



(10) **DE 10 2019 001 799 B4** 2021.01.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 001 799.4**  
(22) Anmeldetag: **11.03.2019**  
(43) Offenlegungstag: **17.09.2020**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **21.01.2021**

(51) Int Cl.: **G01R 29/08** (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:  
**BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, 28359 Bremen, DE**

(72) Erfinder:  
**Lütjen, Michael, Dr.-Ing., 28857 Syke, DE;**  
**Riemann, Patrick, 28865 Lilienthal, DE; Jathe,**  
**Nicolas, 28203 Bremen, DE**

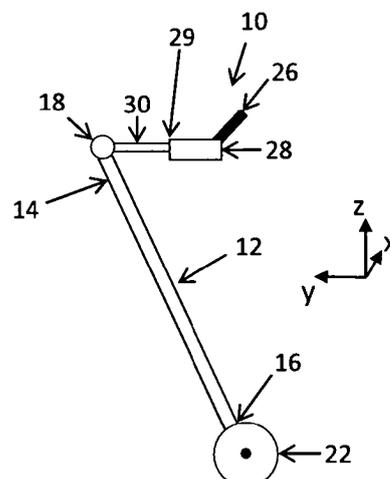
(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209 Bremen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2005 / 0 029 764</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2009 / 0 128 156</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2015 / 0 195 682</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeiten einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (10; 100) zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal (200) insbesondere in einem Gebäude und zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints in einer Einmessphase und zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte (26) in dem Areal (200) in einer späteren Ortungsphase, wobei die Vorrichtung (10; 100) umfasst:  
-eine Führungsstange (12) mit einem oberen Ende (14) und einem unteren Ende (16),  
-einen Griff (18), der am oberen Ende (14) und/oder in der Nähe des oberen Endes (14) der Führungsstange (12) angeordnet ist,  
-eine Radachse (20), die am unteren Ende (16) und/oder in der Nähe des unteren Endes (16) der Führungsstange (12) angeordnet ist,  
-mindestens zwei Messräder (22,24; 102, 104) mit jeweils einem Drehgeber, wobei die zwei Messräder (22, 24) oder zwei (22, 24) der Messräder (22, 24; 102,104) an der Radachse jeweils einzeln aufgehängt sind,  
-mindestens eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung zur Messung der Funksignalstärke und/oder der Funksignallaufzeit der Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal (200) insbesondere in einem Gebäude, und  
-eine mit der mindestens einen Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung verbundene Auswert- und Anzeigeeinrichtung, die zur Bestimmung der ...



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints (in einer Einmessphase (Kalibrierungsphase)) zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal in einer späteren Ortungsphase und ein Verfahren zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal insbesondere in einem Gebäude in einer späteren Ortungsphase und einem System zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints.

**[0002]** Die Positionsbestimmung mobiler Endgeräte ist die Grundlage ortsbezogener Anwendungen und Dienste (Location based Services). Die Anwendungen reichen von der mobilen Navigation für Fahrzeuge und Smartphones bis hin zu Applikationen in der Automatisierungstechnik und der Logistik. In mobilen Endgeräten wie Smartphones und PDAs kommen im Outdoor-Bereich GPS oder Verbindungsinformationen des Mobilfunknetzes zum Einsatz. Im Indoor-Bereich werden Signalstärken von WLAN, RFID, LP-WAN oder Signallaufzeiten in drahtlosen Sensornetzwerken genutzt, um die Position innerhalb eines Gebäudes zu bestimmen. Dabei kommen unter anderem Fingerprint-Methoden zur zweidimensionalen Indoor-Positionsbestimmung zum Einsatz. Aufgrund der für die Umgebung typischen Signalstärkeverteilung von WLAN-Signalen lassen sich Fingerprint-Methoden insbesondere in Gebäuden zur Lokalisierung anwenden. Darüber hinaus eignen sich Fingerprint-Methoden auch zur Evaluierung bzw. Kalibrierung von Laufzeitverfahren wie beispielsweise WIFI RTT.

**[0003]** Klassische Fingerprint-Methoden werden normalerweise in zwei Phasen unterteilt. Während einer initialen Kalibrierungsphase wird ein Areal, in dem geortet werden soll, eingemessen, das heißt an einer Reihe von Punkten mit bekannten Positionen, die möglichst gleichmäßig über das Areal verteilt sind, werden gleichzeitig die empfangenen Signalstärke- / Signallaufzeit-Werte mehrerer Basisstationen bzw. WLAN-Router gemessen und in einer Datenbank abgespeichert. In der eigentlichen Ortungsphase werden empfangene Signalstärke-(Stärke des empfangenen Signals)/Signallaufzeit-Werte an einem Ort unbekannter Position im Ortungsareal gemessen. Bei der klassischen Fingerprint-Methode werden diese Werte mit den in der Kalibrierungsdatenbank ge-

speicherten Werten verglichen. Bei den Signallaufzeitverfahren werden nach der Kalibrierungsphase lediglich die Signallaufzeiten mit den Entfernungen der Basisstationen abgeglichen.

**[0004]** Wie bereits oben ausgeführt wurde, werden die Signalstärke- und/oder Signallaufzeit-Fingerprints im Stand der Technik anhand eines Positionsrasters erfasst und in einer Datenbank gespeichert. Zur Ortung eines mobilen Endgeräts ist eine Software-Applikation notwendig.

**[0005]** Zur Erstellung von Signalstärke- und/oder Signallaufzeit-Fingerprints wird zuerst ein Raster aus Referenzpunkten durch eine Vermessung des Areals (Fläche) erstellt, auf dem die Lokalisierung erfolgen soll. Die Vermessung erfolgt bislang mittels Distanzmessern, Maßbändern und/oder Messrädern ggf. in Kombination und ist allein schon sehr aufwendig. In einem zweiten Schritt werden an diesen Referenzpunkten die Funksignalstärken zu unterschiedlichen Zeiten ggf. mehrmals erfasst. Ggf. findet die Erfassung sequentiell für jede Himmelsrichtung statt. Wenn die Lokalisierung auf einem großen Areal erfolgen soll, ist auch dieser Vorgang sehr zeitaufwendig.

**[0006]** Aus der US 2015/0 195 682 A1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Indoor-Lokalisierung mittels einer erstellten RSSI-Karte bekannt.

**[0007]** Aus der US 2005/0 029 764 A1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Vermessung eines Areals und Ortung bekannt.

**[0008]** Aus der US 2009/0 128 156 A1 sind eine zweirädrige Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung elektromagnetischer Felder in einem Areal bekannt.

