



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 057 701 A1 2009.06.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 057 701.1

(22) Anmeldetag: 30.11.2007

(43) Offenlegungstag: 04.06.2009

(51) Int Cl.⁸: **G01B 7/14** (2006.01)

G01V 3/08 (2006.01)

G01S 13/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

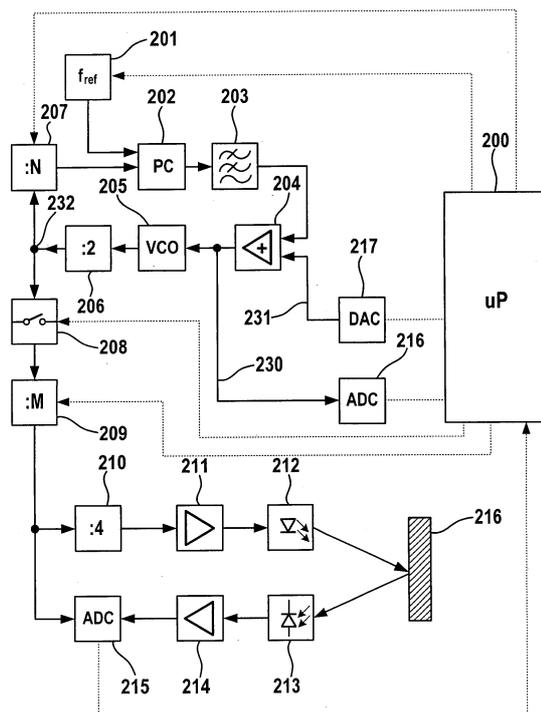
(72) Erfinder:

Wolf, Peter, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE; Skultety-Betz, Uwe, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE; Renz, Kai, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE; Braun, Andreas, 70736 Fellbach, DE; Haase, Bjoern, 70184 Stuttgart, DE; Stierle, Joerg, 71111 Waldenbuch, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Messgerätes sowie Messgerät**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben eines Messgerätes, insbesondere eines Entfernungsmessgerätes oder eines Ortungsgerätes, mit einer Messelektronik, die bei verschiedenen Betriebsfrequenzen im Hochfrequenzbereich betrieben wird. Es wird vorgeschlagen, dass zum Zweck der Reduktion der Funk-Störemissionen die Gesamt-Betriebsdauer während eines Messvorgangs des Messgerätes auf viele Messfrequenzen verteilt wird, wobei die Betriebsdauer bei einer einzelnen Frequenz minimiert wird und die bei den Einzel-frequenzen erhaltenen Einzel-Messwerte zwecks der Verringerung der Messunsicherheit zu einem Gesamt-Messwert zusammengefasst werden.



Beschreibung

Stand der Technik

Offenbarung der Erfindung

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben eines Messgerätes beispielsweise einem Entfernungsmessgerät oder einem Ortungsgerät, bei dem intern hochfrequente Arbeitssignale verwendet, die prinzipiell eine potentielle Quelle von Funkstörungen bei den relevanten Arbeitsfrequenzen darstellt.

[0002] Es sind Messgeräte bekannt, die zur Messung einer Entfernung zu einem Messobjekt eine Lichtquelle in ihrer Amplitude mit einer Messfrequenz modulieren. Dieses Messsignal wird nach Reflexion an dem Messobjekt vom Messgerät wieder empfangen und zur Bestimmung der Entfernung zwischen dem Messgerät und dem Messobjekt verarbeitet. Weiterhin sind beispielsweise aus der EP 1 478 949 A1 Ortungsgeräte mit kapazitiven Nahfeldsensoren bekannt, welche in der Umgebung von Sensorelektroden elektrische Felder bei mehreren Messfrequenzen erzeugen und auf der Basis der bei diesen Messfrequenzen bestimmten elektrischen Verkopplung zwischen den Sensorelektroden, insbesondere der Phasenlage der kapazitiven Verkopplung, auf das Vorhandensein und die Entfernung (bzw. in diesem Falle die Tiefe) eines dielektrischen Objekts schließen.

[0003] Die zweckmäßigen Arbeitsfrequenzen derartiger Messgeräte liegen oberhalb von einigen MHz, beispielsweise im Bereich von 300 MHz – 1 GHz oder 2 GHz bis 3 GHz.

[0004] Bei unzureichender Abschirmung sind diese Geräte somit potentielle Funkstörer. Dabei wird Störstrahlung potentiell nicht nur bei der Arbeitsfrequenz selbst generiert. Vielmehr stellen auch alle intern im Gerät zur Funktion genutzten Signalfrequenzen potentielle Störer dar.

[0005] Den genannten Geräten ist gemeinsam, dass sie bei der Durchführung der Messung bezüglich der Arbeitsfrequenz in weiten Grenzen flexibel sind. Diese Arbeitsfrequenz kann beispielsweise durch Verwendung eines spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) und einer Phasenregelschleife (PLL) in Vielfachen einer Grundfrequenz flexibel wählbar sein.

[0006] Eine typische Eigenschaft der für diese Erfindung relevanten Messgeräte besteht weiterhin darin, dass die im Messgerät erfasste Messgröße mit verfälschenden Störsignalen überlagert ist, beispielsweise Rauschen, und zur Bestimmung einer störbefreiten Messgröße eine gewisse minimale Messdauer

er benötigt wird. Diese minimale Messdauer ist erforderlich, um eine ausreichend lange Mittelung der Messgrößen durchführen zu können oder um eine ausreichend frequenzscharfe Bandpassfilterung zu erzielen, mit dem Ziel die Rauschbandbreite zu verringern. Als direkte Konsequenz ergibt sich dann, dass die Dauer des Messprozesses technisch nicht beliebig verkürzt werden kann. Die potentiell Funkstörungen verursachenden elektrischen Signale müssen zur ordnungsgemäßen Funktion des Messgeräts somit eine gewisse Mindestdauer aktiv geschaltet sein.

[0007] Die für die Mindestmessdauer maßgeblichen Störsignale (wie beispielsweise Rauschspannungen), die das Messergebnis des Gerätes negativ beeinflussen, werden im Sinne dieser Anmeldeschrift im Folgenden als Fehlersignale bezeichnet werden, damit keine Gefahr der Verwechslung mit Funkstörungen erfolgt, d. h. mit denjenigen Signalen bei denen das Messgerät selbst unabhängig von Anzeigefehlern z. B. den Radioempfang stört.

Vorteile der Erfindung

[0008] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben eines Messgerätes bzw. von einem Messgerät, insbesondere einem Entfernungsmessgerät oder Ortungsgerät, welches prinzipbedingt intern hochfrequente Arbeitssignale im Bereich von ca. 0,3 bis 3 GHz verwenden.

[0009] Ein Kern der Erfindung besteht in der Erkenntnis, dass das Störpotential des Messgeräts dadurch stark reduziert werden kann, dass ein Vielfrequenz-Betriebsmodus gewählt wird, welches die Anzahl der Frequenzen massiv erhöht, mit dem Ziel, die Betriebsdauer bei einer einzelnen Arbeitsfrequenz drastisch zu verkürzen. Es wird daher vorgeschlagen, dass die elektronische Schaltung des Gerätes derart ausgestaltet ist und angesteuert wird, dass die Betriebsdauer der Messeinheit bei einer ausgewählten Arbeitsfrequenz bewusst minimiert wird, mit dem Ziel, die aufgrund der Verwendung des internen Arbeitssignals in der Umgebung der Arbeitsfrequenz abgestrahlte elektrische Störenergie zu minimieren. Dabei wird die elektronische Schaltung zur Erzeugung und Verarbeitung der Arbeitsfrequenzen in erfindungsgemäßer Weise auf das für die Bewertung der gesetzlichen Zulassungsfähigkeit des Störpotentials derartiger Messgeräte verwendete, normierte Messverfahren hin optimiert.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Messung einer Messgröße L, insbesondere ein Verfahren zur Bestimmung einer Entfernung L eines Zielobjektes zu einem Messgerät oder zur Bestimmung einer Einschusstiefe L eines Objektes in einem Medium, führt zur Ermittlung der Messgröße L während einer Gesamtmesszeit T mehrere Messungen der Mess-

größe L_n mit unterschiedlichen Arbeitsfrequenzen f_n durch. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Gesamtmessdauer T zur Ermittlung der Messgröße L auf eine Vielzahl n von Einzelmessungen L_n bei Arbeitsfrequenzen f_n mit Einzel-Betriebsdauern T_n , aufgeteilt wird. Die jeweilige Einzel-Betriebsdauer T_n für eine Messung bei der Frequenz f_n wird erfindungsgemäß derart minimiert, dass ein zeitlich integrierter Störpegel, den das Messsignal der Frequenz f_n in einem Frequenzintervall $f_{\text{Stör}} \pm \frac{1}{2} \times \Delta F_{\text{BP}}$ erzeugt, einen vorgebbaren Grenzwert nicht überschreitet.

