



(10) **DE 10 2020 205 938 B3** 2021.06.10

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 205 938.1**
(22) Anmeldetag: **12.05.2020**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.06.2021**

(51) Int Cl.: **H04B 17/20 (2015.01)**
H01Q 3/00 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
**Rohde & Schwarz GmbH & Co.
Kommanditgesellschaft, 81671 München, DE;
VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT, 38440
Wolfsburg, DE**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Bressel und Partner mbB, 10785
Berlin, DE**

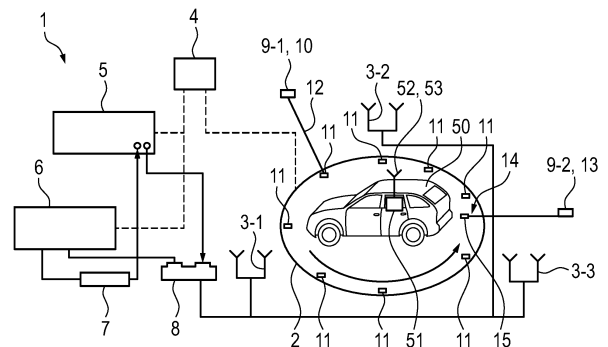
(72) Erfinder:
**Naseef, Mahmud, 82152 Planegg, DE; Sassi,
Oussama, 30161 Hannover, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2018 002 512	A1
US	2018 / 0 076 906	A1
EP	3 182 619	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Testanordnung zum Prüfen eines Funkempfängers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen eines Funkempfängers (51), wobei der Funkempfänger (51) auf einem Drehtisch (2) angeordnet und gedreht wird, wobei ein Testsignal erzeugt und mittels mindestens einer Testantenne (3-x) an eine Antenne (52) des Funkempfängers übermittelt wird, und wobei eine Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne (3-x) derart festgelegt wird, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers (51) und/oder des Drehtisches (2) relativ zur mindestens einen Testantenne (3-x) eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne (52) des Funkempfängers (51) erzielt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Testanordnung (1) zum Prüfen eines Funkempfängers (51) und ein Kalibrierungsverfahren zum Kalibrieren einer Testanordnung (1).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Testanordnung zum Prüfen eines Funkempfängers. Ferner betrifft die Erfindung ein Kalibrierungsverfahren zum Kalibrieren einer Testanordnung zum Prüfen eines Funkempfängers.

[0002] Moderne Fahrzeuge, insbesondere Kraftfahrzeuge, weisen eine Vielzahl von Funksystemen auf, die auf verschiedenen Kommunikationsverfahren basieren und verschiedene Frequenzen nutzen. Die Kommunikationsverfahren decken hierbei verschiedene Anwendungsgebiete ab, z.B. Mobilfunkdienste (2G, 3G, 4G, 5G,...), WLAN, Bluetooth, NFC, Broadcastsysteme (DVB-T/T2, ATSC 3.0), Navigationssysteme (GPS, Galileo, etc.), Radio (AM, FM, DAB etc.) und Sicherheitssysteme (eCall, C-V2X, 802.11 p etc.).

[0003] Vor einer Anwendung beim Kunden müssen die Funksysteme getestet werden. Im Hinblick auf einen Funkempfänger als Teil eines Funksystems können hierbei beispielsweise Empfindlichkeitsmessungen (engl. Sensitivity) durchgeführt werden, insbesondere in Form von Total Isotropie Sensitivity Measurements. Hierbei ist es üblich, das Fahrzeug mit dem zu überprüfenden Funkempfänger auf einem Drehtisch anzuordnen und das Fahrzeug während der Messung auf dem Drehtisch zu drehen, sodass die Messungen winkelabhängig durchgeführt werden können.

[0004] Aus der EP 3 182 619 A1 ist eine Vorrichtung zum Messen der Funkkommunikationsleistung über Funk (OTA) in einer Kraftfahrzeuganwendung eines Prüflings (DUT) bekannt, der an oder in einem Fahrzeug angeordnet ist. Die Vorrichtung umfasst eine Kammer, in der ein inneres Volumen definiert ist, wie eine EMV-Kammer oder eine halbechoische Kammer. Ferner ist eine drehbare Plattform zum Abstützen des Fahrzeugs vorgesehen, die zusammen mit mindestens einer Kammerantenne das Innenvolumen umschließt. Ferner ist ein Kommunikationssystem-Testinstrument zum Messen der Übertragung zwischen dem Prüfling und der Kammerantenne vorgesehen. Die Kammerantenne ist eine Gruppenantenne, die eine horizontale lineare Gruppe von Antennenelementen umfasst, wobei die Kammerantenne vorzugsweise eine ebene Welle im Nahfeld liefert, in dem sich das Fahrzeug befindet. Das Array kann ferner mehrere horizontale lineare Arrays umfassen, die in vertikaler Richtung übereinander liegen. Die Gruppenantenne kann ferner einen Reflektor umfassen, wobei der Reflektor in horizontaler Richtung gerade ist und in vertikaler Richtung in Form einer parabolischen Kurve / eines Bogens angeordnet ist, wobei die horizontale lineare Gruppe in der Brennpunktlinie des Reflektors angeordnet ist.

[0005] Aus der DE 10 2018 002 512 A1 ist eine Vorrichtung zur Vermessung der Antennencharakteristik eines Fahrzeuges bekannt, mit mindestens einem Hochfrequenzgenerator, mindestens einer ersten vorspannungsbedingten Antenne und mindestens einer zweiten nicht vorspannungsbedingten Antenne, wobei die Aktivierung und Deaktivierung des Messsignals des Hochfrequenzgenerators fernsteuerbar ist.