**[0009]** Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine schnellere Erfassung von Signalstärke- und/oder Signallaufzeit-Fingerprints zu ermöglichen.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints in einer Einmessphase zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal in einer späteren Ortungsphase, wobei die Vorrichtung umfasst:

-eine Führungsstange mit einem oberen Ende und einem unteren Ende,

-einen Griff, der am oberen Ende und/oder in der Nähe des oberen Endes der Führungsstange angeordnet ist,

-eine Radachse, die am unteren Ende und/oder in der Nähe des unteren Endes der Führungsstange angeordnet ist,

-mindestens zwei Messräder mit jeweils einem Drehgeber, wobei die zwei Messräder oder zwei der Messräder an der Radachse jeweils einzeln aufgehängt sind,

-mindestens eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung zur Messung der Funksignalstärke und/oder der Funksignallaufzeit der Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude, und

-eine mit der mindestens einen Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung verbundene Auswerte- und Anzeigeeinrichtung, die zur Bestimmung der jeweiligen räumlichen Position der Vorrichtung anhand einer Auswertung der von den Drehgebern gemessenen Werte und ggf. Anzeige der gemessenen Werte und/oder der Ergebnisse der Auswertung mit den mindestens zwei Drehgebern in drahtgebundener oder drahtloser Kommunikationsverbindung steht, und zur Speicherung von Wertepaaren bzw. Wertetriplets aus jeweiliger Position und zugehöriger gemessener Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit dient. Die Vorrichtung kann zur freien Lokalisierung im Areal ausgehend von einem Ausgangspunkt mittels Odometrie dienen. Dabei erfolgt an verschiedenen vom System vorgeschlagenen Positionen die Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeiten einer Funkinfrastruktur. Dies umfasst eine Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung von Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints in einer Einmessphase. In der späteren Ortungsphase können diese Informationen zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal verwendet werden.

**[0011]** Außerdem wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal in einer späteren Ortungsphase, wobei das Verfahren umfasst:

-Bereitstellen einer Funkinfrastruktur in einem Areal insbesondere in einem Gebäude, und

- Abfahren des Areals mit einer Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche vorzugsweise im Geradeauslauf zur Bestimmung der von der Vorrichtung zurückgelegten Wegstrecke und daraus Ableitung der Position im Areal, wobei die individuellen Wegstrecken von mindestens den beiden Messrädern, die an der Radachse einzeln aufgehängt sind, zeitlich synchron erfasst werden, um auch Kurvenradien zu bestimmen, und Messung der Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit der Funkinfrastruktur an Positionen in einem vorgebbaren konstanten oder variablen Referenzabstand  $a$  sowie Speicherung von Wertepaaren aus jeweiliger abgeleiteter Position im Areal und zugehöriger gemessener Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit. Wenn Funksignalstärke und Funksignallaufzeit gemessen werden, so erfolgt dies vorzugsweise gleichzeitig.

**[0012]** Der Geradeauslauf ist nicht zwingend, aber führt zu besseren Resultaten hinsichtlich der Lokalisierungsgenauigkeit als die Kurvenfahrten, die sich über die verschiedenen Drehgeber auflösen lassen, aber insbesondere bei Bodenschwellen und sonstigen Unebenheiten zu Problemen führen.

**[0013]** Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch ein System zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints für ein Areal insbesondere in einem Gebäude, umfassend:

-eine Funkinfrastruktur und

-eine Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche.

**[0014]** Das System kann z.B. zur Optimierung der Fingerprint-Diversität durch Anpassung der Funkinfrastruktur für ein Areal insbesondere in einem Gebäude dienen.

**[0015]** Bei der Vorrichtung zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit kann vorgesehen sein, dass sie einen Kompass umfasst. Der Kompass kann zur Sicherstellung eines Geradeauslaufs der Vorrichtung verwendet werden. Zusätzlich oder alternativ können auch Sensorwerte der Drehgeber verwendet werden, um die Richtung ausgehend von einem Startpunkt zu bestimmen.

**[0016]** Vorteilhafterweise umfasst die Vorrichtung mindestens einen Sensor zur Erfassung mindestens eines Umgebungsparameters, wie z.B. Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und/oder Lufttemperatur. Beispielsweise können mittels Luftdruckunterschieden unterschiedliche Ebenen ermittelt werden.

**[0017]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung genau eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung und genau ein mobiles Endgerät umfasst, wobei die Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung und die Auswerte- und Anzeigeeinrichtung Bestandteile des mobilen Endgeräts sind.

**[0018]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung mehrere Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtungen und eine entsprechende Anzahl von Auswerte- und Anzeigeeinrichtungen und mobilen Endgeräten umfasst, wobei je eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung und eine Auswerte- und Anzeigeeinrichtung Bestandteile eines jeweiligen mobilen Endgeräts sind, vorzugsweise wobei die mobilen Endgeräte in vorzugsweise gleichen Abständen umlaufend auf einem Kreis in unterschiedlichen Himmelsrichtungen zeigend angeordnet sind.

**[0019]** Zweckmäßigerweise ist die Vorrichtung für jedes mobile Endgerät eine Halterung, vorzugsweise am oberen Ende und/oder in der Nähe des oberen Endes der Führungsstange, auf.

**[0020]** Ebenfalls zweckmäßigerweise weist die Vorrichtung einen Neigungssensor zur Ausrichtung der Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung(en) auf.

**[0021]** Die Messeinrichtungen sollten vorzugsweise so ausgerichtet werden, wie die mobilen Endgeräte bei der Ortungsphase vom Nutzer gehalten würden. Die räumliche Ausrichtung der Antenne kann die Signalstärke- und/oder Signallaufzeitmessung relativ stark beeinflussen.

**[0022]** Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung einen Neigungssensor in oder an der Radachse zur Erfassung der Neigung in der xz-Ebene in einem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem aufweist.

**[0023]** Die x-Achse verläuft entlang der Radachse, wenn letztere horizontal ausgerichtet ist.

**[0024]** Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform umfasst die Vorrichtung zwei weitere Messräder mit jeweils einem Drehgeber und insgesamt genau vier Messräder, vorzugsweise wobei alle Messräder gleich groß sind.

**[0025]** Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass die beiden weiteren Messräder in Fahrriechung hinter den anderen beiden Messrädern paarig angeordnet an einem jeweiligen Schenkel, der mit der Radachse um selbige schwenkbar verbunden ist, einzeln aufgehängt sind.

**[0026]** Zudem kann dabei vorgesehen sein, dass die Vorrichtung in oder an mindestens einem der beiden Schenkel einen Neigungssensor zur Erfassung der Neigung in der yz-Ebene in einem bzw. dem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem aufweist.

**[0027]** Günstigerweise weist die Vorrichtung in oder an mindestens einem der beiden Schenkel einen nach unten gerichteten Distanzsensor zur Messung der Distanz zum Untergrund auf.

**[0028]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass sie einen Inertialsensor, insbesondere einen Beschleunigungssensor, zur Messung von Beschleunigungen in xyz-Richtung in einem bzw. dem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem aufweist und die Auswerte- und Anzeigeeinrichtung(en) gestaltet ist bzw. sind, um die gemessenen Beschleunigungen zur eindeutigen Bestimmung der Neigung in der xz-Ebene und/oder in der yz-Ebene und damit des Verlaufs des Untergrunds zu verwenden.

**[0029]** Bei dem System kann vorgesehen sein, dass das mobile Endgerät oder mindestens eines der mobilen Endgeräte ein Mobiltelefon, insbesondere Smartphone, Tablet oder Personal Digital Assistant, PDA, ist.