[0011] Wichtig für das erfindungsgemäße Verfahren ist eine soweit wie möglich auf ein Minimum reduzierte Betriebsdauer der Schaltung bei möglichst jeder der einzelnen Betriebsfrequenzen. Bei dem erfindungsgemäßen Messgerät wird die Anzahl der Messfrequenzen massiv erhöht, beispielsweise auf eine Anzahl in der Größenordnung von 50. Da die Messungsgenauigkeit im Wesentlichen durch die Gesamtmessdauer T zur Ermittlung der Messgröße L bestimmt wird, können die Einzelmessdauern T_n bei den jeweiligen Messfrequenzen deutlich reduziert werden. Die Verweilzeit innerhalb einer Messung bei einer Einzelfrequenz beträgt dann bei einer Gesamt-Messdauer von 100 ms nur noch zwei Millisekunden. Bei der daraus resultierenden Bewertung als kurzzeitige Störung sind dann erheblich höhere Abstrahlungs-Störpegel zulässig.

[0012] Da aufgrund der Vielzahl der Frequenzen ein häufiger Frequenzwechsel erforderlich ist, ist es bei dem zugrunde liegenden Vielfrequenzverfahren geboten, die Einschwingdauer des Phasenregelkreises weitgehend zu minimieren.

[0013] Der Regelkreis ist dann eingeschwungen, wenn die Steuerspannung des VCO ihren Endwert erreicht hat. In vorteilhafter Weise wird für jede der genutzten Frequenzen die erforderlichen Steuerspannung vermessen. Der Mikroprozessor kann diese Spannung dann tabellieren. Liegt diese Tabelle für alle Frequenzen vor, kann der Mikroprozessor bei einem Frequenzwechsel, die sich nach dem Einschwingen ergebende Steuerspannung mit Hilfe beispielsweise eines Umsetzers und eines Summierverstärkers direkt in den VCO einspeisen. Mit diesem Verfahren kann dann die Einschwingdauer des Systems stark reduziert werden.

[0014] Das Unterdrücken der Störstrahlung während der Einschwingphase der Frequenzsynthese zur Erzeugung der Arbeitsfrequenzen ist dann besonders effektiv, wenn die Frequenzsynthese, insbesondere der beteiligte Phasenregelkreis und der spannungsgesteuerte Oszillator auf einem integrierten Schaltkreis monolithisch integriert sind. Teiler oder Schaltmittel können dann effektiv verhindern, dass potentiell problematische Frequenzsignale den integrierten Schaltkreis verlassen.

[0015] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann der für die Zulassungsfähigkeit eines Messgerätes relevante Störfeldpegel, den das Messgerät in bestimmten Frequenzbändern erzeugt, insbesondere durch zwei Maßnahmen vorteilhaft weiter reduziert werden. Beide nachfolgend aufgeführten Verfahren können dabei sowohl einzeln, als auch in Kombination genutzt werden, um das Störpotential des Messgeräts zu reduzieren.

[0016] In vorteilhafter Weise, besitzen die erzeugten Einzelfrequenzen f_n einen Relativabstand Δf_{nm} zueinander, der größer ist, als das ein vorgegebenes Frequenzfenster ΔF_{BP} , welches typischerweise eine Größe im Bereich von 150 kHz hat, und beispielsweise dem durch eine Abstrahlungsnorm für elektrische Messgeräte gemäß Bandpassfilter entspricht. Durch geeignete Wahl des Frequenzteilers und geeignete Vorgabe der Basisfrequenz kann das sichergestellt werden. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass mehrere Arbeitsfrequenzen in das das Störpotential ermittelnde Frequenzband fallen.

[0017] Durch eine nur kurzzeitig aktivierte Freigabe des Takts der Frequenzsynthese für Erzeugung der Arbeitsfrequenzen, bzw. die bewusste Verstimmung der Frequenz kann es gelingen, die Dauer der Störemission auf die für die Messung genutzte Zeit zu reduzieren und eine Abstrahlung insbesondere während der Umschaltung auf eine neue Messfrequenz zu reduzieren, bzw. ganz zu unterdrücken. In vorteilhafter Weise kann das Ausgangssignal eines Phasenregelkreises der Frequenzerzeugungselektronik mittels eines Schaltmittels dabei aktiviert bzw. deaktiviert werden. In einem vorteilhafter Ausführungsbeispiel können entsprechende Mittel vorgesehen sein, die es gestatten, die Arbeitsfrequenzen f_n der Messelektronik mittels eines Frequenzteilers in einen niederen Frequenzbereich zu verschieben, um somit das Störpotential im vorgegebenen zu verringern.

[0018] In vorteilhafter Weise weist die Messelektronik des erfindungsgemäßen Messgerätes einen Phasenregelkreis mit einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) und einem Steuersignal für den Oszillator auf, wobei das Steuersignal des Oszillators mit einem Korrektursignal direkt beeinflussbar ist, um eine entsprechende Frequenzmodulation zu erzeugen.

[0019] Durch die Frequenzmodulation der Arbeitsfrequenz (Dreieck-förmige oder Sinus-förmige Frequenzrampe am Eingang des die Arbeitsfrequenzen erzeugenden Oszillators) wird die Verweildauer der Abstrahlungsfrequenz des Geräts in dem vorgegebenen Frequenzfenster von ca. 150 kHz, insbesondere in dem für die Funkentstörn norm relevanten Frequenzfenster deutlich reduziert.

[0020] Dabei kann insbesondere die Ausgangsfre-

quenz der Phasenregelschleife der Messelektronik mittels dieses Korrektursignals über eine Periode der Zeit T_M periodisch moduliert wird.

[0021] In vorteilhafter Weise wird die Betriebsdauer T_n bei der Arbeitsfrequenz f_n gleich der Periodendauer T_M oder einem ganzzahligen Vielfachen $z \times T_M$ dieser Periodendauer gewählt.

[0022] Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen können die Anforderungen an elektrische Abschirmungen zur Funkentstörung des Messgerätes reduziert werden. Insbesondere ist es möglich, weitgehend auf metallische Abschirm-Käfige, Funkentstör-Bauelemente wie Entstörkondensatoren und Hochfrequenzdrosselspulen zu verzichten. Dies eröffnet im Gegenzug weitergehende Freiheiten bei der Auslegung der mechanischen Gehäuse, die mit dieser Erfindung kompakter oder aus anderen Werkstoffen realisiert werden können. Beispielsweise kann mit Hilfe der Erfindung der Bauraum, der üblicherweise durch metallische Abschirm-Käfige belegt würde anders genutzt werden.

[0023] Der nun mögliche Verzicht auf Maßnahmen zur Störunterdrückung ist weiterhin in der Regel mit signifikant reduzierten Kosten verbunden.

[0024] Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Messgerätes ergeben sich aus den nachfolgenden Zeichnungen sowie der zugehörigen Beschreibung.

Zeichnung

[0025] In der nachfolgenden Zeichnung ist ein erfindungsgemäßes Messgerät dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

[0026] Es zeigen:

[0027] [Fig. 1](#) das für die Bewertung der Zulassungsfähigkeit des Störpotentials eines Gerätes verwendete normgemäße Messverfahren,

[0028] [Fig. 2](#) ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Entfernungsmessgerätes in einem elektrischen Prinzipschaltbild,

[0029] [Fig. 3](#) ein Ausführungsbeispiel des Ablaufplans des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

[0030] Zur Beschreibung der Erfindung wird zunächst nochmals die mit Hilfe der Erfindung zu lösende technische Aufgabe detailliert beschrieben. Insbe-

sondere wird dabei in [Fig. 1](#) auf die zur Bewertung des Störpotentials eines Messgerätes relevanten, normierten Messabläufe eingegangen.

[0031] Im Anschluss daran ([Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)) wird ausgeführt, mit welchen Konstruktionsmerkmalen und Auswerteverfahren erfindungsgemäß ein Messgerät realisiert werden kann, welches bei gleicher Messleistung ein reduziertes Funkstörpotential aufweist.

[0032] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, das elektrische Störpotential eines Messgerätes bei unveränderter Messleistung zu reduzieren. Zum Verständnis der Erfindung ist daher in einem ersten Schritt das Wissen erforderlich, wie die Bewertung der Zulässigkeit des Störpotentials eines beliebigen elektrischen Gerätes in den relevanten Normen durchgeführt wird.