[0006] Aus der US 2018/0076906 A1 ist ein Messsystem zum Bestimmen von Phasendifferenzen von Antennenelementensignalen von Antennenelementen eines zu testenden Antennenarrays bekannt. Das Messsystem umfasst eine Signalerzeugungseinrichtung, die konfiguriert ist, um ein Messsignal für die zu testende Antennenanordnung über Funk bereitzustellen, und eine Empfangseinrichtung, die konfiguriert ist, um die Antennenelementensignale zu messen, die sich aus dem Empfang des Messsignals durch die Antennenelemente des zu testenden Antennenarrays ergeben, und die Phasendifferenz der Antennenelementensignale zu bestimmen.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Testanordnung zum Prüfen eines Funkempfängers zu verbessern.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und eine Anordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Insbesondere wird ein Verfahren zum Prüfen eines Funkempfängers zur Verfügung gestellt, wobei der Funkempfänger auf einem Drehtisch angeordnet und gedreht wird, wobei ein Testsignal erzeugt und mittels mindestens einer Testantenne an eine Antenne des Funkempfängers übermittelt wird, und wobei eine Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne derart festgelegt wird, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers und/oder des Drehtisches relativ zur mindestens einen Testantenne eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne des Funkempfängers erzielt wird.

[0010] Ferner wird insbesondere eine Testanordnung zum Prüfen eines Funkempfängers geschaffen, umfassend einen Drehtisch, eingerichtet zum Drehen zumindest des Funkempfängers; mindestens eine Testantenne, eingerichtet zum Erzeugen und Übermitteln eines Testsignals an eine Antenne des Funkempfängers; eine Steuereinrichtung, wobei die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, eine Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne derart festzulegen, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers und/oder des Drehtisches relativ zur mindestens einen Testantenne eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne des Funkempfängers erzielt werden kann.

[0011] Das Verfahren und die Testanordnung ermöglichen es, dass drehwinkelunabhängig stets die gleiche Empfangsleistung an der Antenne des zu überprüfenden Funkempfängers empfangen wird. Hierdurch kann der zu überprüfende Funkempfänger für alle Drehwinkel unter gleichen Bedingungen, das heißt unter Empfang der gleichen Leistung, überprüft und getestet werden. Dies ermöglicht eine verbesserte Überprüfung und Charakterisierung der Eigenschaften des Funkempfängers. Hierzu wird eine Sendeleistung eines erzeugten und mittels mindestens einer Testantenne abgestrahlten Testsignals derart festgelegt, insbesondere bestimmt und anschließend gesteuert bzw. geregelt, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers (bzw. der Antenne) und/oder des Drehtisches relativ zur mindestens einen Testantenne eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne des Funkempfängers erzielt wird. Insbesondere wird hierbei für jeden Drehwinkel oder jeden Drehwinkelbereich des Drehtisches bzw. der Antenne eine Sendeleistung bestimmt und festgelegt.

[0012] Das Verfahren wird insbesondere in einer Testkammer ausgeführt, die als reflexionsarmer Raum (engl. anechoic chamber) ausgestaltet ist. Die Testanordnung ist daher zumindest teilweise in einer Testkammer angeordnet oder umfasst diese Testkammer.

[0013] Die Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne ist insbesondere eine vorgegebene Empfangsleistung, wobei die Empfangsleistung insbesondere in Abhängigkeit eines konkret zu testenden Szenarios festgelegt wird.

[0014] Es kann insbesondere auch vorgesehen sein, dass die Empfangsleistung frequenzabhängig und/oder frequenzbereichsabhängig konstant gehalten wird. Hierzu ist insbesondere vorgesehen, auch die Sendeleistung frequenzabhängig und/oder frequenzbereichsabhängig festzulegen. Insbesondere können sich die Sendeleistungen bei unterschiedlichen Frequenzen und/oder Frequenzbereichen auch bei gleichen Drehwinkeln voneinander unterscheiden. Die Sendeleistung wird bzw. ist daher insbesondere frequenzabhängig bzw. frequenzbereichsabhängig und drehwinkelabhängig festgelegt.

[0015] Ein Funkempfänger ist insbesondere Teil eines Funksystems. Ein Funksystem ist insbesondere ein Funksystem, das nach einem bestimmten Kommunikationsverfahren bzw. einem bestimmten Kommunikationsprotokoll oder -standard arbeitet. Ein Funksystem arbeitet beispielsweise nach einem der folgenden Verfahren: Mobilfunk jeweils nach unterschiedlichen Verfahren/Standards (2G, 3G, 4G, 5G,...), WLAN, Bluetooth, NFC, Broadcastsysteme jeweils nach unterschiedlichen Verfahren/Standards (DVB-T/T2, ATSC 3.0), Navigationssysteme jeweils nach unterschiedlichen Verfahren/Standards (GPS, Galileo, etc.), Radio jeweils nach unterschiedlichen Verfahren/Standards (AM, FM, DAB etc.) und Sicherheitssysteme jeweils nach unterschiedlichen Verfahren/Standards (eCall, C-V2X, 802.11 p etc.).

[0016] Eine Testantenne kann beispielsweise als Hornantenne oder als Antennenarray ausgebildet sein. Es kann vorgesehen sein, dass mehr als eine Testantenne verwendet wird, wobei eine Kommunikationsverbindung mit dem Funkempfänger insbesondere stets nur mit einer der mehreren Testantennen ausgebildet wird bzw. ausgebildet ist. Insbesondere sind drei Testantennen vorgesehen, die in einem Winkelabstand von jeweils 120° um den Drehtisch herum angeordnet sind. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass bei jedem Drehwinkel eine stabile Kommunikationsverbindung ausgebildet werden kann.

[0017] Mittels der mindestens einen Testantenne wird insbesondere ein Basisstationemulator bereitgestellt. Ein solcher Basisstationemulator simuliert insbesondere eine Basisstation, beispielsweise eines Mobilfunknetzes (2G, 3G, 4G, 5G, ...), um eine Kommunikationsverbindung zwischen der Testantenne und dem Funksystem herzustellen und aufrechtzuerhalten.

[0018] Das Prüfen des Funkempfängers wird insbesondere im aktiven Verbindungsmodus (engl. active connection mode) durchgeführt. Das bedeutet insbesondere, dass bei bestehender Kommunikationsverbindung ein Uplink-Signal auf eine relevante Paketfehlerrate/Bitfehlerrate (Packet Error Rate, PER/Bit Error Rate, BER) oder einen RSSI (Received Signal Strength Indicator) Level überwacht wird.