**[0030]** Außerdem kann vorgesehen sein, dass die Funkinfrastruktur mehrere WLAN-Router umfasst.

**[0031]** Gemäß einer besonderen Ausführungsform umfasst das Verfahren zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit ferner: Ermittlung und Auswertung von Bewegungen der Vorrichtung in x-, y- und z-Richtung und Verwendung der Ergebnisse der Auswertung zum Beseitigen oder Reduzieren von Ungenauigkeiten bei der Positionsbestimmung in der x-y-Ebene, die durch Wegstreckenverlängerungen aufgrund von Unebenheiten des Areals bedingt sind.

**[0032]** Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass Bewegungen der Vorrichtung durch Messung von Neigungen und/oder Beschleunigungen an der Vorrichtung und/oder durch Messung der Distanz zwischen mindestens einem Punkt an der Vorrichtung und der Oberfläche des Areals ermittelt werden.

**[0033]** Vorteilhafterweise wird der Referenzabstand a während des Abfahrens des Areals in Abhängigkeit von der Anzahl der sich überlagernden Funksignale der Funkinfrastruktur im Bereich der letzten Messposition angepasst.

**[0034]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit an mindestens einigen der Messpositionen mehrfach gemessen wird/werden.

**[0035]** Außerdem ist denkbar, dass die Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit an mindestens einigen der Messpositionen zeitlich nacheinander oder gleichzeitig in mindestens zwei unterschiedlichen Richtungen gemessen wird/werden.

**[0036]** Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird/werden die Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit an mindestens einigen der Messpositionen mit mindestens einem in dem Areal platzierten Abschirmkörper gemessen.

**[0037]** Schließlich kann vorgesehen sein, dass die Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints durch Veränderung der Funkinfrastruktur hinsichtlich ihrer Diversität bzw. späteren Lokalisierungsgenauigkeit optimiert werden.

**[0038]** Der vorliegenden Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass die Erstellung eines Rasters obsolet ist. Im Stand der Technik muss im Vorfeld der Erfassung von Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints aufwändig die jeweilige Lokalität mit einem Raster von Referenzpunkten versehen werden, an denen die Einmessung erfolgt.

**[0039]** Weiterhin ist bei Erfassung der Funksignalstärke und/oder der Funksignallaufzeit mit mehreren unterschiedlich ausgerichteten Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmess-einrichtungen eine weitere Optimierung des Erfassungsprozesses möglich.

**[0040]** Es ist auch an eine automatisierte Aufnahme der Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints gedacht.

**[0041]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der mehrere Ausführungsbeispiele anhand der schematischen Zeichnungen im Einzelnen erläutert werden. Dabei zeigt:

**Fig. 1** eine Seitenansicht von einer Vorrichtung zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal in einer späteren Ortungsphase gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 2** eine Vorderansicht der Vorrichtung von **Fig. 1**;

**Fig. 3** eine Draufsicht der Vorrichtung von **Fig. 1** von oben;

**Fig. 4** eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal in einer späteren Ortungsphase gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 5** eine Vorderansicht der Vorrichtung von **Fig. 4**;

**Fig. 6** eine Draufsicht der Vorrichtung von **Fig. 4** von oben;

**Fig. 7** die Vorrichtung von **Fig. 4** in Seitenansicht im Einsatz auf einem Areal mit einem Gefälle (links) und mit einer Steigung (rechts);

**Fig. 8** eine Seitenansicht der Vorrichtung von **Fig. 4** beim Passieren einer Bodensenke in einem Areal mit einem vorderen Messrad (links) und danach mit einem hinteren Messrad (rechts);

**Fig. 9** eine Draufsicht auf ein Areal zur Veranschaulichung der Durchführung eines Verfahrens zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte in dem Areal in einer späteren Ortungsphase gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

**Fig. 10** ein entsprechendes Verfahren gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0042]** Die in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** dargestellte Vorrichtung **10** umfasst eine Führungsstange **12** mit einem oberen Ende **14** und einem unteren Ende **16**, einen Griff **18**, der am oberen Ende **14** der Führungsstange **12** angeordnet ist, eine Radachse **20**, die am unteren Ende **16** der Führungsstange **12** angeordnet und damit verbunden ist, zwei Messräder **22** und **24** mit jeweils einem Drehgeber, wobei die beiden Messräder **22** und **24** an der symmetrisch zur Führungsstange **12** angebrachten Radachse **20** jeweils einzeln aufgehängt sind (Einzelradaufhängung) und ein mobiles Endgerät **26**, zum Beispiel ein Smartphone, in einer Halterung **28**, die seitlich am oberen Ende **14** der Führungsstange **12** mittels eines Trägers **29** angebracht ist. Das mobile Endgerät **26** weist eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmess-

einrichtung zur Messung der Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal insbesondere in einem Gebäude sowie eine mit der Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung verbundene Auswerte- und Anzeigeeinrichtung, z.B. das Display eines Smartphones, auf. Die Auswerte- und Anzeigeeinrichtung kann aus Hard- und Software, z.B. eine App, bestehen. Zur Auswertung kann eine zentrale Recheneinheit des mobilen Endgeräts verwendet werden. Sie dient zur Bestimmung der jeweiligen räumlichen Position der Vorrichtung **10** anhand einer Auswertung der von den Drehgebern gemessenen Werte und ggf. Anzeige der gemessenen Werte und/oder der Ergebnisse der Auswertung und zur Speicherung von Wertepaaren bzw. -tripletts aus jeweiliger Position und zugehöriger gemessener Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit in einer Speichereinrichtung des mobilen Endgeräts **26**. Das mobile Endgerät **26** steht mit dem Drehgebern drahtlos in Verbindung.

**[0043]** Die Einzelradaufhängung der beiden Messräder **22** und **24** in Kombination mit den beiden Drehgebern dient zur Ermittlung der individuellen Wegstrecke der Messräder über die Zeit. Durch die Auflösung über die Zeit kann die aktuelle Ausrichtung über die Modulo-Differenz der beiden Messräder ermittelt werden. Diese zeigt in Abhängigkeit vom Abstand bzw. Außenumfang der beiden Messräder das Bogenmaß an. Der jeweilige Kurvenradius beschreibt sich dann als Funktion über die Zeit und zurückgelegte Wegstrecke.

**[0044]** Es kann eine gezielte Auswertung der einzeln aufgehängten Messräder mittels hochpräziser Drehgeber, bspw. mehr als 2.400 Schritte pro Umdrehung, erfolgen, bei denen ein Mindestabstand der Messräder axial von ca. 10 cm besonders empfehlenswert ist, um gezielt Kurvenradien auf unter 0,5 Grad auswerten zu können.

**[0045]** Die Basisberechnung hinsichtlich zurückgelegter Wegstrecke und Kurvenradien erfolgt über die Messwerte der Drehgeber an den beiden Messrädern **22** und **24**.