[0033] Zur Bewertung der Funkstörungen wird dabei das auf Störaussendungen zu prüfende Gerät in eine Messkammer gebracht, in der sich in einem normgemäß vorgegebenen Abstand (z. B. 10 m) eine Messantenne befindet. Die an der Messantenne abgegriffenen Spannungen gestatten, auf die am Ort der Messantenne befindlichen Störfeldstärken zurück zu schließen.

[0034] Dabei ist für die Bewertung des Störpotentials jedoch nicht direkt der Spannungspegel maßgeblich, der sich an der in der Messkammer befindlichen Messantenne abgreifen lässt. D. h. nicht die an der Messantenne bestimmte elektrische Feldstärke ist entscheidend. Vielmehr werden die an der Messantenne abgegriffenen Spannungen einer Signalverarbeitungskette zugeführt. Erst die am Ende dieser Verarbeitungskette erhaltenen Signale werden für die Bewertung der Zulässigkeit der Störpegel des zu prüfenden Gerätes herangezogen und zu diesem Zweck mit Maximalamplituden verglichen, die im Text der Norm für die jeweiligen Frequenzbänder vorgegeben sind.

[0035] [Fig. 1](#) zeigt schematisiert den Messablauf zur Ermittlung des Störpotentials bei einer Frequenz f_0 eines elektrischen Gerätes gemäß der üblichen Funkentstör-Normen, z. B. EN 55022.

[0036] Die an der Messantenne abgegriffenen Signalpegel werden zunächst einem Bandpassfilter **102** zugeführt, welches eine Bandbreite von beispielsweise 100 kHz aufweist. Das sich am Ausgang dieses Filters **102** ergebende Signal wird im nächsten Schritt einem sogenannten „Quasi-Peak“-Detektor **103** zugeführt, welcher aus einem Gleichricht-Element und einem mittelnden RC-Netzwerk besteht. Die Aufgabe dieses „Quasi-Peak“-Detektors besteht darin, das Störpotential von bei der Frequenz f_0 nur kurzfristig vorhandenen Störpegeln geringer zu bewerten als

Störsignale, welche während einer längeren Dauer in der Umgebung der Frequenz f_0 präsent sind. Dies erfolgt dadurch, dass der Kondensator aus dem Ersatzschaltbild des Quasi-Peak-Detektors **103** aufgrund des Vorwiderstands R_1 bei einer nur kurzzeitig am Eingang anliegenden Wechselspannung nur auf einen geringeren Spannungspegel aufgeladen wird, als bei einer permanent anliegenden Wechselspannung.

[0037] Das sich am Ausgang dieses Quasi-Peak-Detektors ergebende Messsignal wird an eine Anzeige-Bewertungsstufe **104** weitergegeben, welche die Trägheit eines konventionellen Drehspul-Anzeigeelements simuliert. Näherungsweise kann die Trägheit eines solchen Messgerätes durch die sich am Ausgang eines RLC-Filters ergebenden Spannungspegel berücksichtigt werden.

[0038] Erst die sich am Ausgang der Anzeige-Bewertungsstufe **104** ergebenden Spannungspegel bilden die Basis für die Bewertung der Störpegel und somit für die Zulässigkeit der Störaussendung eines zu prüfenden elektrischen Gerätes. D. h. die am Ausgang der Stufe **104** abgegriffenen Spannungen werden bestimmt und in einer Bewertungs-Stufe **105** mit einem normgemäß zulässigen Maximalwert verglichen. Unterschreitet die am Ausgang der Anzeige-Bewertungsstufe **104** abgegriffene Spannung den normgemäß zulässigen Wert bei allen in der Norm angegebenen Frequenzen f_0 , darf das geprüfte elektrische Gerät bezüglich der Funkstör-Vorschriften in Verkehr gebracht werden.

[0039] Die Intention des in [Fig. 1](#) skizzierten normgemäßen Prüfablaufs besteht darin, durch die Messvorschrift (d. h. insbesondere durch die Einführung eines Quasi-Peak-Detektors und einer trägen Anzeige-Bewertungsstufe) zu berücksichtigen, dass das Störpotential, z. B. das Störpotential für Radio- oder Fernsehempfang, weitaus geringer ist, wenn die bei der Frequenz f_0 präsente Störung nur temporär, d. h. für kurze Zeiten vorhanden ist.

[0040] Der Kern der Erfindung besteht nun darin, das erfindungsgemäße Messgerät so zu konstruieren, dass (trotz der aufgrund der Fehlersignale notwendigen Mindestmesszeit) die Betriebsdauer bei einer einzelnen Arbeitsfrequenz so weit verringert werden kann, dass das Störpotential durch Abstrahlung elektrischer Felder durch die nur kurze Betriebsdauer bei dieser Frequenz gering genug ist, um eine Funkstörung anderer Geräte auszuschließen.

[0041] [Fig. 2](#) zeigt in einem Prinzip-Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Messgerätes. Im Ausführungsbeispiel der [Fig. 2](#) handelt es sich bei dem erfindungsgemäßen Messgerät um ein Gerät zur Bestimmung des Abstands des Messgerätes zu einem, in unbekannter Distanz be-

findlichen Messobjekt, also um ein Entfernungsmessgerät, insbesondere um einen elektro-optischen Entfernungsmesser.

[0042] Zu diesem Zweck enthält das Messgerät eine Lichtquelle, beispielsweise eine Laserdiode (**212**) und einen Photodetektor, z. B. eine Photodiode (**213**). Die optische Leistung der Laserdiode wird mit einer hohen Frequenz f amplitudenmoduliert. Der Photodetektor (**213**) detektiert einen Teil des von einem zu vermessenden Zielobjekt (**216**) zurückgeworfenen Lichts. Für die Bestimmung der Entfernung wird dabei ausgenutzt, dass das empfangene Licht durch Laufzeit mit der Lichtgeschwindigkeit c eine Phasenverschiebung $\phi = 4\pi fL/c$ erfährt, welche mit der Entfernung L zwischen Messgerät und Zielobjekt (**216**) variiert.

[0043] Das optisch im Detektor (**213**) empfangene Signal wird zu diesem Zweck zunächst phasenaufgelöst in einer Auswerteschaltung vermessen. Zu diesem Zweck kann z. B. ein Messverstärker (**214**) und ein Analog-Digital-Umsetzer (**215**) verwendet werden.

[0044] Wie eine modulierte Lichtemission und eine phasenaufgelöste Messung des Empfangssignals realisiert werden kann, ist schematisch in [Fig. 2](#) aufgezeigt.

[0045] Das Messgerät wird dabei zweckmäßiger Weise von einer digitalen Logik (**200**), beispielsweise durch einen Mikroprozessor oder eine Logikschaltung, gesteuert, welche an die übrigen Schaltungsblöcke mittels digitaler Datensignale angeschlossen ist.

[0046] Der Prozessor (**200**) steuert zunächst eine Frequenzsyntheschaltung, welche u. a. die Modulationsfrequenzen für den Lichtemitter (**212**) generieren soll.

[0047] Diese Frequenzsyntheschaltung enthält einen Phasenregelkreis, welcher an seinem Ausgangs-Frequenzhalbierer (**206**) ein Vielfaches N einer bereitgestellten Basisfrequenz f_{ref} generiert. Dieser Phasenregelkreis besteht zweckmäßig aus einem symmetrisierenden Frequenzhalbierer (**206**), an dessen Ausgang das Ergebnissignal der Frequenzsynthese abgegriffen werden kann, einem spannungsgesteuerten Oszillator (**205**), einem Frequenzteiler (**207**), einem Phasenkomparator (**202**) sowie einem Schleifenfilter (**203**). Dabei steuert der Pegel des am Ausgang des Schleifenfilters anliegenden Analogsignals die Frequenz des Oszillators (**205**).

[0048] Der Prozessor (**200**) kann über digitale Steuersignale dabei den Divisorwert N des Frequenzteilers (**207**) modifizieren und auf diesem Wege den Wert der Synthesefrequenz kontrollieren. Um die Ein-

schwingdauer des Phasenregelkreises bei Frequenzumschaltung, d. h. bei Veränderung des Divisors N, zu reduzieren, hat der Mikroprozessor (200) die Möglichkeit, das für einen Divisorwert N erforderliche Stellsignal des VCO (205) mittels eines Analog-Digital-Umsetzers (ADC) (216) zu vermessen. Mittels eines Digital-Analog-Umsetzers (DAC) (217) kann dieses Signal derart in einem Summationsverstärker (204) mit dem Ausgang des Schleifenfilters (203) verknüpft werden, dass das Schleifenfilter lediglich geringe Korrekturen vornehmen muss. Mit diesem Vorgehen ist es möglich, die erforderliche Einschwingdauer des Regelkreises nach Veränderung des Divisorwertes N zu verringern.