[0019] Die Steuereinrichtung kann als eine Kombination von Hardware und Software ausgebildet sein, beispielsweise als Programmcode, der auf einem Mikrocontroller oder Mikroprozessor ausgeführt wird.

[0020] Ein Fahrzeug ist insbesondere ein Kraftfahrzeug. Prinzipiell kann das Fahrzeug jedoch auch ein anderes Landfahrzeug oder ein Wasser-, Luft- oder Schienenfahrzeug mit einer Mehrzahl von Funksystemen sein.

[0021] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass beim Festlegen der Sendeleistung eine bekannte winkelabhängige Abstrahlcharakteristik der Antenne des Funkempfängers berücksichtigt wird. Die winkelabhängige Abstrahlcharakteristik kann üblicherweise einem Datenblatt der Antenne entnommen werden oder vom Hersteller der Antenne erhalten werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Abstrahlcharakteristik der Antenne auch mittels standardisierter Messverfahren bestimmt werden. Durch das Berücksichtigen der winkelabhängigen Abstrahlcharakteristik kann eine drehwinkelabhängige Dämpfung der Antenne kompensiert werden, indem die Sendeleistung entsprechend für die einzelnen Drehwinkel festgelegt wird.

[0022] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne für jeden Drehwinkel derart festgelegt wird, dass gilt:

$$Pr = Pt + Gt - FSPL + (Gr + \text{Abstrahlcharakteristik der Antenne}) = \text{konstant},$$

mit

Pr [dBm] der an der Antenne des Funkempfängers empfangenen Empfangsleistung,

Pt [dBm] der ausgesandten Sendeleistung der mindestens einen Testantenne,

Gt [dB] der Antennenverstärkung der mindestens einen Testantenne,

$FSPL$ [dB] der Freiraumdämpfung und

Gr [dB] der Antennenverstärkung der Antenne.

[0023] Prinzipiell können auch andere, äquivalente Einheiten für die Leistungen, Verstärkungen und Dämpfungen verwendet werden. Diese Ausführungsform ermöglicht es, bei bekannten Antennenverstärkungen der Testantenne und der Antenne eine Sendeleistung direkt zu berechnen. Hierzu wird insbesondere die (insbesondere drehwinkelabhängige) Freiraumdämpfung in Abhängigkeit eines drehwinkel- und positionsabhängigen Abstands der Antenne von der Testantenne bestimmt, woraus sich bei bekannter Abstrahlcharakteristik der Antenne und konstanter Empfangsleistung Pr die jeweils für einen betrachteten Drehwinkel zu verwendende Sendeleistung an der Testantenne berechnen lässt. Die Abstrahlcharakteristik der Antenne wird hierbei insbesondere (dreh)winkelabhängig betrachtet, das heißt für einen betrachteten Drehwinkel wird jeweils ein mit dem Drehwinkel korrespondierender und aus der Abstrahlcharakteristik abgeleiteter Dämpfungswert für die Antenne verwendet. Der Abstand zwischen Testantenne und Antenne kann aus einer Antennenposition der Antenne auf dem Drehtisch und einem Drehwinkel des Drehtisches in Bezug auf die mindestens eine Testantenne bestimmt werden. Die Freiraumdämpfung kann hierbei insbesondere auch frequenz- bzw. frequenzbereichsabhängig sein.

[0024] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass zum Festlegen der Sendeleistung mindestens ein drehwinkelabhängiger Kompensationsleistungswert in Abhängigkeit einer drehwinkelabhängigen Freiraumdämpfung und einer drehwinkelabhängigen Abstrahlcharakteristik der Antenne bestimmt und verwendet wird. Hierdurch ist es möglich, eine Grundsendeleistung festzulegen, die je nach aktuellem Drehwinkel mit Hilfe des drehwinkelabhängigen Kompensationsleistungswert kompensiert bzw. korrigiert wird. Der Kompensationsleistungswert ist insbesondere auch frequenz- bzw. frequenzbereichsabhängig.

[0025] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass zum Festlegen der Sendeleistung und/oder des mindestens einen drehwinkelabhängigen Kompensationsleistungswertes ein Drehwinkel des Drehtisches und/oder der Antenne mittels mindestens eines Winkelsensors bestimmt wird. Hierdurch kann das Festlegen der Sendeleistung und/oder des mindestens einen drehwinkelabhängigen Kompensationsleistungswertes verbessert erfolgen, da der aktuelle Drehwinkel und eine Drehwinkelgeschwindigkeit direkt gemessen werden können und zum Bestimmen der Freiraumdämpfung und einer drehwinkelabhängigen Dämpfung aus der Abstrahlcharakteristik der Antenne verwendet werden können. Die Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne kann hierdurch verbessert eingestellt und konstant gehalten werden. Der mindestens eine Winkelsensor kann nach verschiedenen Prinzipien ausgestaltet sein und beispielsweise nach elektrischen, magnetischen und/oder optischen Wirkprinzipien arbeiten. Beispielsweise können Drehgeber oder Inkrementalgeber verwendet werden, die auf Grundlage von Schleifkontakten, einer photoelektrischen Abtastung und/oder einer magnetischen Ab-

tastung arbeiten. Auch die Verwendung eines Zahnradgebers ist möglich. Der Winkelsensor kann sowohl am Drehtisch als auch an anderen Positionen der Testanordnung angeordnet sein.