**[0046]** Die Vorrichtung **10** weist auch einen Neigungssensor **30** an dem Träger **29** oder im Bereich der Halterung **28** zur korrekten Ausrichtung des mobilen Endgeräts **26** und damit der darin enthaltenen Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung auf. Die Ausrichtung ist korrekt, wenn sich der Vorrichtung mit der Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung waagrecht befindet.

**[0047]** Des Weiteren ist auch ein Kompass **32**, bspw. im Bereich der Halterung **28**, zur Einhaltung eines

Geradeauslaufs vorgesehen. Parallel werden dazu in diesem Beispiel die Werte der Drehgeber ausgewertet, um die Ausrichtung der Vorrichtung zu bestimmen. Idealerweise wird ein Geradeauslauf angestrebt, da die Bestimmungsfehler der Lokalisierung bei Kurvenfahrten größer sind. Die kombinierte Anzeige aus Kompass und Drehgeberanzeige kann auch initial zur optischen Bestimmung von größeren Messfehlern durch den Nutzer verwendet werden.

**[0048]** Des Weiteren weist die Vorrichtung **10** einen Inertialsensor **34**, insbesondere einen Beschleunigungssensor, zur Messung von Beschleunigungen in xyz-Richtung in dem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem auf und ist die Auswerte- und Anzeigeeinrichtung gestaltet, um die gemessenen Beschleunigungen zur eindeutigen Bestimmung der Neigung in der xz-Ebene und/oder in der yz-Ebene und damit des Verlaufs des Untergrunds zu verwenden. Der Inertialsensor **34** kann Bestandteil des mobilen Endgeräts **26**, aber bspw. auch ein separater Sensor sein, der an einer geeigneten Stelle an der Vorrichtung **10** angebracht ist.

**[0049]** Die Sensoren stehen in diesem Beispiel mit dem mobilen Endgerät **26** ebenfalls in drahtloser Kommunikationsverbindung.

**[0050]** Die **Fig. 4** bis **Fig. 8** zeigen eine Vorrichtung **100** gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Besagte Vorrichtung **100** unterscheidet sich unter anderem von der Vorrichtung **10**, die in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigt ist, in der Anzahl der Messräder. Die Vorrichtung **100** weist insgesamt vier Messräder, nämlich die bereits von der Vorrichtung **10** bekannten Messräder **22** und **24**, die im vorliegenden Fall auch als vordere Messräder bezeichnet werden können, und zwei weitere Messräder **102** und **104** auf, die aufgrund ihrer Anordnung auch als hintere Messräder bezeichnet werden können.

**[0051]** Die Vorrichtung **100** weist genau wie die Vorrichtung **10** eine Führungsstange **12** mit einem oberen Ende **14** und einem unteren Ende **16**, einen Griff **18**, der am oberen Ende **14** der Führungsstange **12** angeordnet ist, und eine Radachse **20** auf, die am unteren Ende **16** der Führungsstange **12** angeordnet und befestigt ist. Die Messräder **22** und **24** sind genauso wie die Messräder **22** und **24** der Vorrichtung **10** an der Radachse **20** einzeln aufgehängt.

**[0052]** Die Messräder **22**, **24**, **102** und **104** sind gleichgroß und weisen jeweils einen Drehgeber auf. Die beiden hinteren Messräder **102** und **104** sind symmetrisch zur Führungsstange **12** angeordnet an einem jeweiligen Schenkel **106** bzw. **108**, der sich von der Radachse **20** nach hinten erstreckt und um selbige schwenkbar damit verbunden ist, einzeln aufgehängt. Beide Schenkel **106** und **108** weisen jeweils

einen Neigungssensor **110** bzw. **112** und einen nach unten gerichteten Distanzsensoren **114** bzw. **116** auf. Die Neigungssensoren **110** und **112** dienen zur Erfassung der Neigung in der yz-Ebene in dem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem. Die Distanzsensoren **114** und **116** dienen zur Messung der Distanz der Vorrichtung **100** zum Untergrund eines Areal.

**[0053]** In der Radachse **20** ist zusätzlich ein Inertialsensor **118**, wie z.B. ein Beschleunigungssensor, untergebracht. Der Inertialsensor **118** dient zur Erfassung der Beschleunigung in xyz-Richtung. Der Inertialsensor **118** ist sinnvoll, um die Neigung der Vorrichtung zeitlich korrekt aufzulösen. Bspw. muss geschaut werden, ob eines der vorderen Messräder **22** bzw. **24** gerade in einer Senke fährt oder eines der hinteren Messräder **102** bzw. **104** wieder aus der Senke herauskommt. In beiden Fällen wäre die y-z-Neigung identisch.

**[0054]** Bei der Ermittlung der Kurvenradien wird in diesem Beispiel ein redundanter Ansatz verfolgt. Dabei wird zum einen wie bei der in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigten Vorrichtung **10** die Modulo-Differenz der beiden vorderen Messräder **22** und **24** genutzt und zum anderen die Ausrichtung der beiden hinteren Messräder **102** und **104** über zusätzliche Drehgeber erfasst. Die aktuelle Ausrichtung kann über die Modulo-Differenz der beiden vorderen Messräder als Summe aller Schritte ermittelt werden, wobei sich in Abhängigkeit vom Abstand der beiden vorderen Messräder bzw. vom Außenumfang derselben das Bogenmaß ergibt. Der jeweilige Kurvenradius beschreibt sich dann als Funktion über die Zeit und zurückgelegte Wegstrecke. Da es hier insbesondere bei raueren Oberflächen zu Auswertungsfehlern kommen kann, kann zusätzlich die Ausrichtung der beiden hinteren Messräder **102** und **104** erfasst werden.

**[0055]** Optional kann auch bei den hinteren Messrädern **102** und **104** die zurückgelegte Wegstrecke über die Drehgeber ermittelt werden. Dies ist aber nicht unbedingt erforderlich.

**[0056]** Die Basisberechnung hinsichtlich zurückgelegter Wegstrecke und Kurvenradien kann über die Messwerte der Drehgeber an den vorderen Messrädern **22** und **24** und hinteren Messrädern **102** und **104** erfolgen. Die eingesetzten Neigungs- und Inertialsensoren inkl. Distanzsensoren zur Erfassung der Oberfläche dienen zur Korrektur der Basisberechnungen. Zum einen sind längere Steigungen und Senkungen (siehe **Fig. 7**) mittels der Schenkel **106** und **108** zwischen den vorderen Messrädern **22** und **24** und den hinteren Messrädern **102** und **104** über die Neigungssensoren **110** und **112** zu erfassen, um auch z-Werte bzw. korrigierte x-, y-Werte zu erhalten.

**[0057]** Des Weiteren sollen mittels dieser Sensoren kleinere und größere Unebenheiten erfasst werden, um diese kleineren bis größeren Abweichungen/Fehler zu erfassen und korrigiert in die Ortung (Lokalisierung) einfließen zu lassen. Bspw. sind Bodenschwellen oder Bodensenken (siehe **Fig. 8**) zu erfassen, die schräg angefahren werden. Das Durchfahren einer Bodenschwelle mit einem Messrad führt zu einer Streckenverlängerung, die wieder herausgerechnet muss, da je nach Beschaffenheit des Untergrundes bzw. der Oberfläche im zu vermessenden Areal sich die Fehler potenzieren würden.