[0049] Über ein digital ansteuerbares Schaltmittel (208) kann das synthetisierte Frequenzsignal an einen weiteren steuerbaren Frequenzteiler (209) mit Divisor M weitergegeben werden. Das Ausgangssignal dieses Frequenzteilers (209) wird als Triggersignal verwendet um flankensynchron die Umsetzung des am Ausgang des Messverstärkers (214) anliegenden Analogsignals zu ermöglichen.

[0050] Das Ausgangssignal des Frequenzteilers (209) wird ebenso einem weiteren Frequenzteiler (210) zugeführt, der die Frequenz um den Faktor 4 reduziert und mit seinem Ausgangssignal eine Treiberstufe (211) ansteuert, welche das Modulationssignal der Laserdiode generiert. Die Frequenz des von der Ansteuerstufe (211) erzeugten Modulationssignals wird im Folgenden als Modulationsfrequenz bezeichnet. Die modulierte Ansteuerung generiert eine zeitlich modulierte Intensität des vom Laser (212) abgestrahlten Lichtes.

[0051] Die Intensität des am Photodetektor (213) empfangenen Lichts setzt sich dann aus einem gewissen Bruchteil des modulierten Laserlichts, einer konstanten Komponente I_0 und einer Rauschkomponente $R(t)$ zusammen und hat als Funktion der Zeit t prinzipbedingt den folgenden Zeitverlauf

$$I(t) = I_m \cos(2\pi f t + \phi) + I_0 + R(t)$$

[0052] Die Phasenverschiebung ϕ wird dabei durch die Laufzeit des Lichts zum Target verändert.

[0053] Die optisch empfangene Intensität wird in einem Verstärker (214) verarbeitet und dem Analog-Digital-Umsetzer (215) zugeführt.

[0054] Dadurch, dass der Umsetzer (215) im Empfangspfad mit der vierfachen Modulationsfrequenz des Emitters betrieben wird, ist es möglich, mittels digitaler Signalaufbereitung, aus den 4 einzelnen pro Modulationsperiode umgesetzten Signalwerten auf den Phasenwinkel ϕ des auf der Photoempfängers (213) einfallenden Lichtes zurück zu schließen und in einem nächsten Schritt bis auf eine konstante Orts-

komponente X die Distanz L zwischen Messgerät und Zielobjekt (216) zu bestimmen.

[0055] Dazu kann der Zusammenhang $L = X + \phi c / (4\pi f)$ verwendet werden.

[0056] Details zu den Auswerteverfahren, welche gestatten, den Phasenwinkel auf der Basis von 4 synchron digitalisierten Messwerten zu ermitteln sind z. B. in der EP 1 540 374 A1 genauer ausgeführt, auf die an dieser Stelle verwiesen sein soll.

[0057] Die konstante Orts-Offsetkomponente X wird beispielsweise durch Phasenverschiebungen generiert, wie sie in der Praxis durch die Ansteuerschaltung (211) oder die Laserdiode verursacht werden. X kann beispielsweise durch Verwendung einer mechanischen Umlenkeinheit sowie einer geräteinternen Referenzstrecke in einer Kalibrierungsmessung vor der eigentlichen Messung bestimmt werden. Zu diesem Zweck kann das Licht mittels der Umlenkeinheit direkt auf den Photodetektor (213) umgelenkt werden, ohne dass das Licht das Zielobjekt (216) erreicht. Da die vom Licht über die Referenz-Umlenkeinheit zurückgelegte Wegstrecke L_{ref} bekannt ist, kann eine Messung der Phase ϕ_{ref} bei Nutzung der Referenz-Umlenkeinheit durchgeführt werden und der unbekannte Ortsoffset X anhand des Zusammenhangs

$$X = L_{ref} - \phi_{ref} c / (4\pi f)$$

bestimmt und im Folgenden als bekannt vorausgesetzt werden.

[0058] Die Unsicherheit ΔL der Bestimmung des Orts

$$L = X + \phi c / (4\pi f)$$

ist dabei direkt proportional zur Unsicherheit $\Delta\phi$ bei der Bestimmung des Phasenwinkels. Die Phasenunsicherheit $\Delta\phi$ kann durch Erhöhung der Modulationsfrequenz f verringert werden. Aus diesem Grund werden als Modulationsfrequenz vorzugsweise Frequenzen größer als 200 MHz eingesetzt.

[0059] Bei gegebener Frequenz f kann der Phasenfehler $\Delta\phi$ in der Praxis nur durch eine ausreichend lange Mittelung über eine Vielzahl von Messperioden reduziert werden. Der für die Erfindung wesentliche Punkt ist dabei, dass zur Erzielung eines gegebenen oder vorgebbaren Winkelfehlers $\Delta\phi$ (entsprechend einem Ortsfehler ΔL), z. B. ein Grad, der Betrieb des Messgeräts bei einer gegebenen Mindest-Messdauer T von beispielsweise 100 ms erforderlich ist. Die Gesamtmessdauer T unterliegt somit der Einschränkung hinsichtlich der erwünschten Messgenauigkeit bzw. Messunsicherheit und kann nicht willkürlich verkürzt werden.

[0060] Bei realistischen Größenausdehnungen der Platine, welche die Elektronik des Messgerätes trägt, von ca. 10 cm und Modulationsfrequenzen im Bereich von größer als 200 MHz kann das Messgerät während des Messbetriebs potentiell unzulässig starke Störpegel abstrahlen. In der Praxis weisen niedrigere Modulationsfrequenzen, also beispielsweise 10 MHz ein deutlich reduziertes Störpotential auf, da die Platinenlänge dann nur einen kleinen Bruchteil der Wellenlänge der Störstrahlung darstellt.

[0061] Wie man in [Fig. 2](#) erkennen kann, sind insbesondere die Ausgangssignale des VCO (**205**), des Ausgangsteilers (**206**), sowie die in den Schaltungsblöcken (**210**, **211**, **212**, **215**) und (**214**) verarbeiteten Signale als potentielle Störquelle zu betrachten, da in diesen Schaltungsblöcken hochfrequente Signale generiert oder verarbeitet werden.

[0062] Die Abstrahlung der Störpegel kann beispielsweise dadurch reduziert werden, dass wesentliche, die hohen Frequenzen enthaltenden Schaltungsteile miniaturisiert werden, z. B. indem sie in einem integrierten Schaltkreis zusammengefasst werden. Dies gelingt jedoch nur begrenzt. So können z. B. die Laserdiode (**212**) oder der ADC (**215**) nicht, oder nur mit hohem Aufwand auf einem IC integriert werden. Die dominante Störemission kann dann durch die Zuleitung des Modulationssignals zwischen Treiberschaltung (**211**) und Photoemitter (**212**) oder die Taktzuleitung des ADC (**215**) vermittelt werden.

[0063] Zur Bestimmung des Ortes verwenden die aus dem Stand der Technik bekannte Messgeräte eine Mehrzahl von Modulationsfrequenzen f_n in der typischen Größenordnung von 5. Es ergeben sich somit eine Mehrzahl von Entfernungswerten L_n , die sich beim Betrieb mit der jeweiligen Frequenz f_n ergeben.

[0064] Dabei gilt mit

$$L_n = X_n + \phi c / (4\pi f_n)$$

[0065] Die Verwendung von beispielsweise 5 Messfrequenzen ist vorteilhaft, weil sich damit auch Phasen-Doppeldeutigkeiten auflösen lassen (Vergleiche hierzu beispielsweise auch die DE 102 39 448 A1).

[0066] Der sich bei – unter Umständen mit einem Faktor A_n gewichteten – Mittelung über die Einzelnen Messwerte L_n ergebende mittlere Ortswert L

$$L = (\sum L_n \cdot A_n) / (\sum A_n)$$

weist im Vergleich zu den bei einer einzelnen Frequenz f_n ermittelten Entfernungen L_n eine geringere Unsicherheit ΔL auf.

[0067] Zur Erzielung einer gewünschten Ortsunsicherheit ΔL kann daher bei einer insgesamt erforder-

lichen Mindest-Messdauer von beispielsweise 100 ms diese Mindestmesszeit zu näherungsweise gleichen Teilen, d. h. zu je 20 ms, auf 5 Einzelfrequenzen f_n aufgeteilt werden.

[0068] Durch das Aufteilen der Betriebszeit auf mehrere diskrete Einzelfrequenzen wird dabei zwar die mittlere Störleistung bei einer einzelnen Messfrequenz reduziert, die Betriebsdauer bei der Einzelfrequenz ist dabei jedoch noch weit größer als die für die Bewertung als Kurzpuls-Störer, bzw. für die sogenannte Quasi-Peak-Bestimmung, relevante Zeitskala von typischerweise 1 ms. Ein temporärer Betrieb mit einer Dauer von erheblich mehr als 1 ms wird von den maßgeblichen Prüfnormen effektiv noch als Dauerstörung gewertet.