[0026] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der mindestens eine Winkelsensor mindestens einen Lasersensor umfasst, wobei zum Bestimmen eines Drehwinkels des Drehtisches und/oder der Antenne mittels des mindestens einen Lasersensors in regelmäßigen Drehwinkelabständen angeordnete Reflektorelemente erfasst werden. Hierbei können die Reflektorelemente beispielsweise in regelmäßigen Drehwinkelabständen an einem Umfang des Drehtisches angeordnet sein, wobei die Reflektorelemente beispielsweise nach außen weisen. Ortsfest neben dem Drehtisch ist der Lasersensor angeordnet, sodass dieser bei Drehung des Drehtisches die vorbeilaufenden Reflektorelemente erfassen kann und aus erfassten Sensordaten ein Drehwinkel und/oder eine Drehwinkeländerung und/oder Drehwinkelgeschwindigkeit abgeleitet werden kann.

[0027] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der mindestens eine Winkelsensor mindestens einen weiteren Lasersensor umfasst, wobei zum Bestimmen eines Drehwinkels mittels des mindestens einen weiteren Lasersensors ein an einem ausgezeichneten Drehwinkel angeordnetes Reflektorelement erfasst wird. Hierdurch kann ein ausgezeichneter Drehwinkel (z.B. ein Drehwinkel, der im Rahmen des Überprüfens des Funkempfängers als 0° definiert wird) erfasst werden. Im Zusammenwirken mit den anderen Winkelsensoren kann hierdurch eine Genauigkeit beim Erfassen und Bestimmen des Drehwinkels des Drehtisches und/oder der Antenne verbessert werden.

[0028] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass vor dem Prüfen zum Kalibrieren ein Testsignal mit einer festgelegten Sendeleistung erzeugt und mittels der mindestens einen Testantenne abgestrahlt wird, wobei an einer Antennenposition der Antenne des zu prüfenden Funkempfängers auf einem Drehtisch drehwinkelabhängig eine Empfangsleistung gemessen wird, und wobei die Sendeleistung für das Prüfen des Funkempfängers in Abhängigkeit der drehwinkelabhängig gemessenen Empfangsleistung festgelegt wird. Hierdurch kann die Testanordnung kalibriert werden. Hierbei lassen sich insbesondere bereits eine Antennenverstärkung der Testantenne und eine Freiraumdämpfung bestimmen und berücksichtigen. Anschließend muss zum Festlegen nur noch die Antennenverstärkung und die Abstrahlcharakteristik der Antenne bestimmt und berücksichtigt werden, um die beim Prüfen zu verwendende Sendeleistung zu bestimmen und festzulegen. Insbesondere hat die Kalibrierung den Vorteil, dass ein mit einer Antennenposition auf dem Drehtisch bei Drehung des Drehtisches variierender Abstand zwischen der mindestens einen Testantenne und der Antenne für eine Freiraumdämpfung nicht bestimmt werden muss, da das Kalibrieren die Freiraumdämpfung für jeden Drehwinkel bereits berücksichtigt. Hierdurch können Umrüst- und Messzeiten verringert werden.

[0029] Es wird ferner insbesondere auch ein Kalibrierungsverfahren zum Kalibrieren einer Testanordnung zum Prüfen eines Funkempfängers zur Verfügung gestellt, wobei ein Testsignal mit einer festgelegten Sendeleistung erzeugt und mittels mindestens einer Testantenne abgestrahlt wird, wobei an einer Antennenposition einer Antenne des mittels der Testanordnung zu prüfenden Funkempfängers auf einem Drehtisch drehwinkelabhängig eine Empfangsleistung gemessen wird, und wobei eine drehwinkelabhängige Sendeleistung für das Prüfen des Funkempfängers in Abhängigkeit der drehwinkelabhängig gemessenen Empfangsleistung festgelegt wird.

[0030] Weitere Merkmale zur Ausgestaltung der Testanordnung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausgestaltungen des Verfahrens. Die Vorteile der Testanordnung sind hierbei jeweils die gleichen wie bei den Ausgestaltungen des Verfahrens.

[0031] Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Testanordnung zum Prüfen eines Funkempfängers;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Abstrahlcharakteristik einer Antenne;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung der Funktionsweise eines als Winkelsensor verwendeten Lasersensors;

Fig. 4 ein schematisches Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des Verfahrens zum Prüfen eines Funkempfängers.

[0032] In **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Testanordnung **1** zum Prüfen eines Funkempfängers **51** gezeigt. Der Funkempfänger **51** ist in einem Kraftfahrzeug **50** angeordnet und weist eine Antenne **52** auf.

[0033] Die Testanordnung **1** umfasst einen Drehtisch **2**, drei Testantennen **3-x** und eine Steuereinrichtung **4**. Prinzipiell können auch nur eine Testantenne **3-x** oder mehr als eine Testantenne **3-x** verwendet werden.

[0034] Der Drehtisch **2** ist dazu eingerichtet, zumindest den Funkempfänger **51** zu drehen. Der Drehtisch **2** wird von der Steuereinrichtung **4** gesteuert. Im gezeigten Beispiel ist das Kraftfahrzeug **50** auf dem Drehtisch angeordnet und der Funkempfänger **51**, insbesondere die Antenne **52** des Funkempfängers **51**, wird beim Prüfen zusammen mit dem Kraftfahrzeug **50** gedreht.

[0035] Die Testantennen **3-x** sind in einem Abstand von jeweils 120° um den Drehtisch **2** angeordnet. Insbesondere werden die Testantennen **3-x** dazu verwendet, Basisstationen zu simulieren, wobei die Basisstationen eine Kommunikationsverbindung über die Antenne **52** mit dem Funkempfänger **51** aufbauen und unterhalten. Hierzu wird ein entsprechendes Testsignal erzeugt und bereitgestellt. Es ist hierbei vorgesehen, dass die Kommunikationsverbindung immer nur zwischen einer der Testantennen **3-x** und dem Funkempfänger **51** ausgebildet wird. Hierbei kann vorgesehen sein, dass die jeweils verwendete Testantenne **3-x** sich mit dem Drehwinkel des Drehtisches **2** ändert.

[0036] Die Steuereinrichtung **4** legt eine Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne **3-x** derart fest, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers **51** und/oder des Drehtisches **2** relativ zur mindestens einen Testantenne **3-x** eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne **52** des Funkempfängers **51** erzielt wird.