**[0058]** Mittels der Neigungssensoren **110** und **112** zwischen den vorderen Messrädern **22** und **24** und den hinteren Messrädern **102** und **104** kann bspw. erkannt werden, dass eine Änderung beim Überfahren der Bodenschwelle erfolgt, die zunächst einen Anstieg und dann eine Senkung der Neigung zunächst für ein vorderes Messrad **22** bzw. **24** und dann ein hinteres Messrad **102** bzw. **104** bedeuten. Um diese Werte korrekt zuzuordnen, muss mittels des Inertialsensors **118** erkannt werden, ob diese Änderung vom vorderen Messrad oder vom hinteren Messrad ausging. Zusätzlich kann hier auch der Distanzsensoren **114** bzw. **116** eingesetzt werden, der die Beschaffenheit der Oberfläche kurz vor oder hinter dem Messrad misst, um die Bodenschwelle zu detektieren und zu vermessen. Sofern es sich um eine kleinere Bodenschwelle handelt, kann dies bspw. gut mittels eines Distanzsensors erfolgen, der sich zwischen dem vorderen Messrad und dem hinteren Messrad an einem der Schenkel **106** bzw. **108** befindet und nach unten misst. Bei Kurvenfahrten kann es sich hier schon wieder anders verhalten, weshalb diese, wenn möglich, zu vermeiden sind. Bei größeren Bodenschwellen müssten die gemessenen Distanzwerte bspw. um den Anstellwinkel des Distanzsensors mittels der gemessenen Neigung des Schenkels **106** bzw. **108** korrigiert werden. Diese Messwerte vom Distanz-Profil der Bodenschwelle können zusammen mit den Neigungssensoren zur Ermittlung eines Korrekturwerts verwendet werden. Des Weiteren können die Beschleunigungssensoren entsprechend ausgewertet und einbezogen werden. Grundsätzlich sind alle drei Sensorwerte mit Fehlern/Ungenauigkeiten behaftet, die sich bei schwierigen Untergrund noch potenzieren, weshalb diese vorzugsweise bspw. Gewichte zueinander ins Verhältnis gesetzt und die Gewichtungsfaktoren empirisch in Abhängigkeit von den Gesamtabmessungen des jeweiligen Messrads sowie der Bodenbeschaffenheit ermittelt werden müssen. Zur Erfassung der Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints wird kein vorgegebenes Raster benötigt.

**[0059]** Da sich die Ausrichtung des mobilen Endgeräts **26** und damit der Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmessereinrichtung auf die gemessene Funksignalstärke auswirken kann, sind bei der

Vorrichtung **100** vier mobile Endgeräte **26a**, **26b**, **26c** und **26d** in der Halterung **28** angeordnet, und in diesem Beispiel zwar so, dass sie eine Erfassung der Funksignalstärke in allen vier Himmelsrichtungen ermöglichen.

**[0060]** Fig. 9 zeigt eine Draufsicht auf ein Areal **200**. Im vorliegenden Fall ist das Areal rechteckig. Über das Areal **200** sind insgesamt sechs WLAN-Router (WLAN Access Points) **202** in zwei parallelen Reihen, in denen die WLAN-Router äquidistant angeordnet sind, verteilt. Es sind auch Referenzpunkte eingezeichnet, von denen nur einige mit der Bezugszahl **204** gekennzeichnet sind. Zudem ist ein Bereich mit höherer Dichte empfangener Signale der WLAN-Router (→ höhere Ortungsgenauigkeit) mit der Bezugszahl **206** gekennzeichnet. Durch die Linie **208** soll eine probabilistische Aufnahme von Referenzpunkten in Abhängigkeit von der geforderten Ortungsgenauigkeit in einem iterativen Verfahren angedeutet werden. Diesem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Dichte der Fingerprints idealerweise abhängig von der Diversität des Signals ist. Bei großen Signalveränderungen über eine Strecke müssen weniger Fingerprints aufgenommen werden als bei kleinen Signalveränderungen.

**[0061]** Ein Beispiel für den Ablauf eines Verfahrens zur Aufnahme einer Fingerprint Map, deren Dichte abhängig von der lokalen Diversität der Signale ist:

1. Wähle Referenzen:
  - a. Einen Referenzabstand  $a$  zwischen den Positionen abhängig von der Genauigkeit, die erreicht werden soll.
  - b. Ein geeignetes Distanzmaß im Signalraum, sowie eine Referenzähnlichkeit  $b$  zwischen den Messungen.
  - c. Eine Referenzanzahl  $n$  an Messungen pro Position.
2. Führe  $n$  Messungen an der ersten Position aus.
  - a. Falls die durchschnittliche Ähnlichkeit der Messungen geringer als  $b$  ist, führe noch weitere Messungen durch, deren Anzahl abhängig von der Abweichung der Ähnlichkeit ist.
3. Führe  $n$  Messungen an einer Position mit Abstand  $a$  von der ersten Position durch.
  - a. Falls die durchschnittliche Ähnlichkeit der Messungen geringer als  $b$  ist, führe noch weitere Messungen durch, deren Anzahl abhängig von der Abweichung der Ähnlichkeit ist.
4. Führe  $n$  Messungen an der nächsten Position durch. Der Abstand zur vorherigen Position wird automatisch ausgegeben und basiert auf den Daten der durchschnittlichen Ähnlichkeit der beiden nächstgelegenen Positionen, so-

wie vom Referenzabstand  $a$ . Da in Gebieten mit vielen sich überlagernden Signalen der Unterschied zwischen den Messungen (Distanz der Fingerprints im Signalraum) größer ist, als in Gebieten mit wenig sich überlagernden Signalen, führt eine größere Ähnlichkeit zu einem geringeren empfohlenen Abstand, um später eine gleichbleibende Genauigkeit zu gewährleisten.

a. Falls die durchschnittliche Ähnlichkeit der Messungen geringer als  $b$  ist, führe noch weitere Messungen durch, deren Anzahl abhängig von der Abweichung der Ähnlichkeit ist.