[0069] Der Kern der Erfindung besteht in der Erkenntnis, dass das Störpotential des Messgeräts bei vorgegebener Gesamtmessdauer dadurch stark reduziert werden kann, wenn ein Vielfrequenz-Betriebsmodus gewählt wird, welches die Anzahl der Messfrequenzen massiv erhöht, mit dem Ziel, die Betriebsdauer bei einer einzelnen Modulationsfrequenz drastisch zu verkürzen.

[0070] Bei dem der Erfindung zugrunde liegenden Verfahren wird die Anzahl der Messfrequenzen des Messgerätes massiv erhöht, beispielsweise auf eine Anzahl von 50, die eine ganze Größenordnung über der aus dem Stand der Technik bekannten Anzahl von Messfrequenzen liegt. Die Verweilzeit bzw. Einzel-Messdauer T_n bei einer Einzelfrequenz f_n beträgt dann im oben beschriebenen Beispiel bei einer Gesamt-Messdauer von 100 ms nur noch zwei Millisekunden. Mit der daraus resultierenden Einstufung als kurzzeitige Störung sind dann erheblich höhere Abstrahlungs-Störpegel zulässig für das Messgerät.

[0071] Wichtig ist dabei, dass der Relativabstand der jeweiligen Einzelfrequenzen größer ist, als das durch das Abstrahlungsnorm-gemäße Bandpassfilter (**102**) vorgegebene Frequenzfenster. Typische Minimalabstände betragen dabei beispielsweise 150 kHz. Durch geeignete Wahl des Frequenzteilers N (**207**) und geeignete Vorgabe der Basisfrequenz (**201**) kann das sichergestellt werden.

[0072] Dadurch, dass eine Mittelung über die Vielzahl der Einzelmesswerte durchgeführt wird und die Messzeit bei allen Arbeitsfrequenzen f_n für die Genauigkeit des Messwerts genutzt wird, ergibt sich für die Ortsbestimmung bei einer aufgeteilten Gesamtmesszeit die gleiche Messunsicherheit, wie bei einem Messverfahren, bei dem die volle Messzeit bei einer Frequenz genutzt würde.

[0073] Im Folgenden werden anhand von [Fig. 2](#) eine Reihe von Merkmalen aufgezeigt, die es erfindungsgemäß gestatten, das Messgerät in einem Viel-

frequenz-Betriebsverfahren praktisch zu nutzen, indem sie Lösungen für technische Problemstellungen bieten, die sich beim Übergang auf einen Vielfrequenz-Betrieb ergeben.

[0074] Die Genauigkeit der Ortsbestimmung anhand der Phase setzt eine präzise Kenntnis der Arbeitsfrequenz voraus. Der für die Erzeugung der Modulationsfrequenz genutzte Frequenzsynthetisierer muss aus diesem Grund eine hohe Präzision aufweisen. Diese Frequenzpräzision setzt eine minimal erforderliche Einschwingdauer des Phasenregelkreises voraus, die typischerweise zwischen 100 μ s und 5 ms liegen kann. Nach einem Frequenzwechsel muss daher vor dem Start der Messung mit einer neuen Frequenz solange abgewartet werden, bis der VCO (205) bei seiner Sollfrequenz arbeitet.

[0075] Während dieser Stabilisierungs-Zeitdauer erzeugt die Schaltung potentiell die zu vermeidende Störstrahlung. Um die Störstrahlungsgenerierung während dieser Einschwingdauer zu reduzieren bzw. zu verhindern, kann der Mikroprozessor (200) während der Einschwingphase das Schaltmittel (208) öffnen, um die Ausbreitung der störungsrelevanten Frequenzsignale beispielsweise auf die Zuleitungen zur Laserdiode zu verhindern.

[0076] Alternativ kann mittels des Frequenzteilers M die Modulationsfrequenz in ein niederfrequentes Band, beispielsweise 10 MHz, verlegt werden, bei dem das Abstrahlpotential gering ist.

[0077] Das Unterdrücken der Störstrahlung während der Einschwingphase der Frequenzsynthese ist dann besonders effektiv, wenn die Frequenzsynthese, insbesondere der Phasenregelkreis (206, 207, 202, 204) und der spannungsgesteuerte Oszillator (205) auf einem integrierten Schaltkreis monolithisch integriert sind. Teiler (209) oder Schaltmittel (208) können dann effektiv verhindern, dass potentiell problematische Frequenzsignale den integrierten Schaltkreis verlassen.

[0078] Da aufgrund der Vielzahl der erfindungsgemäß verwendeten Frequenzen ein häufiger Frequenzwechsel erforderlich ist, ist es beim Vielfrequenzverfahren geboten, die Einschwingdauer des Phasenregelkreises weitgehend zu minimieren. Zu diesem Zweck kann der Summationsverstärker (204) und die Umsetzer (217, 216) genutzt werden.

[0079] Der Regelkreis ist dann eingeschwingen, wenn die Steuerspannung des VCO (205) ihren Endwert erreicht hat. Der Umsetzer (216) kann dazu genutzt werden, für jede der genutzten Frequenzen die erforderlichen Steuerspannung vorab zu vermessen. Der Mikroprozessor kann diese Spannung dann tabellieren. Liegt diese Tabelle für alle Frequenzen vor, kann der Mikroprozessor nun bei einem Frequenz-

wechsel innerhalb einer Messung, die sich nach dem Einschwingen ergebende Steuerspannung mit Hilfe des Umsetzers (217) und des Summiervverstärkers (204) direkt in den VCO (205) einspeisen. Das Schleifenfilter (203) hat dann nur noch die Aufgabe, Detailanpassung der Steuerspannung vorzunehmen. Mit diesem Verfahren kann dann die Einschwingdauer des Systems stark reduziert werden.

[0080] Es ist ebenfalls möglich, mittels des DAC (217) die Steuerspannung des VCO (205) bewusst mit einem niederfrequenten (z. B. Frequenz $F = 1$ kHz) Wechsellspannungssignal kleiner Amplitude zu beaufschlagen, bzw. zu überlagern. Vorzugsweise würde hier eine dreieckförmige Rampe genutzt werden. Am Ausgang des Frequenzteilers ergibt sich dann eine der dreieckförmigen Rampe entsprechende Frequenzmodulation, d. h. eine über die Zeit veränderliche Frequenz. Die Ausgangsfrequenz schwankt dann um einen mittels des Teilers N (207) eingestellten Frequenzzentralwert. Wird die Amplitude dieser Modulation geeignet gewählt, so ergibt sich für Störsignale am Ausgang des Bandpassfilters (102) gemäß der Funk-Abstrahlnorm nur eine geringere Signalleistung. Zu diesem Zweck muss der durch die bewusst gewählte Modulation vorgegebene Frequenzhub größer sein als die Bandbreite des Bandpassfilters (102). So ergibt sich beispielsweise bei einer Frequenzmodulation von ± 120 kHz und einer Bandbreite des Bandpassfilters (102) von ± 60 kHz ein Störpegel, der laut der normgemäßen Messvorschrift um 12 dB schwächer ausfällt.

[0081] Der Messbetrieb während dem bei der gewünschten Zentralfrequenz, bzw. bei einem gegebenen Teiler N (207) und einer gegebenen Referenzfrequenz f_{ref} (201) gemittelt wird, entspricht dann zweckmäßiger Weise genau einer Periode des für die Frequenzmodulation verantwortlichen eingekoppelten Signals, welches vom Umsetzer 217 erzeugt wird.

[0082] Im Folgenden soll ein konkretes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Vielfrequenz-Messverfahrens beschrieben werden.

[0083] In einem ersten Schritt führt das Messgerät Initialisierungsmessungen durch.

[0084] Zu den Initialisierungsmessungen gehört ein Ablauf, bei dem zunächst das Schaltmittel (208) geöffnet wird, damit keine Hochfrequenzsignale die weiteren Schaltungsteile erreichen, und daher keine Störsignale abgestrahlt werden. Der Ausgang des DAC (217) wird dann auf ein definiertes Ruhepotential gelegt und zunächst konstant belassen.

[0085] Dann werden in einer Schleife über alle ausgewählten Frequenzen

- 1.) die Einstellungen des Frequenzsynthetisierers vorgenommen, d. h. Teiler N (207) und Referenz-

frequenz (201) initialisiert,
 2.) abgewartet, bis das Schleifenfilter (203) eine stabile Steuerspannung erzeugt, die PLL eingeschwenkt ist, und
 3.) die sich dann am Ausgang des Summierers (204) ergebende VCO-Steuerspannung mittels des ADC (216) gemessen und im Mikroprozessorspeicher (200) tabelliert.