[0037] Zum Erzeugen und Bereitstellen des Testsignals können beispielsweise eine Breitbandtesteinrichtung **5**, beispielsweise der Wideband Radio Communication Tester vom Typ R&S CMW500 der Firma Rohde & Schwarz, Deutschland, und ein Breitbandverstärker **6**, beispielsweise vom Typ R&S BBA150 der Firma Rohde & Schwarz, Deutschland, verwendet werden. Diese werden von der Steuereinrichtung **4** gesteuert, sodass eine Sendeleistung entsprechend winkelabhängig gesteuert oder geregelt werden kann und hierdurch eine Empfangsleistung an der Antenne **52** des Funkempfängers **51** konstant gehalten werden kann.

[0038] Die Testanordnung **1** umfasst ferner ein Dämpfungsglied **7** und einen Combiner **8** (auch als Weiche bezeichnet).

[0039] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Breitbandtesteinrichtung **5** oder der Breitbandverstärker **6** die Steuereinrichtung **4** umfassen oder diese ausbilden.

[0040] Während des Prüfens des Funkempfängers **51** wird das Kraftfahrzeug **50** auf dem Drehtisch **2** gedreht, sodass ein Funkempfang bzw. die Antenne **52** von allen Seiten getestet und überprüft werden kann. Das Prüfen selbst umfasst hierbei an sich bekannte Verfahren, wie beispielsweise winkelabhängige Empfindlichkeitsmessungen, z.B. in Form eines Total Isotropie Sensitivity Measurements. Für jeden Drehwinkel bzw. jeden Drehwinkelbereich legt die Steuereinrichtung **4** hierbei die Sendeleistung an der oder den Testantennen **3-x** derart fest, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers **51** bzw. der Antenne **52** und/oder des Drehtisches **2** relativ zu der oder den Testantennen **3-x** eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne **52** des Funkempfängers **51** erzielt wird. Hierzu wird die jeweils festgelegte Sendeleistung an der Breitbandtesteinrichtung **5** entsprechend für jeden Drehwinkel oder Drehwinkelbereich eingestellt.

[0041] Es kann vorgesehen sein, dass beim Festlegen der Sendeleistung eine bekannte winkelabhängige Abstrahlcharakteristik **20** (**Fig. 2**) der Antenne **52** des Funkempfängers **51** berücksichtigt wird. Eine beispielhafte Abstrahlcharakteristik **20** ist in **Fig. 2** gezeigt. Für jeden Drehwinkel bzw. Drehwinkelbereich weist die Antenne **52** unterschiedliche Dämpfungen auf, sodass ein Signal mit konstanter Leistung an der Antennenposition drehwinkelabhängig unterschiedlich stark von der Antenne **52** gedämpft wird, was zu einer drehwinkelabhängigen Empfangsleistung des Signals führt. Darüber hinaus ist eine drehwinkelabhängige Dämpfung in der Regel zusätzlich noch von einer Frequenz bzw. einem Frequenzbereich abhängig, was in der **Fig. 2** durch die durchgezogene und die gestrichelte Linie verdeutlicht wird, welche jeweils unterschiedliche Frequenzen bzw. Frequenzbereiche abbilden. Je nach Testscenario wird die Antennencharakteristik **20** entsprechend berücksichtigt, um in Abhängigkeit eines aktuellen Drehwinkels (und einer betrachteten Frequenz) die jeweilige Sendeleistung festzulegen. Es kann hierzu vorgesehen sein, dass die Abstrahlcharakteristik **20** in einen Speicher der Steuereinrichtung **4** hinterlegt ist oder hinterlegt wird. Auf Grundlage des aus dem aktuellen Drehwin-

kel und der jeweils aktuell verwendeten Testantenne **3-x** sich ergebenden Drehwinkel, und gegebenenfalls in Abhängigkeit einer verwendeten Frequenz des Testsignals, wird aus der hinterlegten Abstrahlcharakteristik **20** dann ein Wert für die Dämpfung abgerufen und die Sendeleistung entsprechend festgelegt, um die Dämpfung zu kompensieren.

[0042] Es kann vorgesehen sein, dass die Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne **3-x** für jeden Drehwinkel derart festgelegt wird, dass gilt:

$$Pr = Pt + Gt - FSPL + (Gr + \text{Abstrahlcharakteristik der Antenne}) = \text{konstant},$$

mit Pr [dBm] der an der Antenne des Funkempfängers empfangenen Empfangsleistung, Pt [dBm] der ausgesandten Sendeleistung der mindestens einen Testantenne **3-x**, Gt [dB] der Antennenverstärkung der mindestens einen Testantenne **3-x**, $FSPL$ [dB] der Freiraumdämpfung und Gr [dB] der Antennenverstärkung der Antenne **52**. Die Freiraumdämpfung und die Abstrahlcharakteristik sind hierbei insbesondere drehwinkelabhängig. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass drehwinkelabhängige Werte für die Freiraumdämpfung und die Abstrahlcharakteristik **20** in einer Tabelle in einem Speicher der Steuereinrichtung **4** hinterlegt sind und/oder mittels einer Funktion angenähert und geschätzt werden.

[0043] Es kann vorgesehen sein, dass zum Festlegen der Sendeleistung mindestens ein drehwinkelabhängiger Kompensationsleistungswert in Abhängigkeit einer drehwinkelabhängigen Freiraumdämpfung und einer drehwinkelabhängigen Abstrahlcharakteristik **20** der Antenne **52** (**Fig. 1**) bestimmt und verwendet wird.

[0044] Es kann vorgesehen sein, dass zum Festlegen der Sendeleistung und/oder des mindestens einen drehwinkelabhängigen Kompensationsleistungswertes ein Drehwinkel des Drehtisches **2** und/oder der Antenne **52** mittels Winkelsensoren **9-x** (**Fig. 1**) bestimmt wird. Insbesondere umfasst die Testanordnung **1** die Winkelsensoren **9-x**.

