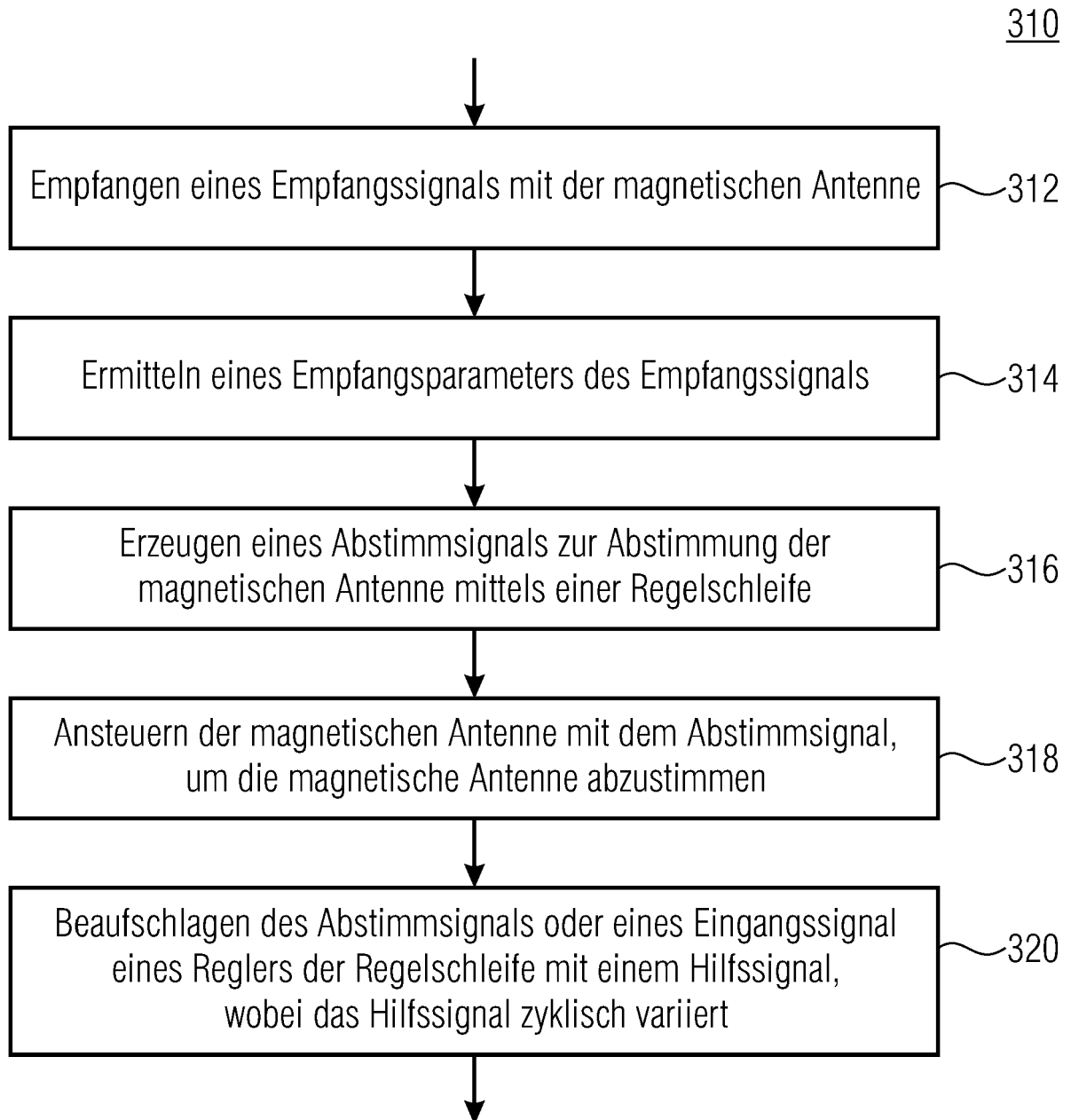


Fig. 41

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 7058372 B1 [0005]
- US 2016028375 A1 [0006]
- US 2007091006 A1 [0007]
- US 5483688 A [0008]
- US 2014197832 A1 [0009]
- DE 4236087 A1 [0010]
- US 7890070 B [0719]
- DE 102011082098 B4 [0719]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **J. BOLLENBECK ; R. OPPELT.** Ein neuartiges Tracking-Filter für hochwertige LO-Signale. *UKW-Berichte*, Marz 2013, 157-176 [0719]
- **J. V. PARPART.** Breitbandige Ferrit-Hochfrequenztransformatoren. *Hüthig GmbH, Heidelberg*, 1997 [0719]