[0086] Mittels dieser tabellierten Werte kann für die folgenden Messungen der Einschwingprozess des Phasenregelkreises der Frequenzsynthese dadurch beschleunigt werden, dass mittels des DAC (217) nach einem Frequenzwechsel die bekannte Steuerspannung des VCO direkt vorgegeben wird.

[0087] Ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Aufteilung der Messzeit auf die einzelnen Messfrequenzen ist in [Fig. 3](#) aufgezeigt.

[0088] Zunächst wird der Schalter 208 geöffnet, um Störstrahlung während der Frequenzumschaltung zu unterdrücken.

[0089] Dann wird die Frequenzsynthese auf eine neue Arbeitsfrequenz eingestellt. Zu diesem Zweck werden zunächst der Divisor N (207) gesetzt und der DAC (217) auf die bereits tabellierten Sollwerte eingestellt.

[0090] Im nächsten Schritt muss abgewartet werden, bis der Phasenregelkreis auf die neue Frequenz eingeschwenkt ist.

[0091] Im nächsten Schritt wird der DAC (217) so konfiguriert, dass er auf der Basis des tabellierten Sollwerts für die gegebene Zentralfrequenz ein 1 kHz Dreiecks-Signal geringer Amplitude generiert. D. h. der tabellierte Wert dient als Gleichspannungs-Offset, dem ein 1 kHz Dreieck-Signals überlagert wird. Dieses Dreieck-Signal verursacht einen zugehörigen Zeitverlauf bei der Ausgangsfrequenz (232) des Phasenregelkreises, d. h. die Ausgangsfrequenz ist zeitlich nicht mehr konstant sondern einer Variation Δf um die Mittenfrequenz f_n unterworfen. Ist diese Variation Δf größer als die normgemäß relevante Breite des Frequenzfilters (102), führt die normgemäße Ermittlung des Störpegels zwangsläufig zu einem geringeren Wert.

[0092] Durch das Schließen des Schaltmittels (208) wird die Synthesefrequenz nun an die weiteren Schaltungsteile weitergereicht. Während der anschließenden ca. 2 ms (Ein ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer der Dreiecks-Modulationsspannung des DAC (217)) erfasst der ADC (215) Messwerte, die zur Ermittlung der Phase des Signals bei der Frequenz f_n genutzt werden.

[0093] Nach Ablauf der Messdauer von 2 ms wird

der Schalter (208) erneut geöffnet.

[0094] Auf der Basis der Wandlerwerte des ADC (215) errechnet der Mikroprozessor dann die gemittelten Phasenwerte ϕ_n und Ortswerte L_n bei der gegebenen Messfrequenz f_n . Diese Mittelung erfolgt dabei über die Vielzahl der während der Dauer von 2 ms verstrichenen Perioden der Modulationsfrequenz f_n von z. B. f_n 400 MHz. Für die Berechnung der Ortswerte kann dabei der Mittelwert f_n herangezogen werden, da die Mittelungsdauer von beispielsweise 2 ms ein ganzzahliges Vielfaches der Modulationsperiode des Dreiecksignals (231) beträgt.

[0095] Dieser Ablauf wird für alle, beispielsweise 50 oder 100 Frequenzen wiederholt. Auf der Basis der für die einzelnen Frequenzen f_n ermittelten Ortswerte L_n wird anschließend ein gewichteter Mittelwert

$$L = (\sum L_n \times A_n) / (\sum A_n)$$

errechnet.

[0096] Die Frequenzindex-abhängigen Mittelungskoeffizienten A_n berücksichtigen dabei beispielsweise, dass die Unsicherheit einer Ortsbestimmung L_n bei einer Modulationsfrequenz f_n höher sein kann, als eine Ortsbestimmung L_m bei einer anderen Modulationsfrequenz f_m . Dies ist üblicherweise dann der Fall, wenn die Modulationsfrequenz f_n niedriger ist, als die Modulationsfrequenz f_m . Bei gleichem Phasenfehler ergibt sich aufgrund des Umrechnungskoeffizienten

$$c / (4\pi f)$$

zwischen Phasenwert und Entfernungswert dann ein größerer Ortsfehler.

[0097] Der Mittelwert L kann dann als Endergebnis, beispielsweise auf einem Display eines Entfernungsmessers angezeigt werden, oder mittels einer Datenübertragung an eine Daten-Auswerteeinheit weitergegeben werden.

[0098] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann der für die Zulassungsfähigkeit eines Messgerätes relevante Störfeldpegel durch zwei Maßnahmen reduziert werden.

[0099] Durch die Frequenzmodulation der Arbeitsfrequenz (beispielsweise dreieckförmige oder Sinus-förmige Frequenzrampe am VCO-Eingang) wird die Verweildauer des Geräts in dem für die Funkentstörnorm relevanten Frequenzfenster von ca. 150 kHz reduziert.

[0100] Durch die nur kurzzeitig aktivierte Freigabe des Takts der Frequenzsynthese (Schaltmittel (208)), bzw. die bewusste Verstimmung (Alternativ Teiler M

(209)), kann die Dauer der Störemission auf die für die Messung genutzte Zeit reduziert werden.

[0101] Beide Verfahren können dabei sowohl einzeln, als auch in Kombination genutzt werden, um das Störpotential des Messgeräts zu reduzieren.

Alternative Ausführungsformen der Erfindung

[0102] Entscheidend für das erfindungsgemäße Verfahren ist eine auf das Minimum reduzierte Betriebsdauer der Schaltung bei einer einzelnen, ausgewählten Betriebsfrequenz. Die Erfindung kann damit auch bei Schaltungen zum Einsatz kommen, welche von der in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführung abweichen. Insbesondere ist es möglich, auf den Frequenzteiler (210) und den schnellen Analog-Digital-Umsetzer (215) zugunsten einer alternativen Schaltungstechnik zu verzichten. Beispielsweise kann die Anforderung an die Geschwindigkeit des Umsetzers (215) dadurch reduziert werden, indem eine Zwischenfrequenz-Umsetzung genutzt wird, analog zu FM-Empfängern im Radiobereich oder der Kommunikationstechnik. Dabei sind sowohl homodyne als auch heterodyne Messverfahren geeignet. Dabei wird das hochfrequente Nutzsignal, welches vom Photodetektor (213) empfangen wird in einem Frequenzmischer derart auf eine niedrigere Zwischenfrequenz umgesetzt, dass die Phaseninformation erhalten bleibt. Zur Bestimmung der Phase des Zwischenfrequenzsignals können dann preisgünstigere, da langsamere Analog-Digital-Umsetzer zu Einsatz kommen.

[0103] Der Einsatz einer Zwischenfrequenz-Umsetzung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Photodetektor (213) eine nichtlineare Kennlinie aufweist, wie es beispielsweise bei Lawineneffekt-Photodioden der Fall ist.

[0104] Das beschriebene Verfahren kann insbesondere auch mit oder ohne Verwendung einer bewussten Frequenzmodulation, d. h. mit oder ohne Anlegen einer dreieckförmigen Rampe oder einer anders gearteten Modulation des Steuersignals des VCO (205) verwendet werden.

[0105] Ebenfalls ist es prinzipiell möglich, auf die Beschleunigung des Einschwingens des Phasenregelkreises mittels der Vorwegnahme der erwarteten Ergebniswerte für die Steuerspannung des VCO (205) durch einen DAC zu verzichten. Die Konsequenz ist dann jedoch, dass für einen Frequenzwechsel mehr Zeit vorzuhalten ist.

[0106] Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht beschränkt auf die Verwendung gleichlanger Messzeiten T_n . Durch den Einsatz unterschiedlich langer Messzeiten bei unterschiedlichen Messfrequenzen f_n lässt sich eine weitere Reduzierung des Störpegels

des Messgerätes erzeugen.

[0107] Weiterhin ist das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf den Einsatz in Entfernungsmessgeräten beschränkt. Es ist beispielsweise ebenso möglich, das Messverfahren erfolgreich bei mehrfrequent arbeitenden kapazitiven Nahfeldsensoren zur Ortung zu nutzen, die auf der Basis der Phasenlage der kapazitiven Verkopplung von Sensorelektroden bei verschiedenen Frequenzen auf die Tiefe eines detektierten dielektrischen Objekts zurückschließen.

[0108] Entscheidend ist dabei, dass es möglich ist, die bei einer Vielzahl von Messfrequenzen erfassten Einzelmessgrößen mittels einer Verknüpfung beispielsweise einer Mittelung oder einer gewichteten Mittelung zu einem fehlerbefreiten Gesamt-Messergebnis geringerer Messunsicherheit zusammenzufassen.