[0045] Hierbei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Winkelsensor **9-1** einen Lasersensor **10** umfasst, wobei zum Bestimmen eines Drehwinkels des Drehtisches **2** und/oder der Antenne **52** mittels des Lasersensors **10** in regelmäßigen Drehwinkelabständen angeordnete Reflektorelemente **11** erfasst werden. Im gezeigten Beispiel ist der Lasersensor **10** in der Nähe des Drehtisches **2** angeordnet. Ein Strahlengang **12** einer Laserstrahlungsquelle des Lasersensors **10** ist hierbei derart angeordnet, dass die von der Laserstrahlungsquelle emittierte Laserstrahlung beim Vorbeilaufen eines Reflektorelements **11** zum Lasersensor **10** zurückgeworfen wird und von einem Lichtsensor des Lasersensors **10**, beispielsweise einer Photodiode, erfasst wird. Befindet sich bei anderen Drehwinkeln des Drehtisches **2** kein Reflektorelement **11** im Strahlengang **12**, so wird die Laserstrahlung nicht auf den Lichtsensor zurückgeworfen. Durch die Anordnung der Reflektorelemente **11** in gleichen Winkelabständen kann ein Signal erzeugt werden, aus dem sich der Drehwinkel bei bekanntem Anfangsdrehwinkel und eine Drehwinkelgeschwindigkeit bestimmen lassen.

[0046] Ein Beispiel zur Funktionsweise des Lasersensors **10** ist schematisch in der **Fig. 3** gezeigt. Die Reflektorelemente **11** sind hierbei in einem Winkelabstand von jeweils 60° zueinander angeordnet (nur zwei davon sind gezeigt und mit einem Bezugszeichen versehen). Bei konstanter Drehgeschwindigkeit des Drehtisches **2** treten die Reflektorelemente **11** in regelmäßigen Abständen in den Strahlengang **12** des Lasersensors **10** und werden von diesem erfasst. Dies erfolgt für die beiden gezeigten Reflektorelemente **11** zu den Zeitpunkten **t1** und **t2**. Bei konstanter Drehwinkelgeschwindigkeit lässt sich aus den Zeitpunkten **t1**, **t2** und dem Winkelabstand von 60° ein Zeitintervall bestimmen, in der eine Winkeländerung von 1° erfolgt:

$$\text{Zeitintervall pro Grad} = (t2 - t1) / 60^\circ$$

[0047] Sind drehwinkel aufgelöste Sendeleistungen oder drehwinkel aufgelöste Kompensationsleistungswerte mit einer Auflösung von 1° bekannt, so muss der jeweilige Wert innerhalb der bestimmten Zeit geändert werden, damit die Empfangsleistung an der Antenne konstant gehalten werden kann. Mit $t1 = 0$ und $t2 = 2$ s ergibt sich beispielsweise ein Zeitintervall pro Grad von $0,033$ s, sodass die Sendeleistung oder der Kompensationsleistungswert alle $0,033$ s geändert werden muss, damit die Empfangsleistung an der Antenne des Funkempfängers konstant bleibt.

[0048] Weiterbildend kann vorgesehen sein, dass der Winkelsensor **9-2** einen weiteren Lasersensor **13** (**Fig. 1**) umfasst, wobei zum Bestimmen eines Drehwinkels mittels des weiteren Lasersensors **13** ein an einem ausgezeichneten Drehwinkel **14** angeordnetes Reflektorelement **15** erfasst wird. Hierdurch kann der Drehwin-

kel jedes Mal kalibriert werden, wenn das Reflektorelement **15** mittels des weiteren Lasersensors **13** erfasst wird. Die Funktionsweise des weiteren Lasersensors **13** ist hierbei die gleiche wie bereits voranstehend für den Lasersensor **10** beschrieben, mit dem Unterschied, dass nur ein Reflektorelement **15** erfasst wird. Der ausgezeichnete Drehwinkel **14** ist beispielsweise als ein Drehwinkel von 0° definiert, sodass ein Wert für den bestimmten Drehwinkel jedes Mal, wenn das Reflektorelement **15** erfasst wird, auf 0° zurückgesetzt wird.

[0049] Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass eine Prüfung des Funkempfängers **51** gestartet wird, wenn nach Starten einer Drehung des Drehtisches **2** das Reflektorelement **15** an dem ausgezeichneten Drehwinkel **14** das erste (oder zweite etc.) Mal mittels des weiteren Lasersensors **13** erfasst wurde. Ausgehend von einer geschätzten Drehwinkelgeschwindigkeit und dem Erfassen der äquidistanten Reflektorelemente **11** mittels des Lasersensors **10** werden im Anschluss die nachfolgenden Drehwinkel geschätzt und zum Festlegen der Sendeleistung verwendet.

[0050] Es kann vorgesehen sein, dass vor dem Prüfen zum Kalibrieren ein Testsignal mit einer festgelegten Sendeleistung erzeugt und mittels der mindestens einen Testantenne **3-x** abgestrahlt wird, wobei an einer Antennenposition **53** der Antenne **52** des zu prüfenden Funkempfängers **51** auf dem Drehtisch **2** drehwinkelabhängig eine Empfangsleistung gemessen wird, und wobei die Sendeleistung für das Prüfen des Funkempfängers **51** in Abhängigkeit der drehwinkelabhängig gemessenen Empfangsleistung festgelegt wird. Dies kann sowohl bei bereits auf dem Drehtisch **2** angeordnetem Kraftfahrzeug **50** bzw. auf dem Drehtisch **2** angeordnetem Funkempfänger **51** und Antenne **52** als auch alternativ ohne Kraftfahrzeug **50** und Funkempfänger **51** erfolgen. In jedem Fall wird das Kalibrieren jedoch mit Bezug auf die (vorgesehene) Antennenposition **53** durchgeführt. Im Beispiel der voranstehend beschriebenen Gleichung lässt sich hierdurch für jeden Drehwinkel ein zusammengefasster Wert für Antennenverstärkung G_t der Antenne **52** und die Freiraumdämpfung FSPL bestimmen.