5. Wiederhole Schritt 4. bis eine vollständige Abdeckung erreicht worden ist.

**[0062]** Schließlich zeigt die Fig. 10 ebenfalls eine Draufsicht auf das Areal **200** wie Fig. 9 mit den WLAN-Routern **202** und Referenzpunkten **204** sowie der Linie **208** betreffend die Aufnahme von Referenzpunkten. Wie sich aus der Grafik oben rechts ergibt, verändern sich die Funksignalstärken und damit die Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints in Abhängigkeit vom räumlichen Füllgrad bspw. von Personen oder Gegenständen, die Funksignale mehr oder weniger abschirmen, absorbieren, dämpfen, reflektieren etc. können, im Areal. Die Messungen können mittels bspw. der vorangehend beschriebenen Vorrichtungen oder an wenigen Punkten mittels kontinuierlich installierter WLAN-Empfänger (→ Differential WLAN) und/oder weiteren WLAN-Routern verbessert werden, wenn die Diversität der Signale zu gering ist. Bei kontinuierlich installierten WLAN-Empfängern können dadurch Funksignalstärke-/Funksignallaufzeitsschwankungen durchgehend erkannt, ausgewertet und ggf. kompensiert werden. Ggf. schlägt das System aber auch die Installation weiterer WLAN-Router (s. beispielhaft 209 in Fig. 10) vor, wenn insgesamt zu wenig verschiedene Signale mit nicht ausreichender Diversität vorliegen.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung (10; 100) zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal (200) insbesondere in einem Gebäude und zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints in einer Einmessphase und zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte (26) in dem Areal (200) in einer späteren Ortungsphase, wobei die Vorrichtung (10; 100) umfasst:  
 -eine Führungsstange (12) mit einem oberen Ende (14) und einem unteren Ende (16),  
 -einen Griff (18), der am oberen Ende (14) und/oder in der Nähe des oberen Endes (14) der Führungsstange (12) angeordnet ist,

-eine Radachse (20), die am unteren Ende (16) und/oder in der Nähe des unteren Endes (16) der Führungsstange (12) angeordnet ist,  
 -mindestens zwei Messräder (22,24; 102, 104) mit jeweils einem Drehgeber, wobei die zwei Messräder (22, 24) oder zwei (22, 24) der Messräder (22, 24; 102,104) an der Radachse jeweils einzeln aufgehängt sind,  
 -mindestens eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung zur Messung der Funksignalstärke und/oder der Funksignallaufzeit der Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal (200) insbesondere in einem Gebäude, und  
 -eine mit der mindestens einen Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung verbundene Auswerte- und Anzeigeeinrichtung, die zur Bestimmung der jeweiligen räumlichen Position der Vorrichtung (10; 100) anhand einer Auswertung der von den Drehgebern gemessenen Werte und gegebenenfalls Anzeige der gemessenen Werte und/oder der Ergebnisse der Auswertung mit den mindestens zwei Drehgebern in drahtgebundener oder drahtloser Kommunikationsverbindung steht, und zur Speicherung von Wertepaaren oder Wertetriplets aus jeweiliger Position und zugehöriger gemessener Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit dient.

2. Vorrichtung (10; 100) nach Anspruch 1, umfassend einen Kompass (32).

3. Vorrichtung (10; 100) nach Anspruch 1 oder 2, umfassend mindestens einen Sensor zur Erfassung mindestens eines Umgebungsparameters, wie zum Beispiel Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und/oder Lufttemperatur.

4. Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend genau eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung und genau ein mobiles Endgerät (26), wobei die Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung und die Auswerte- und Anzeigeeinrichtung Bestandteile des mobilen Endgeräts (26) sind.

5. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend mehrere Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtungen und eine entsprechende Anzahl von Auswerte- und Anzeigeeinrichtungen und mobilen Endgeräten (26), wobei je eine Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung und eine Auswerte- und Anzeigeeinrichtung Bestandteile eines jeweiligen mobilen Endgeräts (26) sind, vorzugsweise wobei die mobilen Endgeräte (26) in vorzugsweise gleichen Abständen umlaufend auf einem Kreis in unterschiedlichen Himmelsrichtungen zeigend angeordnet sind.

6. Vorrichtung (10; 100) nach Anspruch 4 oder 5, wobei sie für jedes mobile Endgerät (26) eine Halte-

rung, vorzugsweise am oberen Ende (14) und/oder in der Nähe des oberen Endes (14) der Führungsstange (12), aufweist.

7. Vorrichtung (10; 100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sie einen Neigungssensor (30) zur Ausrichtung der Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeitmesseinrichtung(en) aufweist.

8. Vorrichtung (10; 100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sie einen Neigungssensor (34) in oder an der Radachse (20) zur Erfassung der Neigung in der xz-Ebene in einem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem aufweist.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend zwei weitere Messräder (102, 104) mit jeweils einem Drehgeber und insgesamt genau vier Messräder (22, 24, 102, 104), vorzugsweise wobei alle Messräder (22, 24, 102, 104) gleichgroß sind.

10. Vorrichtung (100) nach Anspruch 9, wobei die beiden weiteren Messräder (102, 104) in Fahr- richtung hinter den anderen beiden Messrädern (22, 24) paarig angeordnet an einem jeweiligen Schenkel (106 bzw. 108), der mit der Radachse (20) um selbige schwenkbar verbunden ist, einzeln aufgehängt sind.

11. Vorrichtung (100) nach Anspruch 10, wobei sie in oder an mindestens einem der beiden Schenkel einen Neigungssensor (110, 112) zur Erfassung der Neigung in der yz-Ebene in einem oder dem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem aufweist.

12. Vorrichtung (100) nach Anspruch 10 oder 11, wobei sie in oder an mindestens einem der beiden Schenkel (106, 108) einen nach unten gerichteten Distanzsensoren (114 bzw. 116) zur Messung der Distanz zum Untergrund aufweist.

13. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei sie einen Inertialsensor (118), insbesondere einen Beschleunigungssensor, zur Messung von Beschleunigungen in xyz-Richtung in einem oder dem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem aufweist und die Auswerte- und Anzeigeeinrichtung (en) gestaltet ist oder sind, um die gemessenen Beschleunigungen zur eindeutigen Bestimmung der Neigung in der xz-Ebene und/oder in der yz-Ebene und damit des Verlaufs des Untergrunds zu verwenden.

14. System zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints für ein Areal insbesondere in einem Gebäude, umfassend:  
 -eine Funkinfrastruktur und  
 -eine Vorrichtung (10; 100) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

15. System nach Anspruch 14, wobei das mobile Endgerät oder mindestens eines der mobilen Endgeräte ein Mobiltelefon, insbesondere Smartphone, Tablet oder Personal Digital Assistant, PDA, ist.

16. System nach Anspruch 14 oder 15, wobei die Funkinfrastruktur mehrere WLAN-Router (202) umfasst.

17. Verfahren zur Messung der empfangenen Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit einer Funkinfrastruktur an einer Vielzahl von unterschiedlichen räumlichen Positionen in einem Areal (200) insbesondere in einem Gebäude und zur Erstellung eines Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints in einer Einmessphase und zur Positionsbestimmung mobiler Endgeräte (26) in dem Areal (200) in einer späteren Ortungsphase, wobei das Verfahren umfasst:

- Bereitstellen einer Funkinfrastruktur in einem Areal (200) insbesondere in einem Gebäude, und
- Abfahren des Areals (200) mit einer Vorrichtung (10; 100) nach einem der vorangehenden Ansprüche vorzugsweise im Geradeauslauf zur Bestimmung der von der Vorrichtung (10; 100) zurückgelegten Wegstrecke und daraus Ableitung der Position im Areal (200), wobei die individuellen Wegstrecken von mindestens den beiden Messrädern (22, 24), die an der Radachse (20) einzeln aufgehängt sind, zeitlich synchron erfasst werden, um auch Kurvenradien zu bestimmen, und Messung der Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit der Funkinfrastruktur an Positionen in einem vorgebbaren konstanten oder variablen Referenzabstand  $a$  sowie Speicherung von Wertepaaren aus jeweiliger abgeleiteter Position im Areal (200) und zugehöriger gemessener Funksignalstärke.