[0109] Weiterhin ist das Verfahren nicht beschränkt auf den Einsatz eines spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) mit zugehöriger Phasenregelschleife (PLL). Alternative Frequenzsyntheseschaltungen, wie beispielsweise Delay-Locked-Loops oder Ringoszillatoren können ebenso verwendet werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1478949 A1 [\[0002\]](#)
- EP 1540374 A1 [\[0056\]](#)
- DE 10239448 A1 [\[0065\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- EN 55022 [\[0035\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung einer Messgröße L , insbesondere ein Verfahren zur Bestimmung einer Entfernung L eines Zielobjektes zu einem Messgerät oder zur Bestimmung einer Einschusstiefe L eines Objektes in einem Medium, bei dem zur Ermittlung der Messgröße L während einer Gesamtmesszeit T mehrere Messungen der Messgröße L_n mit unterschiedlichen Arbeitsfrequenzen f_n durchgeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gesamtmessdauer T zur Ermittlung der Messgröße L auf eine Vielzahl n von Einzelmessungen L_n bei Arbeitsfrequenzen f_n mit Einzel-Betriebsdauern T_n , aufgeteilt wird, wobei die jeweilige Einzel-Betriebsdauer T_n bei der Frequenz f_n derart minimiert wird, dass ein zeitlich integrierter Störsignalpegel, insbesondere der Quasi-peak Funkstörpegel, den das Messsignal der Frequenz f_n in einem Frequenzintervall $f_{\text{Stör}} \pm \frac{1}{2} \times \Delta F_{\text{BP}}$ erzeugt, einen vorgebbaren Grenzwert nicht überschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzel-Betriebsdauer T_n bei der jeweiligen Frequenz f_n derart minimiert wird, dass eine vorgebare oder vorgegebene Messunsicherheit ΔL für den aus den Einzelmesswerten L_n bestimmten Messwert L nicht überschritten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl n der verwendeten Messfrequenzen f_n typischerweise zwischen 3 und 300, vorzugsweise zwischen 5 und 100 und insbesondere bei 50 liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die verwendeten Einzelfrequenzen f_n einen Relativabstand Δf_{nm} zueinander besitzen, der größer ist, als ein Frequenzfenster eines vorgegebenen Bandpassfilters (**102**) ΔF_{BP} , insbesondere dem durch die Abstrahlungsnorm für elektrische Messgerätes definierten Bandpassfilter.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messelektronik zur Frequenzerzeugung einen Phasenregelkreis (**202**, **203**, **204**, **205**, **206**, **207**) mit einem spannungsgesteuerten Oszillator VCO (**205**) und einem Steuersignal (**230**) für den Oszillator (**205**) aufweist, wobei das Steuersignal des Oszillators (**205**) mit einem Korrektursignal (**231**) beaufschlagt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der durch das Korrektursignal erzeugte Frequenzhub größer ist als die Breite ΔF_{BP} des Bandpassfilters (**102**)

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsfrequenz (**232**) der Phasenregelschleife der Messelektronik mittels

des Korrektursignals (**231**) über eine Periode der Zeit T_M periodisch moduliert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsdauer T_n bei der Arbeitsfrequenz f_n gleich der Periodendauer T_M ($T_n = T_M$) oder ein ganzzahliges Vielfaches ($T_n = z \times T_M$) dieser Periodendauer ist.

9. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschwingdauer des Phasenregelkreises der Frequenzsynthese dadurch reduziert wird, dass bei einem Frequenzwechsel auf die Arbeitsfrequenz f_n , die zur Erzeugung einer Arbeitsfrequenz f_n notwendige Steuerspannung für den spannungsgesteuerten Oszillator VCO (**205**) direkt vorgegeben wird.

10. Messgerät zur Durchführung des Verfahrens nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Messelektronik des Messgerätes über zumindest einen Phasenregelkreis mit einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) verfügt.

11. Messgerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal des Phasenregelkreises mittels eines Schaltmittels (**208**) aktiviert bzw. deaktiviert werden kann.

12. Messgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass Schaltmittel (**208**) vorgesehen sind, die es gestatten, bei einem Frequenzwechsel auf eine Arbeitsfrequenz f_m , den Phasenregelkreises solange von der nachfolgenden Elektronik zu entkoppeln, bis der VCO (**205**) bei seiner neuen Sollfrequenz arbeitet.

13. Messgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**209**) vorgesehen sind, die es gestatten, bei einem Frequenzwechsel auf die Arbeitsfrequenz f_m die Modulationsfrequenz solange in ein niederfrequentes Frequenzband zu transformieren, bis der VCO (**205**) bei seiner neuen Sollfrequenz arbeitet.

14. Messgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Bauelemente zur Erzeugung der Frequenzsynthese, insbesondere der Phasenregelkreis (**206**, **207**, **202**, **204**) und der spannungsgesteuerte Oszillator (**205**) auf einem integrierten Schaltkreis, insbesondere monolithisch integriert sind.

15. Messgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**204**, **216**, **217**) vorgesehen sind, die es gestatten, das Steuersignal (**230**) des spannungsgesteuerten Oszillators (**205**) zu vermessen.

16. Messgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die erforderliche Steuerspannung des VCO (**205**) für jede der genutzten Frequenzen f_n in einem Speichermedium (**200**) abgelegt ist.

17. Messgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 10 bis 16, insbesondere nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**204**, **217**) vorgesehen sind, die es gestatten, bei einem Frequenzwechsel auf die Arbeitsfrequenz f_m , die zur Erzeugung einer Arbeitsfrequenz f_m notwendige Steuerspannung für den spannungsgesteuerten Oszillator VCO (**205**) diesem direkt vorzugeben.

18. Messgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**217**) vorgesehen sind, die es gestatten, die Steuerspannung des spannungsgesteuerten Oszillator VCO (**205**) mit einem niederfrequenten Wechselspannungssignal kleiner Amplitude zu beaufschlagen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