[0051] Es kann auch vorgesehen sein, das Kalibrieren im Rahmen eines separat von dem Verfahren ausgeführten Kalibrierungsverfahrens durchzuführen.

[0052] In Fig. 4 ist ein schematisches Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des Verfahrens zum Prüfen eines Funkempfängers gezeigt.

[0053] In einem Verfahrensschritt **100** wird ein Funkempfänger, insbesondere als Teil eines Kraftfahrzeugs, auf einem Drehtisch angeordnet.

[0054] Im Verfahrensschritt **101** wird der Drehtisch zusammen mit dem darauf angeordneten Funkempfänger gedreht, wobei ein Drehwinkel mittels eines Winkelsensors bestimmt wird und daher jederzeit bekannt ist oder geschätzt werden kann.

[0055] In einem Verfahrensschritt **102** wird ein Testsignal erzeugt und mittels mindestens einer Testantenne an die Antenne des Funkempfängers übermittelt. Inhaltlich wird das Testsignal hierbei in Abhängigkeit von einer durchzuführenden Prüfung des Funkempfängers gewählt (z.B. Total Isotropy Sensitivity Measurement).

[0056] Im Rahmen des Verfahrensschritts **102** werden die Verfahrensschritte **103** bis **104** ausgeführt.

[0057] Im Verfahrensschritt **103** wird ein aktueller Drehwinkel von dem Winkelsensor abgefragt. Im Verfahrensschritt **104** wird in Abhängigkeit des abgefragten Drehwinkels eine Sendeleistung des Testsignals an der Testantenne festgelegt und/oder ein Kompensationsleistungswert bestimmt und festgelegt. Im Verfahrensschritt **105** wird das Überprüfen des Funkempfängers unter Benutzung der festgelegten Sendeleistung bzw. des bestimmten und festgelegten Kompensationsleistungswertes durchgeführt. Im Verfahrensschritt **106** wird überprüft, ob bereits alle Drehwinkel (ggf. mehrmals) durchlaufen wurden. Ist dies nicht der Fall, so werden die Verfahrensschritte **103** bis **106** für weitere (nachfolgende) Drehwinkel wiederholt.

[0058] Sind hingegen alle Drehwinkel (ggf. mehrmals) durchlaufen, so wird das Verfahren beendet und ein drehwinkelabhängiges Überprüfungsergebnis wird in einem Verfahrensschritt **107** bereitgestellt. Beim Prüfen des Funkempfängers wurde unabhängig vom Drehwinkel eine konstante Empfangsleistung an der Antenne erzielt, sodass der Funkempfänger für alle Richtungen unter gleichen Bedingungen getestet wurde.

Bezugszeichenliste

1	Testanordnung
2	Drehtisch
3-x	Testantenne
4	Steuereinrichtung
5	Breitbandtesteinrichtung
6	Breitbandverstärker
7	Dämpfungsglied
8	Combiner (Weiche)
9-x	Winkelsensor
10	Lasersensor
11	Reflektorelement
12	Strahlengang
13	weiterer Lasersensor
14	ausgezeichneter Drehwinkel
15	Reflektorelement
20	Abstrahlcharakteristik
50	Kraftfahrzeug
51	Funkempfänger
52	Antenne
53	Antennenposition
t1	Zeitpunkt
t2	Zeitpunkt
100-107	Verfahrensschritte

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen eines Funkempfängers (51), wobei der Funkempfänger (51) auf einem Drehtisch (2) angeordnet und gedreht wird, wobei ein Testsignal erzeugt und mittels mindestens einer Testantenne (3-x) an eine Antenne (52) des Funkempfängers (51) übermittelt wird, und wobei eine Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne (3-x) derart festgelegt wird, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers (51) und/oder des Drehtisches (2) relativ zur mindestens einen Testantenne (3-x) eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne (52) des Funkempfängers (51) erzielt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Festlegen der Sendeleistung eine bekannte winkelabhängige Abstrahlcharakteristik (20) der Antenne (52) des Funkempfängers (51) berücksichtigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne (3-x) für jeden Drehwinkel derart festgelegt wird, dass gilt:

$$Pr = Pt + Gt - FSPL + (Gr + \text{Abstrahlcharakteristik}(20) \text{ der Antenne}(52)) = \text{konstant},$$

mit

Pr [dBm] der an der Antenne (52) des Funkempfängers (51) empfangenen Empfangsleistung,

Pt [dBm] der ausgesandten Sendeleistung der mindestens einen Testantenne (3-x),
Gt [dB] der Antennenverstärkung der mindestens einen Testantenne (3-x),
FSPL [dB] der Freiraumdämpfung und
Gr [dB] der Antennenverstärkung der Antenne (52).

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Festlegen der Sendeleistung mindestens ein drehwinkelabhängiger Kompensationsleistungswert in Abhängigkeit einer drehwinkelabhängigen Freiraumdämpfung und einer drehwinkelabhängigen Abstrahlcharakteristik (20) der Antenne (52) bestimmt und verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Festlegen der Sendeleistung und/oder des mindestens einen drehwinkelabhängigen Kompensationsleistungswertes ein Drehwinkel des Drehtisches (2) und/oder der Antenne (52) mittels mindestens eines Winkelsensors (9-x) bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Winkelsensor (9-x) mindestens einen Lasersensor (10) umfasst, wobei zum Bestimmen eines Drehwinkels des Drehtisches (2) und/oder der Antenne (52) mittels des mindestens einen Lasersensors (10) in regelmäßigen Drehwinkelabständen angeordnete Reflektorelemente (11) erfasst werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Winkelsensor (9-x) mindestens einen weiteren Lasersensor (13) umfasst, wobei zum Bestimmen eines Drehwinkels mittels des mindestens einen weiteren Lasersensors (13) ein an einem ausgezeichneten Drehwinkel (14) angeordnetes Reflektorelement (15) erfasst wird.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Prüfen zum Kalibrieren ein Testsignal mit einer festgelegten Sendeleistung erzeugt und mittels der mindestens einen Testantenne (3-x) abgestrahlt wird, wobei an einer Antennenposition (53) der Antenne (52) des zu prüfenden Funkempfängers (51) auf einem Drehtisch (2) drehwinkelabhängig eine Empfangsleistung gemessen wird, und wobei die Sendeleistung für das Prüfen des Funkempfängers (51) in Abhängigkeit der drehwinkelabhängig gemessenen Empfangsleistung festgelegt wird.