18. Verfahren nach Anspruch 17, ferner umfassend:

Ermittlung und Auswertung von Bewegungen der Vorrichtung (10; 100) in x-, y- und z-Richtung und Verwendung der Ergebnisse der Auswertung zum Beseitigen oder Reduzieren von Ungenauigkeiten bei der Positionsbestimmung in der x-y-Ebene, die durch Wegstreckenverlängerungen aufgrund von Unebenheiten des Areals (200) bedingt sind.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei Bewegungen der Vorrichtung (10; 100) durch Messung von Neigungen und/oder Beschleunigungen an der Vorrichtung (10; 100) und/oder durch Messung der Distanz zwischen mindestens einem Punkt an der Vorrichtung (10; 100) und der Oberfläche des Areals (200) ermittelt werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei der Referenzabstand  $a$  während des Abfahrens des Areals (200) in Abhängigkeit von der Anzahl der sich überlagernden Funksignale der Funkin-

frastruktur im Bereich der letzten Messposition angepasst wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei die Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit an mindestens einigen der Messpositionen mehrfach gemessen wird/werden.

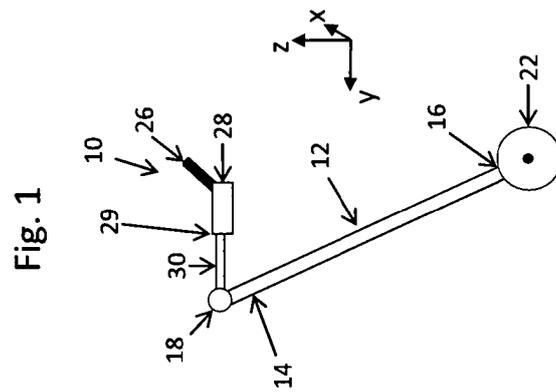
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, wobei die Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit an mindestens einigen der Messpositionen zeitlich nacheinander oder gleichzeitig in mindestens zwei unterschiedlichen Richtungen gemessen wird/werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, wobei die Funksignalstärke und/oder Funksignallaufzeit an mindestens einigen der Messpositionen mit mindestens einem in dem Areal (200) platzierten Abschirmkörper gemessen wird/werden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 23, wobei die Funksignalstärke- und/oder Funksignallaufzeit-Fingerprints durch Veränderung der Funkinfrastruktur hinsichtlich ihrer Diversität oder späteren Lokalisierungsgenauigkeit optimiert werden.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



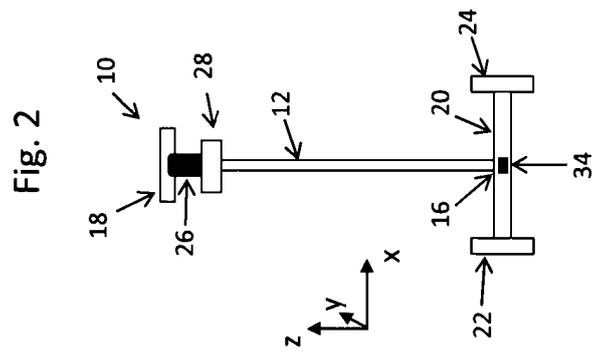
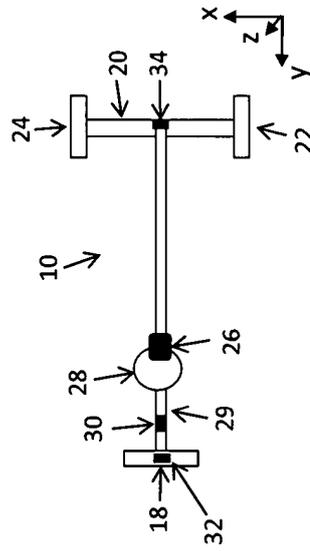
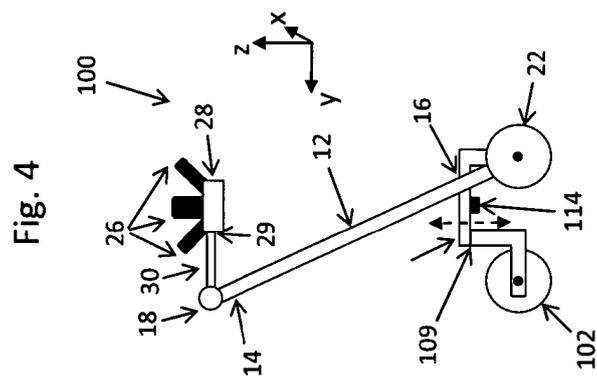
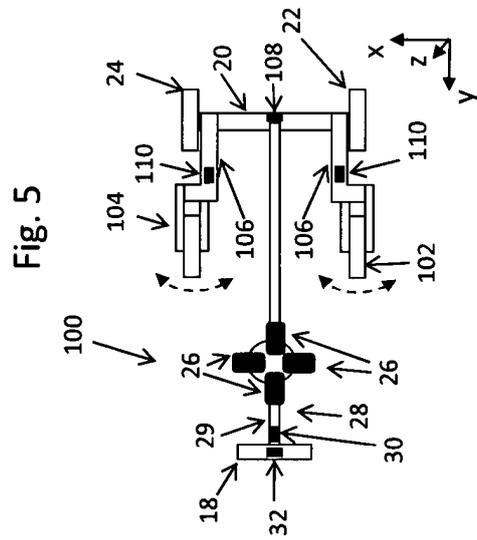