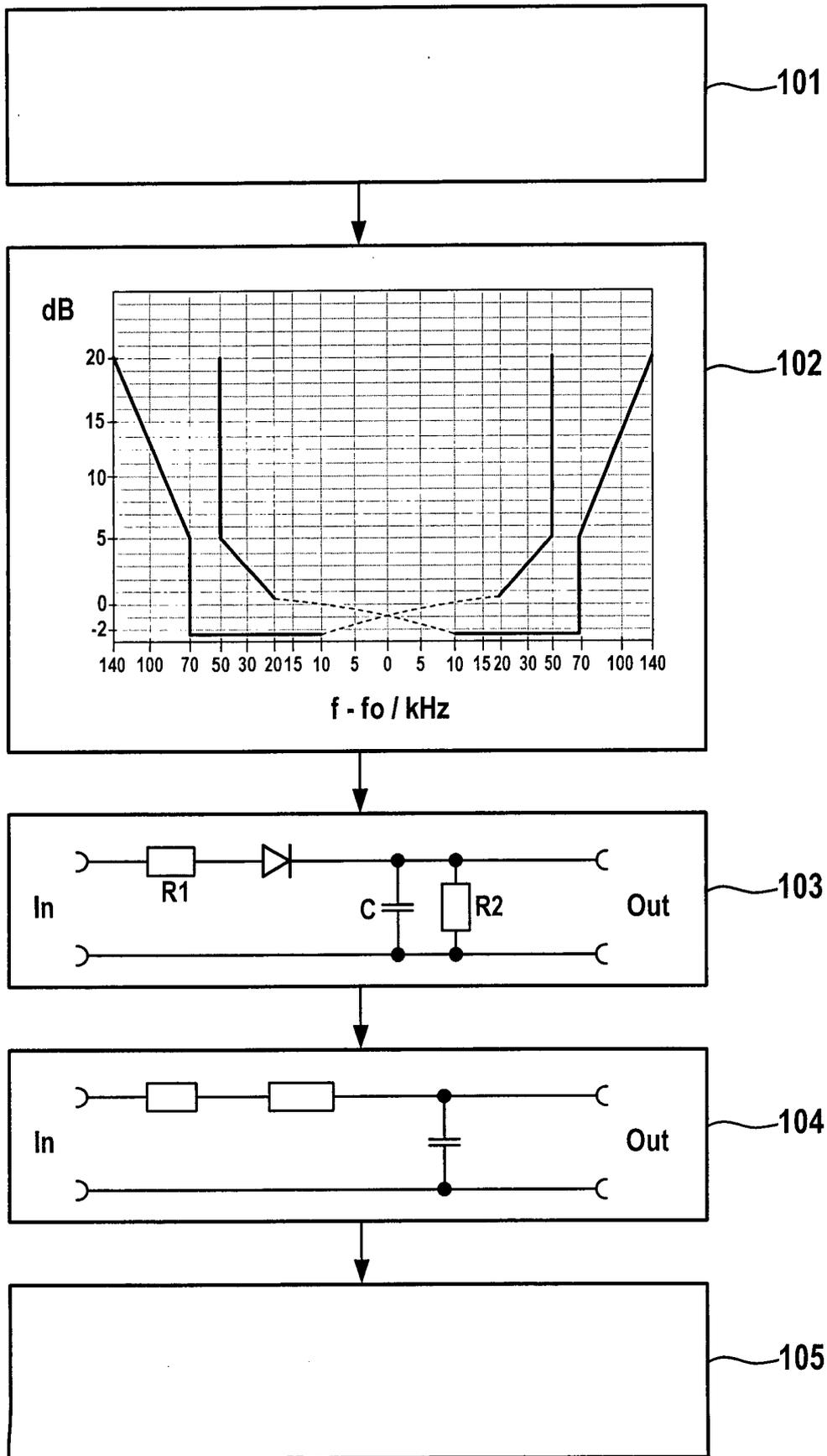


Fig. 1

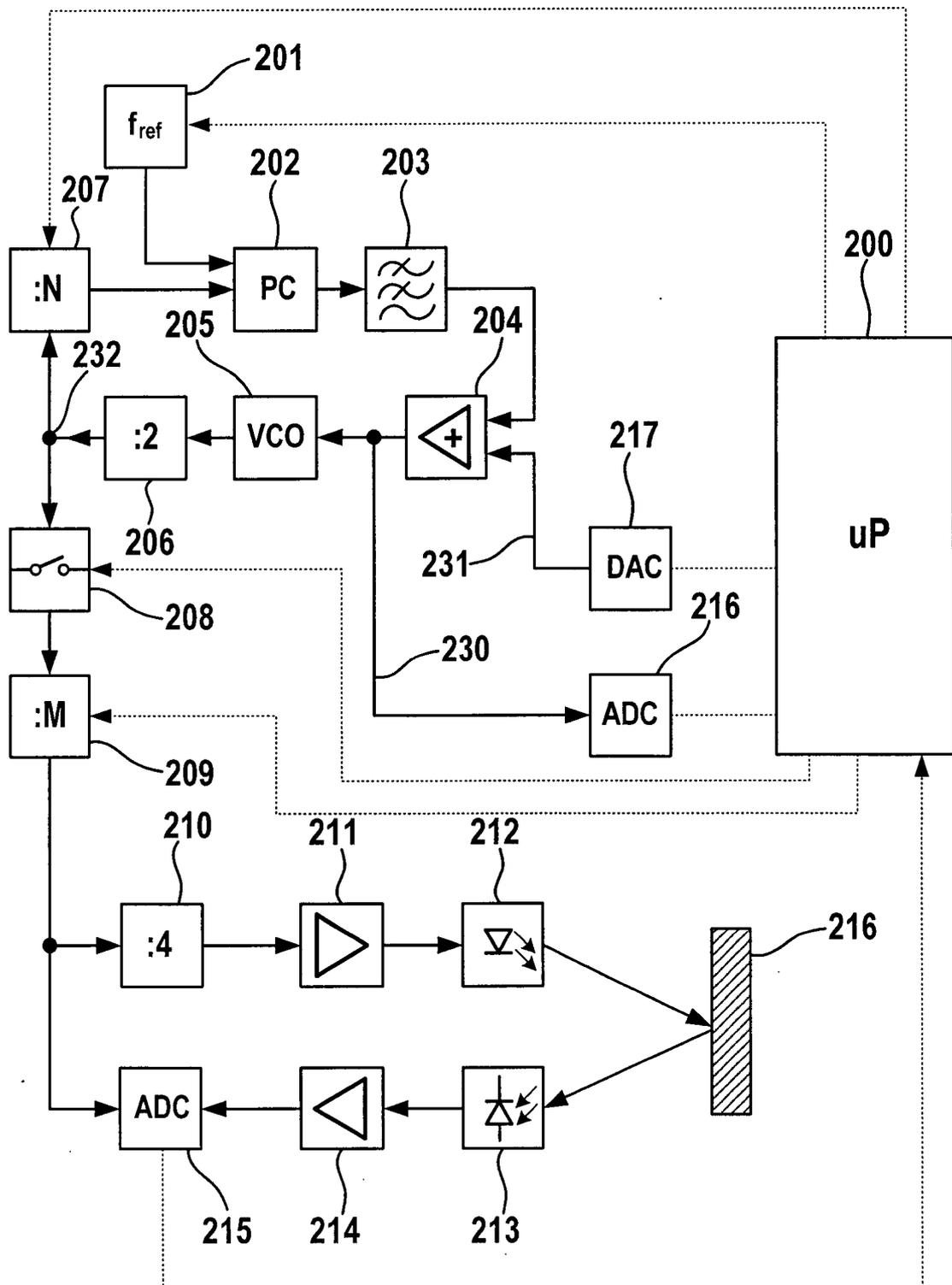


Fig. 2

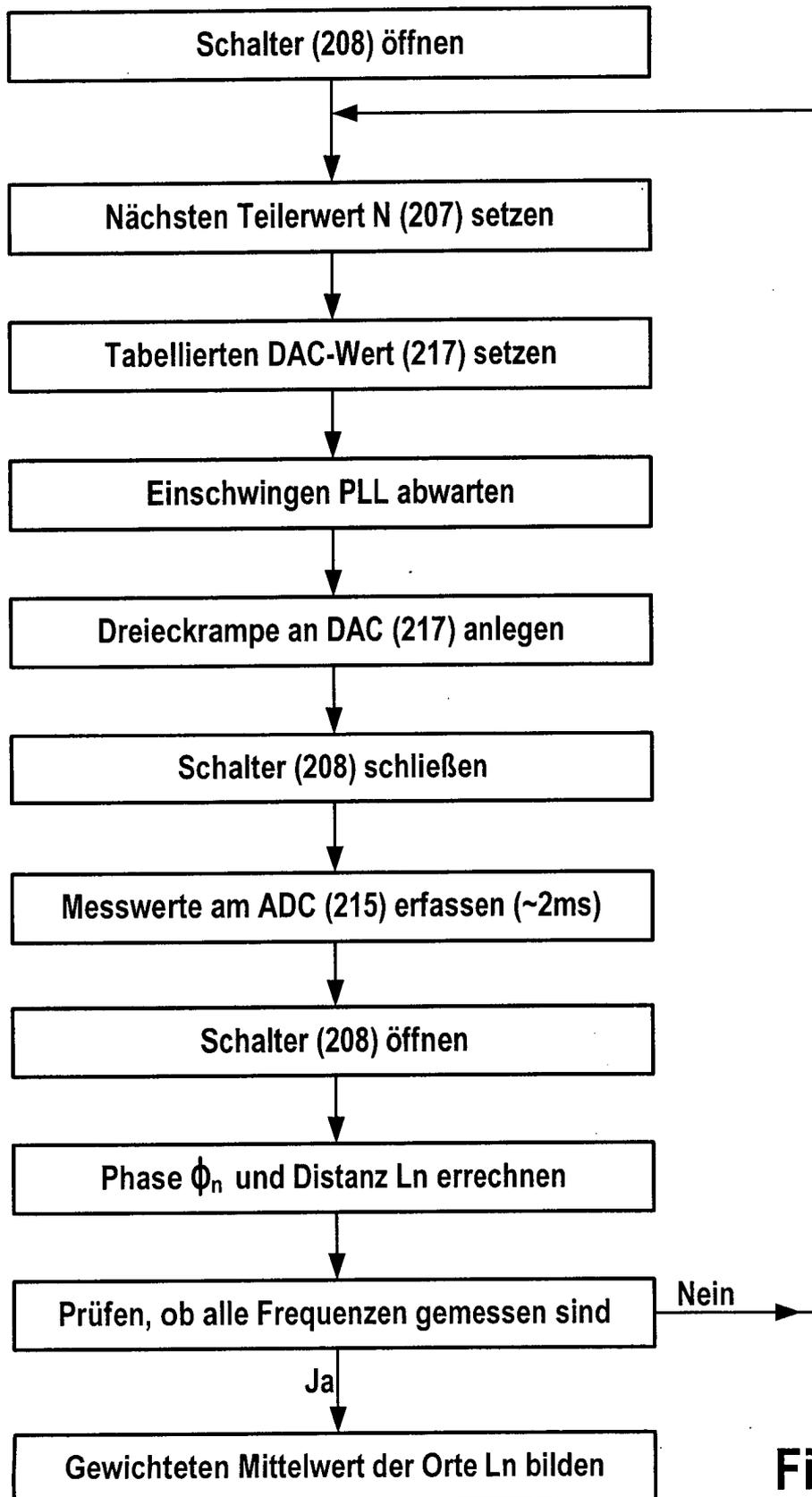


Fig. 3