9. Testanordnung (1) zum Prüfen eines Funkempfängers (51), umfassend:
einen Drehtisch (2), eingerichtet zum Drehen zumindest des Funkempfängers (51), mindestens eine Testantenne (3-x), eingerichtet zum Erzeugen und Übermitteln eines Testsignals an eine Antenne (52) des Funkempfängers (51),
eine Steuereinrichtung (4), wobei die Steuereinrichtung (4) dazu eingerichtet ist, eine Sendeleistung an der mindestens einen Testantenne (3-x) derart festzulegen, dass unabhängig von einem Drehwinkel des Funkempfängers (51) und/oder des Drehtisches (2) relativ zur mindestens einen Testantenne (3-x) eine konstante Empfangsleistung des Testsignals an der Antenne (52) des Funkempfängers (51) erzielt werden kann.

10. Kalibrierungsverfahren zum Kalibrieren einer Testanordnung (1) zum Prüfen eines Funkempfängers (51), wobei ein Testsignal mit einer festgelegten Sendeleistung erzeugt und mittels mindestens einer Testantenne (3-x) abgestrahlt wird,
wobei an einer Antennenposition (53) einer Antenne (52) des mittels der Testanordnung (1) zu prüfenden Funkempfängers (51) auf einem Drehtisch (2) drehwinkelabhängig eine Empfangsleistung gemessen wird, und wobei eine drehwinkelabhängige Sendeleistung für das Prüfen des Funkempfängers (51) in Abhängigkeit der drehwinkelabhängig gemessenen Empfangsleistung festgelegt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

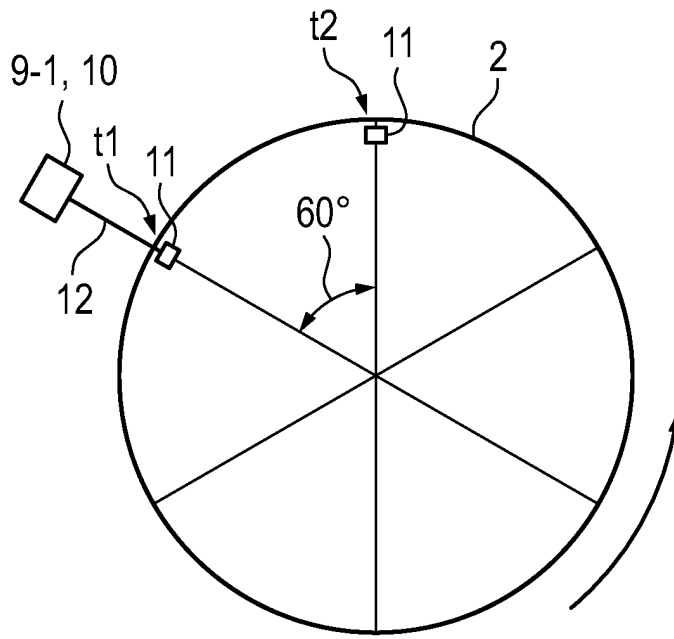


Fig. 3

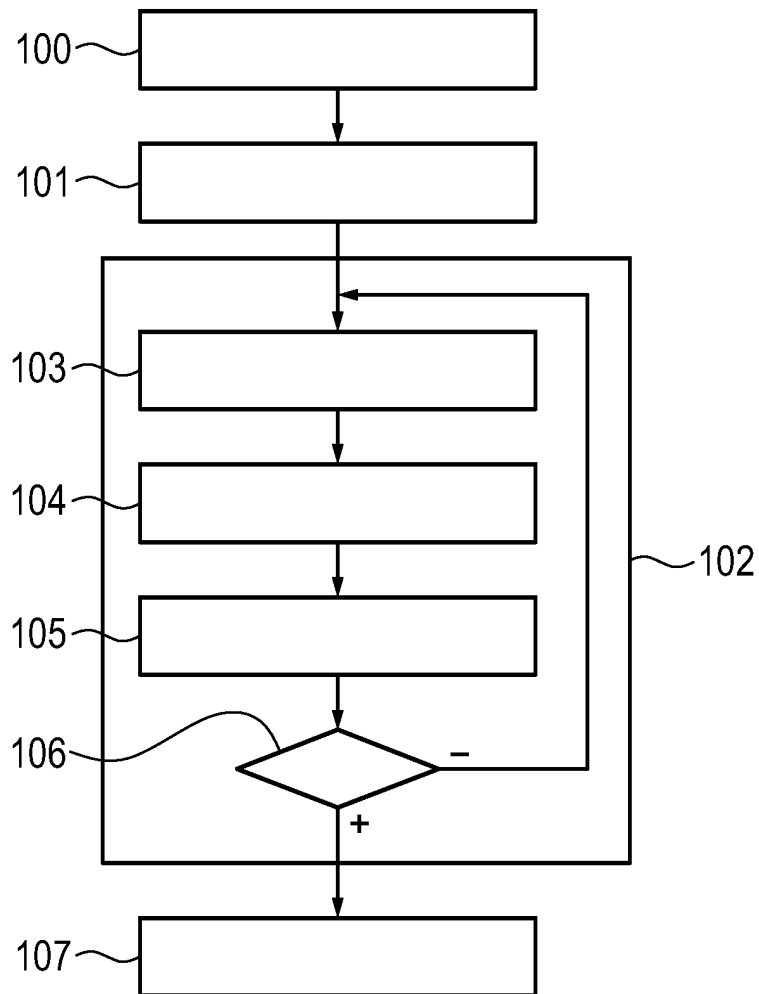


Fig. 4