Fig. 3







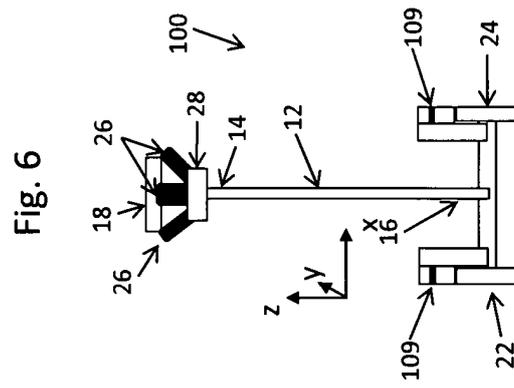


Fig. 7

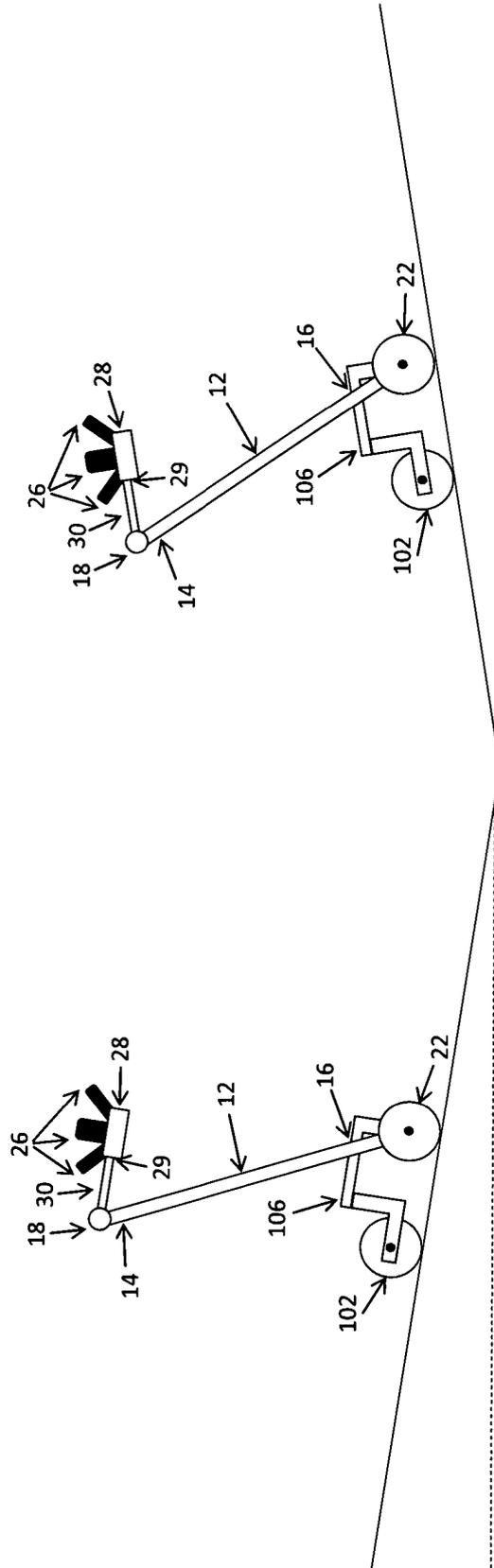


Fig. 8

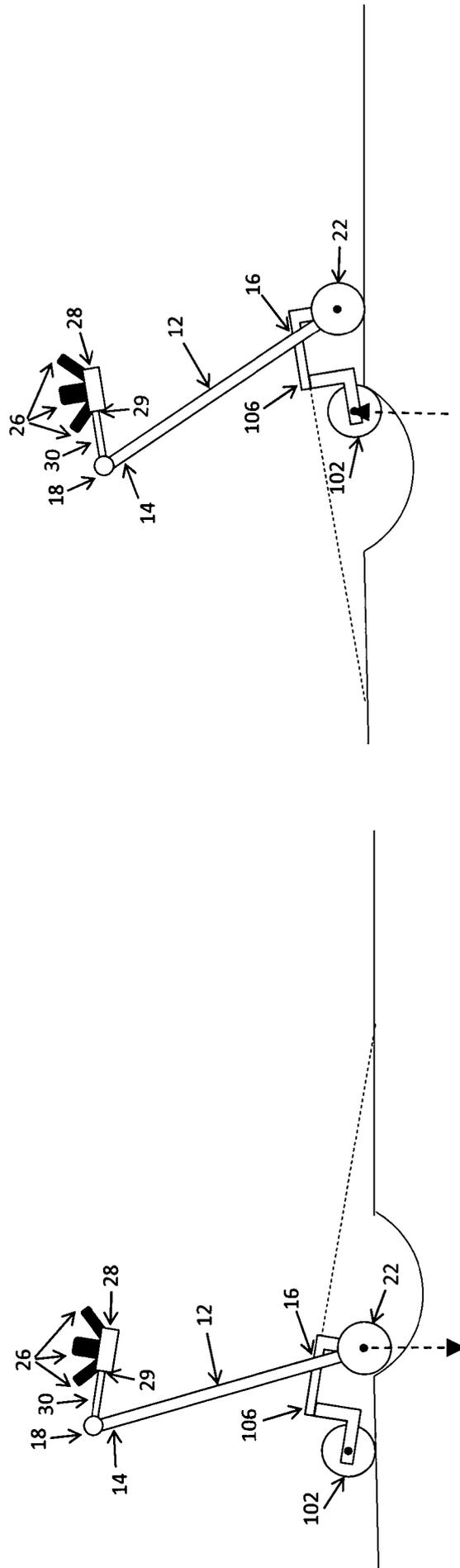


Fig. 9

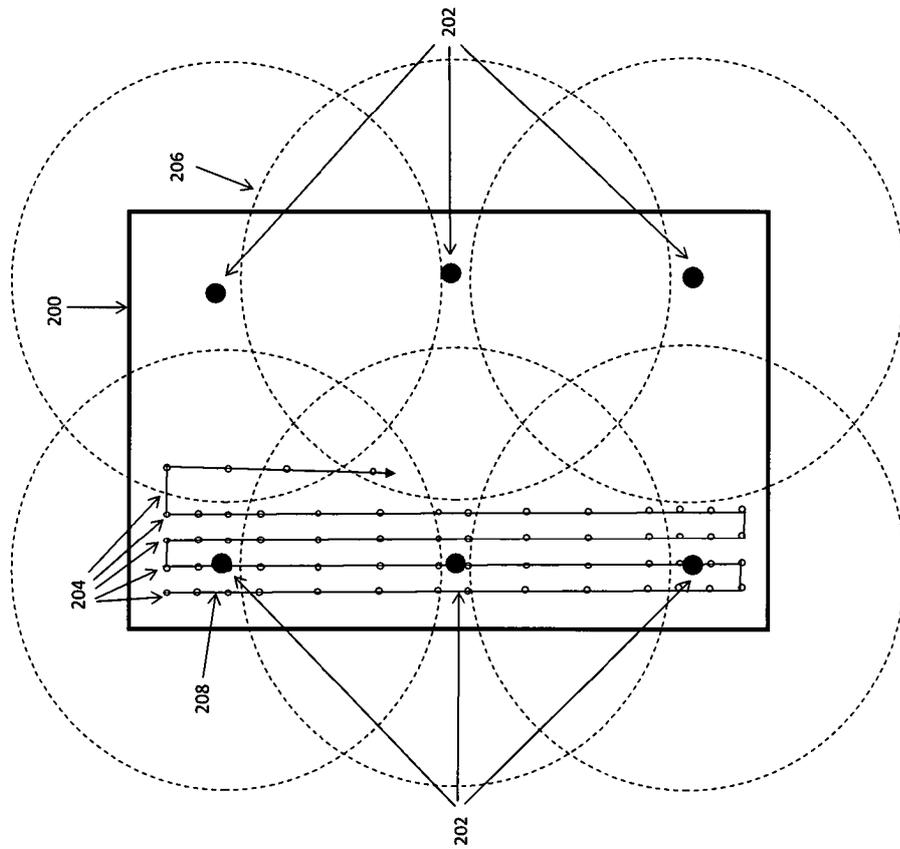


Fig. 10

